

Prototipo de un sistema de información web para el análisis de las variables climáticas y el  
rendimiento del cultivo de maíz en el departamento de Cesar

Juan José Arango Serrano

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Sistemas

Director

Nelson Facundo Rodríguez López

PhD. En Fisiología Vegetal

Codirector

José Geralbert Rubiano

Ingeniero de Sistemas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática

Ingeniería de Sistemas

Bucaramanga

2023

### **Agradecimientos**

A mi familia, mi hermano Daniel Esteban Arango Serrano, y mis padres José Aristides Arango Guerra y Adriana Serrano Mantilla por toda su comprensión y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida.

A todos los profesores quienes contribuyeron en este proceso de formación, especialmente a los profesores Nelson Rodríguez y José Rubiano por su guía y orientación durante la realización de este proyecto.

A mi novia Laura Juliana Barrios, quien, con su importante apoyo y su transmisión de serenidad, me ha permitido superar los momentos más difíciles.

**Tabla de Contenido**

Introducción ..... 14

1. Planteamiento y justificación del problema ..... 15

2. Objetivos ..... 19

2.1 Objetivo General ..... 19

2.2 Objetivos Específicos..... 19

3. Marco De Referencia ..... 20

3.1 Marco Contextual..... 20

3.1.1 Cambio Climático ..... 20

3.1.2 Seguridad Alimentaria ..... 20

3.1.3 La producción del maíz en el mundo y en Colombia ..... 21

3.1.4 Requerimientos climáticos del cultivo de maíz: zonas productoras de Colombia y sus rendimientos..... 23

3.1.5 Sistema de Información ..... 28

3.2 Antecedentes ..... 29

3.2.1 IDEAM ..... 29

3.2.2 AGRONET ..... 29

3.2.3 CENICAÑA ..... 30

4. Metodología ..... 31

4.1 Etapa 1: Identificación de requisitos..... 32

4.2 Etapa 2: Diseño y Arquitectura..... 33

4.3 Etapa 3: Desarrollo del Prototipo..... 33

4.4	Etapa 4: Pruebas.....	33
4.5	Etapa 5: Entrega.....	34
5.	Resultados.....	34
5.1	Identificación de requisitos.....	34
5.1.1	Requerimientos funcionales.....	34
5.1.2	Requerimientos no funcionales.....	41
5.1.3	Recolección de datos.....	42
5.1.4	Software y herramientas.....	45
5.2	Arquitectura.....	50
5.2.1	Arquitectura MVT (Model - View - Template).....	50
5.2.2	Modelo.....	51
5.2.3	Vista.....	51
5.2.4	Plantilla.....	51
5.2.5	Arquitectura del software.....	51
5.3	Diseño.....	53
5.3.1	Diagrama casos de uso.....	53
5.3.2	Casos de uso y escenarios.....	56
5.3.3	Diagramas de actividades.....	65
5.3.4	Modelo de la base de datos.....	69
5.4	Desarrollo.....	70
5.4.1	Creación del proyecto Django.....	70
5.4.2	Creación de la Base de Datos.....	70
5.4.3	Creación del repositorio en GitHub.....	71

5.4.4	Configuración de Amazon Simple Storage Service (S3).....	72
5.4.5	Despliegue en AWS con Elastic Beanstalk .....	73
5.4.6	Vistas.....	77
5.5	Pruebas .....	90
6.	Conclusiones .....	99
7.	Recomendaciones y trabajo futuro.....	101
	Referencias.....	102
	Apéndices.....	107

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Producción y rendimiento del maíz en diferentes países</i> .....	23
Tabla 2 <i>Requerimientos climáticos para el cultivo de maíz en el territorio colombiano</i> .....	24
Tabla 3 <i>Registrar Usuario</i> .....	35
Tabla 4 <i>Iniciar Sesión</i> .....	35
Tabla 5 <i>Cerrar Sesión</i> .....	36
Tabla 6 <i>Recuperar Contraseña</i> .....	36
Tabla 7 <i>Actualizar Información</i> .....	37
Tabla 8 <i>Gestión de Usuarios</i> .....	37
Tabla 9 <i>Generación de Reportes</i> .....	37
Tabla 10 <i>Gestión de datos</i> .....	38
Tabla 11 <i>Visualizar gráficas</i> .....	39
Tabla 12 <i>Visualizar mapa</i> .....	40
Tabla 13 <i>Visualizar página de inicio</i> .....	40
Tabla 14 <i>Visualizar noticias e información de interés</i> .....	41
Tabla 15 <i>Visualizar el manual de usuario</i> .....	41
Tabla 16 <i>Requerimientos no funcionales</i> .....	42
Tabla 17 <i>Descripción de actor visitante</i> .....	54
Tabla 18 <i>Descripción de actor Usuario registrado</i> .....	54
Tabla 19 <i>Descripción de actor Administrador</i> .....	55
Tabla 20 <i>Caso de uso 1. Gestionar usuarios</i> .....	57

Tabla 21 <i>Escenario 1 para Caso de uso 1. Gestionar usuarios</i> .....	57
Tabla 22 <i>Escenario 2 para Caso de uso 1. Gestionar usuarios</i> .....	58
Tabla 23 <i>Caso de uso 2. Iniciar sesión</i> .....	58
Tabla 24 <i>Escenario 1 para Caso de uso 2. Iniciar sesión</i> .....	59
Tabla 25 <i>Escenario 2 para Caso de uso 2. Iniciar sesión</i> .....	60
Tabla 26 <i>Caso de uso 3. Recuperar contraseña</i> .....	60
Tabla 27 <i>Escenario 1 para el Caso de uso 3. Recuperar contraseña</i> .....	61
Tabla 28 <i>Caso de uso 4. Actualizar información de usuario</i> .....	61
Tabla 29 <i>Caso de uso 5. Visualizar panel de control</i> .....	62
Tabla 30 <i>Caso de uso 6. Visualizar el mapa</i> .....	63
Tabla 31 <i>Caso de uso 7. Cargar datos</i> .....	64
Tabla 32 <i>Caso de uso 8. Generar informes</i> .....	65
Tabla 33 <i>Prueba registrar usuario</i> .....	90
Tabla 34 <i>Prueba iniciar sesión</i> .....	91
Tabla 35 <i>Prueba cerrar sesión</i> .....	91
Tabla 36 <i>Prueba recuperación de contraseña</i> .....	92
Tabla 37 <i>Prueba modificar perfil</i> .....	92
Tabla 38 <i>Prueba cambiar contraseña</i> .....	93
Tabla 39 <i>Prueba eliminar usuario</i> .....	94
Tabla 40 <i>Prueba descargar reportes</i> .....	95
Tabla 41 <i>Prueba visualizar panel de control o gráficos</i> .....	95
Tabla 42 <i>Prueba visualizar mapa</i> .....	96
Tabla 43 <i>Prueba visualizar manual de usuario</i> .....	96

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Uso de cereales en países desarrollados y en desarrollo.</i> .....	16
Figura 2 <i>Condiciones climáticas del departamento de Cesar</i> .....	17
Figura 3. <i>Producción y área cosechada de maíz en Colombia entre 1961 y 2020.</i> .....	22
Figura 4 <i>Aporte de Colombia en la producción total de maíz en Sudamérica.</i> .....	22
Figura 5 <i>Pérdidas mínimas de energía en la conversión de radiación solar a biomasa.</i> .....	25
Figura 6 <i>Zonas aptas para el cultivo de maíz, tecnificado en Colombia</i> .....	26
Figura 7 <i>Producción del cultivo de maíz por regiones</i> .....	27
Figura 8 <i>Rendimiento del cultivo de maíz por regiones</i> .....	28
Figura 9 <i>Página principal AGRONET</i> .....	30
Figura 10 <i>Página principal CENICAÑA</i> .....	31
Figura 11 <i>Metodología de trabajo</i> .....	31
Figura 12 <i>Puntos de referencia zona norte Cesar.</i> .....	43
Figura 13 <i>Flujo de trabajo de Elastic Beanstalk</i> .....	48
Figura 14 <i>Patrón MVT (Model-View-Template)</i> .....	50
Figura 15 <i>Arquitectura de la aplicación desplegada en AWS</i> .....	52
Figura 16 <i>Casos de uso</i> .....	53
Figura 17 <i>Diagrama de actividades para gestión de usuarios</i> .....	66
Figura 18 <i>Diagrama de actividades para generación del panel de control e informes</i> .....	67
Figura 19 <i>Diagrama de actividades para la carga de datos</i> .....	68

Figura 20 <i>Modelo de datos</i> .....	69
Figura 21 <i>Proyecto backend</i> .....	70
Figura 22 <i>Modificación de permisos en AWS</i> .....	72
Figura 23 <i>Creación de la aplicación y entorno en AWS</i> .....	75
Figura 24 <i>Estado del entorno en AWS</i> .....	76
Figura 25 <i>Barra de navegación</i> .....	77
Figura 26 <i>Pie de página</i> .....	77
Figura 27 <i>Iniciar Sesión</i> .....	78
Figura 28 <i>Recuperar Contraseña</i> .....	78
Figura 29 <i>Formulario restablecer contraseña</i> .....	79
Figura 30 <i>Mapa visto desde la capa de visualización satelital</i> .....	79
Figura 31 <i>Sección de noticias e información de interés</i> .....	80
Figura 32 <i>Página principal</i> .....	81
Figura 33 <i>Módulo carga de datos clima</i> .....	82
Figura 34 <i>Módulo carga de datos cultivos</i> .....	82
Figura 35 <i>Módulo panel de control: Consulta de los datos del clima</i> .....	83
Figura 36 <i>Módulo panel de control: Consulta de los datos de los cultivos</i> .....	83
Figura 37 <i>Módulo panel de control: Gráficos de los datos del clima</i> .....	84
Figura 38 <i>Módulo panel de control: Gráficos de los datos de los cultivos</i> .....	85
Figura 39 <i>Módulo Agroclima</i> .....	86
Figura 40 <i>Módulo reportes clima</i> .....	87
Figura 41 <i>Módulo reportes cultivos</i> .....	87
Figura 42 <i>Mi perfil</i> .....	88

Figura 43 <i>Cambiar Contraseña</i> .....	88
Figura 44 <i>Gestión de Usuarios</i> .....	89
Figura 45 <i>Registrar Usuario</i> .....	89
Figura 46 <i>Validación carga de datos 1</i> .....	97
Figura 47 <i>Validación carga de datos 2</i> .....	98

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Manual de Usuario.....	107

## Resumen

**Título:** Prototipo de un sistema de información web para el análisis de las variables climáticas y el rendimiento del cultivo de maíz en el departamento de Cesar\*

**Autor:** Juan José Arango Serrano\*\*

**Palabras Clave:** Big Data, Cambio Climático, Producción Agrícola, Agricultura Inteligente, Alimentación Animal y Humana, Seguridad Alimentaria.

**Descripción:** La agricultura es un sector sumamente importante para la economía colombiana que enfrenta diferentes retos de sostenibilidad y competitividad debido a los costos de importación de productos agrícolas, la poca inversión y la amenaza del cambio climático.

En este proyecto se propone un prototipo de sistema de información web que les permita a los actores de la cadena productiva del maíz acceder a información relacionada con la producción del maíz, particularmente en el departamento de Cesar, con el fin de generar conocimiento para tomar decisiones basadas en la información histórica geoespacial del clima en ciertos puntos de observación a lo largo del departamento y de la producción de maíz en los municipios.

El prototipo de sistema de información contiene herramientas visuales con una interfaz amigable e intuitiva que permiten hacer un análisis espaciotemporal de la oferta climática, así como la divulgación de noticias y notas de interés como pronósticos del estado del tiempo, estadísticas financieras, planes estratégicos para el aumento productivo del cultivo y otras proporcionadas por diferentes entidades y gremios en el país.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas de Informática. Director: Nelson Facundo Rodríguez López. PhD. En Fisiología Vegetal. Codirector: José Geralbert Rubiano. Ingeniero de Sistemas.

### Abstract

**Title:** Prototype of a web-based information system for the analysis of climatic variables and corn crop yield in the department of Cesar. \*

**Author(s):** Juan José Arango Serrano \*\*

**Key Words:** Big Data, Climate Change, Agricultural Production, Intelligent Agriculture, Animal and Human Food, Food Security.

**Description:** Agriculture is an immensely important sector for the Colombian economy that faces different sustainability and competitiveness challenges due to the costs of importing agricultural products, low investment, and the threat of climate change.

This project proposes a prototype web-based information system that allows actors in the corn production chain to access information related to corn production, particularly in the department of Cesar, in order to generate knowledge for decision making based on historical geospatial information on climate at certain observation points throughout the department and corn production in the municipalities.

The prototype information system contains interactive visual tools, with a friendly and intuitive interface that allows a spatiotemporal analysis of the climate supply, as well as the divulgation of news and notes of interest such as weather forecasts, financial statistics and strategic plans for the productive increase of the crop, among others provided by different entities and associations in the country.

---

\* Degree Work

\*\*Physical-Mechanical Engineering Faculty. Informatics and Systems Engineering School.

Director: Nelson Facundo Rodríguez López. PhD. Plant Physiology. Codirector: José Geralbert Rubiano. Informatics and Systems Engineer.

## Introducción

Colombia es un país que goza de una zona privilegiada del globo terráqueo, contando con diversas condiciones climáticas, topográficas y suelos a lo largo de su geografía. Esto permite que sea ideal para la actividad agrícola y agropecuaria. En Colombia, es uno de los cultivos con mayor producción es el maíz, el cual representa una parte importante en la dieta de las personas y de los animales de quienes también nos alimentamos. A pesar de ello, el país importa casi cuatro veces la cantidad que produce este cultivo debido a la brecha existente entre la creciente demanda interna y la producción nacional. Sumado a esto, desde la pandemia por el Covid-19 se han aumentado los precios de importación y producción a raíz del aumento en los insumos agrícolas, el precio del barril de petróleo, demanda de alimentos, entre otros, lo que hace que la alimentación y el costo de vida de las personas aumente también su precio.

SIGAGRO (Sistema de Información para la Gestión Agroclimática) se creó con la intención de contribuir a la divulgación de la información relacionada con la producción del maíz en el departamento de Cesar, para que conduzca al camino de la seguridad y soberanía alimentaria con la ayuda de las TIC, mediante la implementación de un prototipo de sistema de información, el cual, le permitirá a los actores de la cadena productiva del maíz tomar decisiones basadas en la información histórica del clima en ciertos puntos de observación a lo largo del departamento y de la producción de maíz en los municipios de las zonas productoras, para estudiar la viabilidad y sostenibilidad del sistema productivo por medio de herramientas que permiten hacer un análisis espaciotemporal de la oferta climática. Así como la divulgación de noticias y notas de interés como pronósticos del estado del tiempo, estadísticas financieras, planes estratégicos para el aumento productivo del cultivo, entre otras proporcionadas por diferentes entidades y gremios en el país.

## 1. Planteamiento y justificación del problema

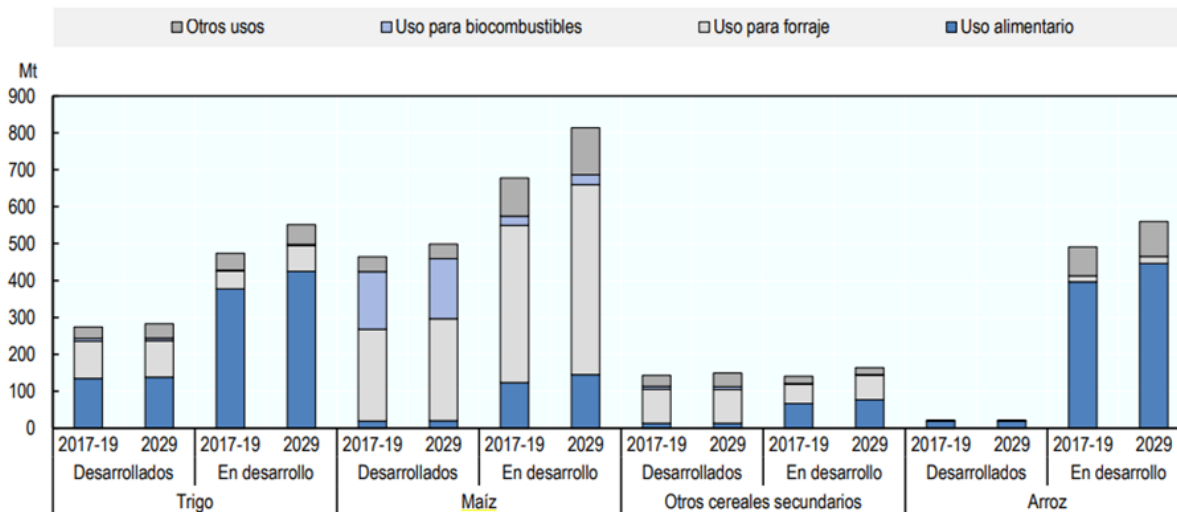
La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), presentó su estrategia sobre el cambio climático (Li et al; 2017), en donde se indica que los sectores agrícola y alimentario revisten suma importancia para el desarrollo humano. Sin embargo, estos sectores son vulnerables y de manera alarmante, ya que se enfrentan a grandes dificultades para adaptarse al acelerado cambio climático que experimenta nuestro planeta.

Esta estrategia de la FAO también señala que el cambio climático ya afecta a los sectores de la alimentación y la agricultura, y se prevé que estas repercusiones aumenten junto con las temperaturas medias mundiales, especialmente en países en los que estos sectores contribuyen significativamente al PIB (FAO, 2017). Además, se indica que las repercusiones del cambio climático sobre la agricultura pueden agravar considerablemente los problemas de desarrollo para garantizar la seguridad alimentaria y reducir la pobreza. (Jones & Thornton, 2003). *“Hasta 122 millones más de personas en todo el mundo podrían vivir en condiciones de extrema pobreza para 2030 como resultado del cambio climático y sus repercusiones en los ingresos de los agricultores en pequeña escala”*. (FAO, 2017).

El maíz es uno de los cultivos cereales con mayor producción y consumo a nivel mundial debido a la variedad de sus usos como los son la alimentación humana, el uso para alimento animal, el uso para biocombustibles, entre otros, y se prevé que la producción y consumo mundial de maíz tendrá un importante incremento en el próximo decenio (OCDE/FAO, 2020). Colombia es un país que en la actualidad importa aproximadamente 6 millones de toneladas de ese cereal, debido a la brecha existente entre el crecimiento de la producción nacional y el consumo interno del país (FENALCE, 2021).

**Figura 1**

*Uso de cereales en países desarrollados y en desarrollo.*



Fuente: OCDE/FAO (2020), "OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas", *Estadísticas de la OCDE sobre agricultura* (base de datos),

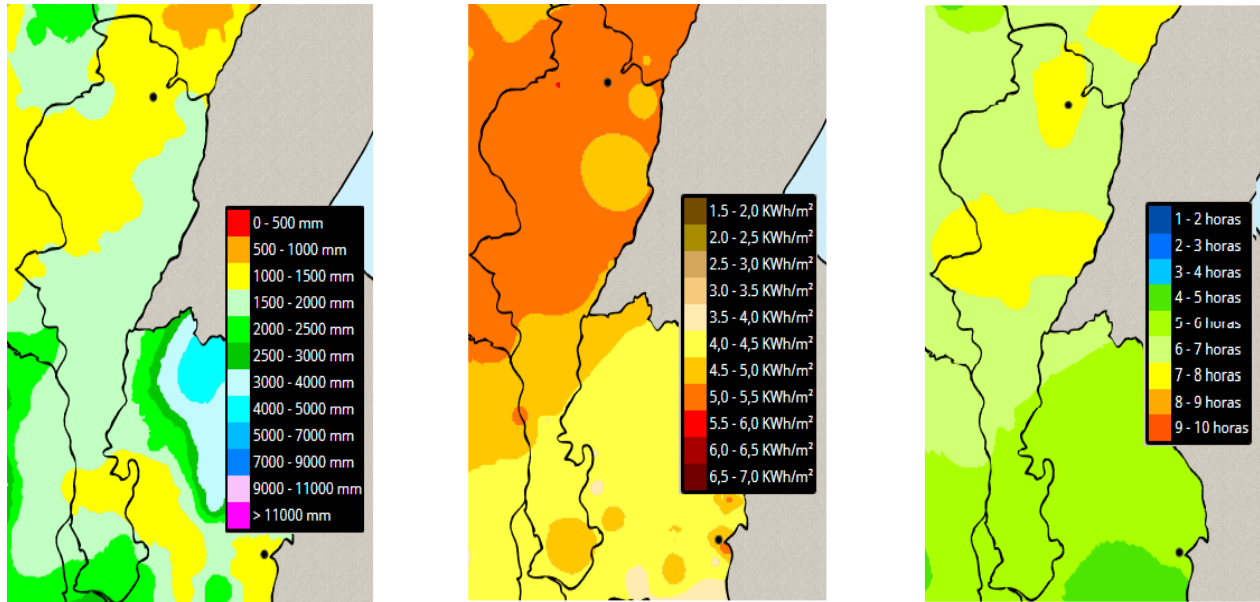
Entre los factores con mayor influencia sobre la productividad y el rendimiento de los cultivos de los cereales y particularmente, el cultivo del maíz, se encuentran la oferta de las variables climáticas, especialmente, la radiación, la precipitación, la temperatura y la humedad relativa del aire. Además, algunos aspectos fisiológicos importantes para incrementar la eficiencia productiva del maíz están relacionados con la interceptación de radiación solar, el crecimiento de biomasa del cultivo, la captación del agua, la nutrición vegetal en periodos críticos de desarrollo y la tolerancia del cultivo ante la sequía (Earl H., 2015).

Una de las zonas de Colombia con mayor potencial para la agro industrialización del cultivo del maíz es el departamento del Cesar. En ese departamento existen aproximadamente 735.415 Ha aptas y con vocación para el desarrollo de la producción de maíz (UPRA, FENALCE. 2018), de los cuales, en los últimos años ha tenido un promedio aproximado de 13.500 Ha de área sembrada y un rendimiento de 3.6 t/ha (FENALCE). No obstante, posee características edafoclimáticas, especialmente, en la oferta de precipitación y radiación, desde la zona norte hacia el

sur, que se deben considerar para lograr una mayor eficacia en los sistemas de producción tecnificada (agricultura empresarial) y tradicionales (agricultura familiar).

**Figura 2**

*Condiciones climáticas del departamento de Cesar*



*Nota.* La gráfica muestra las mediciones medias diarias anuales de la precipitación (izquierda) medida en milímetros (mm), radiación solar (centro) medida en Kilovatio hora por metro cuadrado (KWh/m<sup>2</sup>) y brillo solar (derecha) medido por horas de exposición a luz al día, en el departamento de Cesar. Obtenido de: *IDEAM - Atlas Climatológico de Colombia (2010)*.

La calidad y la seguridad de los productos agrícolas pueden garantizarse a través de soluciones proporcionadas por el Internet de las cosas (IoT) y la computación en la nube (Marcu et al., 2019); sin embargo, sigue siendo un reto para los investigadores el estudio de los datos debido a la complejidad de ellos.

El análisis y la utilización de big-data espaciotemporal son esenciales para los estudios relacionados al cambio climático (Ise et al., 2020), así como la gestión eficiente del agua en la

agricultura (Ismail et al., 2020). Esto hace que un sistema de análisis visual en línea bien desarrollado tenga el potencial de proporcionar un mecanismo eficiente para superar esta brecha. (Li, Z., et al. 2013).

Por todo lo anterior, es pertinente que en Colombia, como país consumidor e importador de maíz, se reconozcan las limitantes y los factores que afectan el rendimiento de los cultivos en las diferentes zonas productoras de Colombia, comprendiendo la variabilidad de condiciones climatológicas en el territorio, y de ese modo, aumentar el rendimiento en el mediano plazo, aprovechando la gestión eficiente de la oferta climática mediante el uso de herramientas tecnológicas para la toma de decisiones y con ello maximizar la producción de manera eficiente.

En consecuencia, nace la iniciativa de proponer un prototipo de sistema de información que permita la gestión del análisis espaciotemporal de las variables relacionadas con el clima y los cultivos (en este caso particular el de maíz), el cual se espera en un futuro sirva como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para el aumento de la productividad del sector agrícola y la seguridad alimentaria del país.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Proponer un sistema de información web para el análisis espaciotemporal de las variables climáticas y el rendimiento del cultivo de maíz en las zonas productoras del departamento de Cesar.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las variables y los requerimientos del sistema de información.
- Seleccionar las fuentes de los datos espaciotemporales de las variables climáticas y del rendimiento del cultivo de maíz.
- Diseñar la arquitectura de software y elaborar los diagramas correspondientes.
- Implementar un prototipo de sistema de información para la gestión del análisis de las variables climáticas y los cultivos según el diseño planteado.
- Evaluar el funcionamiento y la interacción de los distintos módulos del sistema de información.
- Elaborar un manual de usuario que permita guiar a los usuarios en la utilización del software.

### 3. Marco De Referencia

#### 3.1 Marco Contextual

##### 3.1.1 Cambio Climático

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, el cambio climático hace referencia a cualquier alteración en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en el promedio o la variabilidad de sus propiedades por extensos periodos de tiempo debido a procesos naturales o como resultado de la actividad humana (IPCC, 2018)<sup>2</sup>. Mientras que la Convención Marco de las Naciones Unidas señala que *“el cambio del clima se le puede atribuir directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observado en periodos de tiempo comparables”* (UNFCCC, 1992).<sup>3</sup>

##### 3.1.2 Seguridad Alimentaria

El enfoque inicial del concepto de seguridad alimentaria dado en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (World Food Summit por sus siglas en inglés) convocada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)<sup>4</sup> estaba reflejado por el volumen y estabilidad de la oferta de alimentos, teniendo un concepto más complejo años después como

---

<sup>2</sup> El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

<sup>3</sup> La Convención Marco de las Naciones Unidas (en inglés UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change) es el principal instrumento jurídico de respuesta internacional ante el reto del cambio climático y persigue estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

<sup>4</sup> La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en inglés FAO - Food and Agriculture Organization) es la organización de la ONU encargada de dirigir las acciones internacionales encaminadas a la erradicación del hambre.

*“La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos que satisfacen sus necesidades dietéticas y sus preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable”* (FAO, 2001).

### **3.1.3 La producción del maíz en el mundo y en Colombia**

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción de maíz en Colombia pasó de aproximadamente 0.76 millones de toneladas en 1961 hasta casi las casi 1.6 millones de toneladas en 2021. Es importante indicar que el incremento de la producción de maíz no corresponde a un aumento de la superficie destinada al cultivo, puesto que en 1961 se cosechaban 0.7 millones de hectáreas y para el año 2021 sólo se destinaron 0.4 millones de hectáreas, teniendo así una disminución aproximadamente del 42% del área cosechada.

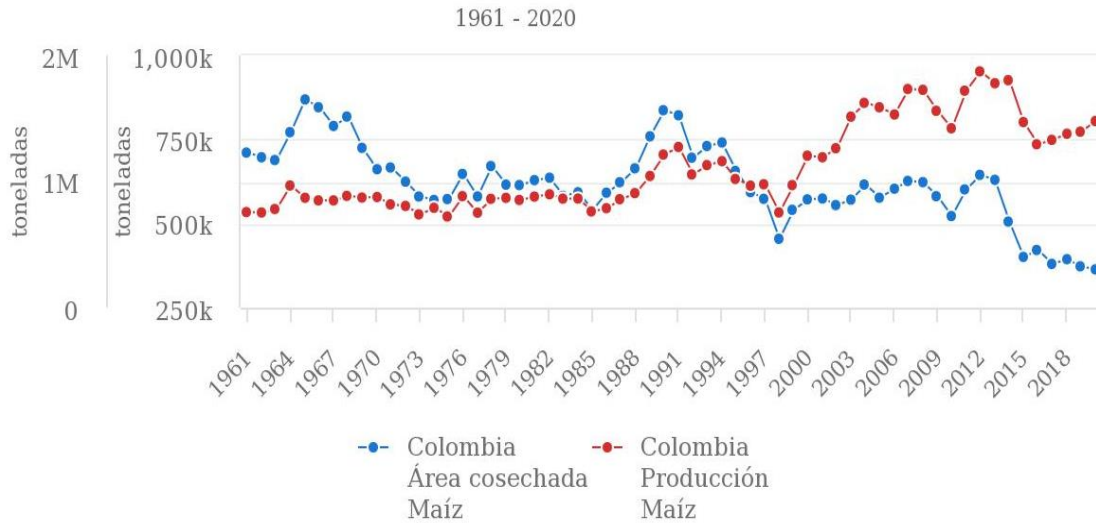
De acuerdo con FENALCE<sup>5</sup>, desde 1991 hasta 2016 la demanda de maíz aumentó significativamente en un 515%, en cambio, la producción aumentó un 27% durante ese mismo periodo de tiempo, lo cual hace a Colombia un país muy dependiente de las importaciones de maíz, especialmente de los Estados Unidos, país que representó el 70% de las 6 Mt de maíz importadas en 2021 (FENALCE). Además, Colombia se encuentra en un nivel de productividad bajo en comparación a los principales países productores del mundo y de la región como se muestra en la Figura 4 y la Tabla 1.

---

<sup>5</sup> FENALCE: Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya.

**Figura 3.**

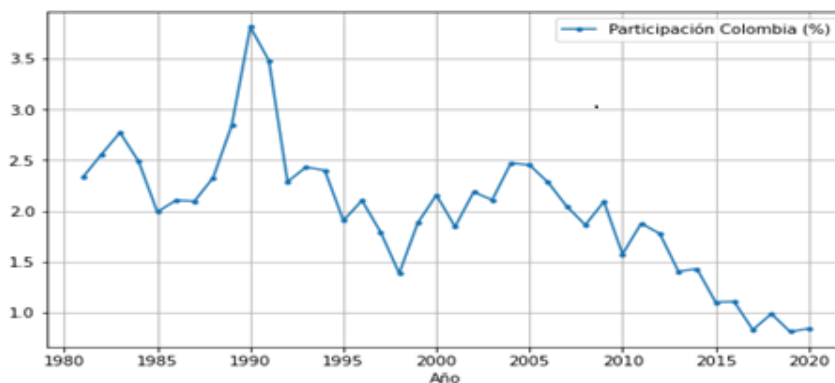
*Producción y área cosechada de maíz en Colombia entre 1961 y 2020.*



*Nota.* El gráfico muestra el comportamiento de la producción (toneladas) y el área cosechada (hectáreas) de maíz en Colombia durante los últimos 60 años. Tomado de: *FAOSTAT*.

**Figura 4**

*Aporte de Colombia en la producción total de maíz en Sudamérica.*



*Nota.* El gráfico muestra el porcentaje que representa la producción anual de maíz en Colombia en la producción anual en la región sudamericana durante los últimos 40 años. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la base de datos *FAOSTAT* de la *FAO*.

**Tabla 1**

*Producción y rendimiento del maíz en diferentes países.*

País/Región	2016/2017		
	Producción (Mt)	Rendimiento (t/ha)	Proporción mayor al rendimiento de Colombia
Estados Unidos	384.8	11.0	3 X
Canadá	13.9	9.8	2.7 X
Turquía	5.5	9.7	2.7 X
Argentina	29.5	8.0	2.2 X
Egipto	6	8.0	2.2 X
Unión Europea	61.9	7.2	2 X
Ucrania	28.0	6.6	1.8 X
China	263.6	6.0	1.7 X
Sudáfrica	17.6	5.9	1.6 X
En todo el mundo	1,122.5	5.8	1.6 X
Brasil	98.5	5.6	1.6 X
Rusia	15.3	5.5	1.5 X
Vietnam	5.1	4.6	1.3 X
Paquistán	6.13	4.6	1.3 X
Tailandia	5.2	4.5	1.2 X
México	27.6	3.7	1 X
Colombia	1.6	3.6	

*Nota.* Tomado de: *Maíz para Colombia: Visión 2030* (CIMMYT; CIAT. 2016).

### ***3.1.4 Requerimientos climáticos del cultivo de maíz: zonas productoras de Colombia y sus rendimientos***

El territorio colombiano posee gran variedad de condiciones edafoclimáticas a lo largo de las diferentes regiones del país, las cuales permiten la producción de diversos grupos de cultivos según las condiciones en los que estos se adapten mejor. El maíz tiene un amplio grado de adaptación desde el piso térmico cálido a frío, sin embargo, mayor parte de la oferta se encuentra en zonas templadas y cálidas, ya que la oferta climática es favorable para su crecimiento y desarrollo. Algunos requerimientos eco fisiológicos que requiere el maíz se muestran la Tabla 2, midiendo la oferta ambiental en un nivel óptimo, moderado y no apto.

**Tabla 2**

*Requerimientos climáticos para el cultivo de maíz en el territorio colombiano*

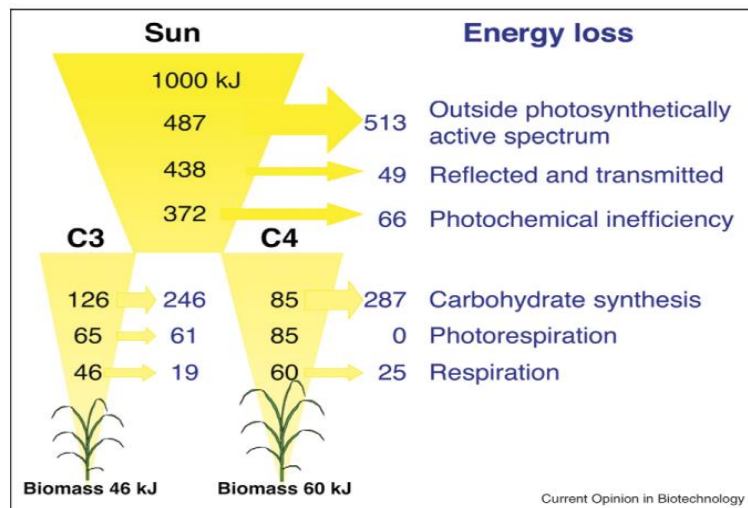
Cualidad de la Tierra	Factor Diagnóstico	Unidad	CLASIFICACIÓN POR FACTORES		
			ÓPTIMO	MODERADA	NO APTA
Altitud	Altura sobre el nivel del mar	m	0-3000	NA*	>3000
Humedad disponible (Humedad total)	Precipitación anual	mm	1000-2000	600-1000	<600
Oxígeno disponible en las raíces	Drenaje natural	Clase	Bueno, moderado, imperfecto**	excesivo	Muy pobre, pobre,
Inundación	Nivel freático	cm	>100	80-100	<80
Posibilidad de laboreo	Pendiente	%	0-7**	7-12**	>12**
			0-50***	50-75***	>75***
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	>100	50-100	<50
Condiciones químicas del suelo	pH	Unidad	5,5-6,5	4,5-5,5 y 6,5-8.0	
Condiciones físicas del suelo	Textura	Clase	F, FAr, FL, FArA, FA, FArL	AF, A, L, ArA, ArL	A>60, Ar>60

*Nota.* Fuente: FENALCE (2012).

- **Radiación solar:** El maíz hace parte del grupo de plantas catalogadas como plantas C4, lo cual hace que pueda tener una máxima eficiencia de conversión de la energía solar fotosintética del 6%, es decir, la energía solar convertida en biomasa durante la fotosíntesis, por lo que, mayor intensidad lumínica se traduce como mayores rendimientos (ver Figura 5). Esto hace que la luminosidad sea clave para el potencial productivo del maíz.

**Figura 5**

*Pérdidas mínimas de energía en la conversión de radiación solar a biomasa.*



*Nota.* El gráfico representa las pérdidas mínimas de energía calculadas para 1000 kJ de radiación solar incidente en cada paso discreto del proceso fotosintético de las plantas C3 y C4. La máxima eficiencia teórica de conversión de energía fotosintética es del 4,6% para las plantas C3 y del 6% para las C4, calculada a partir de la energía solar inicial total y de la energía final almacenada en biomasa. Las flechas indican la cantidad de pérdidas de energía en los diferentes procesos. Tomado de *What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?*, por Xin-Guang Zhu, Stephen P Long, Donald R Ort. (2008).

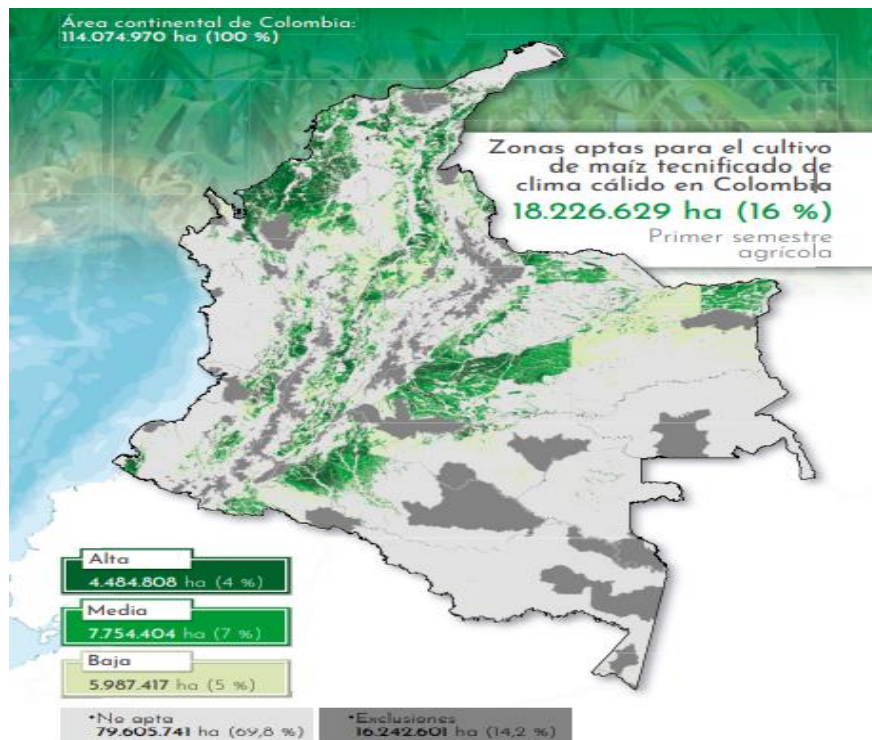
- **Temperatura:** El maíz se desarrolla bien en temperaturas entre los 20 y 29 °C, sin embargo, a temperaturas inferiores a 10 °C se presentan problemas de germinación, y a mayores de 29 °C se dificulta la absorción de agua.
- **Precipitación:** Durante el ciclo vegetativo, la planta requiere entre 500 mm a 700 mm, y la precipitación anual debe estar entre los 600 mm y los 2.000 mm. Es clave tener un buen drenaje, ya que la planta de maíz no tolera inundaciones

- **Suelos:** El maíz se adapta a gran variedad de suelos, sin embargo, prefiere suelos fértiles y profundos, con buena capacidad para retener agua, así como suelos ricos en materia orgánica (superiores al 4%) y un pH entre 5.5 y 7.8.

De acuerdo con la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2018), 18'226.629 ha (16% del territorio nacional) son aptas para el cultivo de maíz en Colombia (Figura 6), de los cuales, según cifras de FENALCE, en el año 2021 tan solo se dispusieron 361.626 ha (0.31% del territorio nacional) para la siembra de maíz. Entre los departamentos con mayor superficie apta para el cultivo se encuentran Meta, Vichada, Antioquia, Córdoba, Caquetá, Santander y Cesar.

**Figura 6**

*Zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado en Colombia*

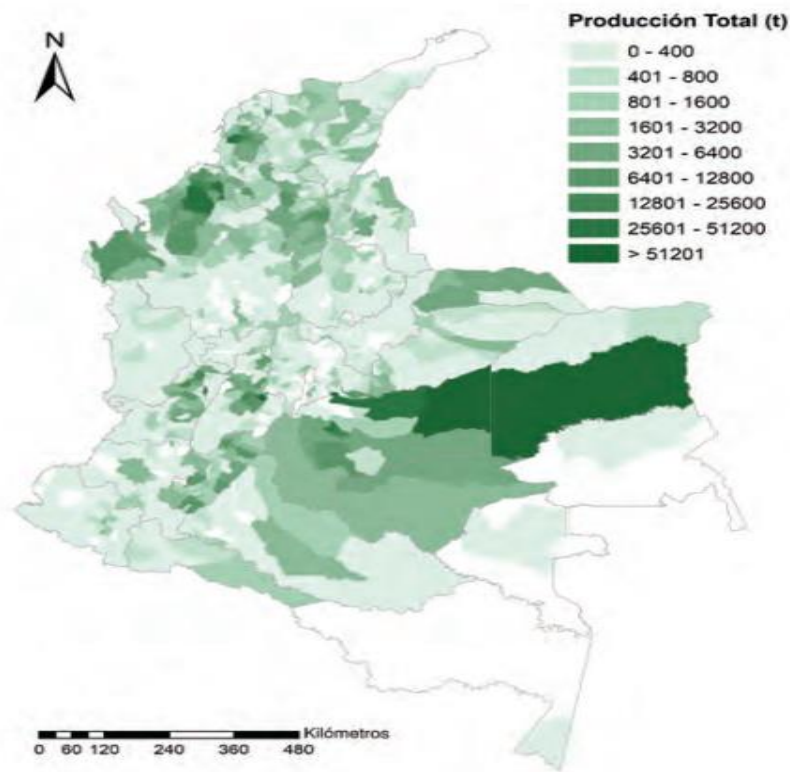


*Nota.* Tomado de *Cultivo Comercial de Maíz Tecnificado de Clima Cálido - Identificación de Zonas Aptas para Colombia*, a escala 1:100.000, por UPRA y FENALCE, 2018.

De acuerdo con las cifras de FENALCE (2021), las regiones donde se concentra la mayor producción de maíz se encuentran en las regiones Andina, Caribe y Orinoquía, y los departamentos con mayor producción de maíz son Tolima, Córdoba, Meta y Vichada. El departamento de Cesar también se encuentra como uno de los mayores productores, y sus zonas productoras se dividen en dos regiones aparte, el norte y el sur del Cesar.

**Figura 7**

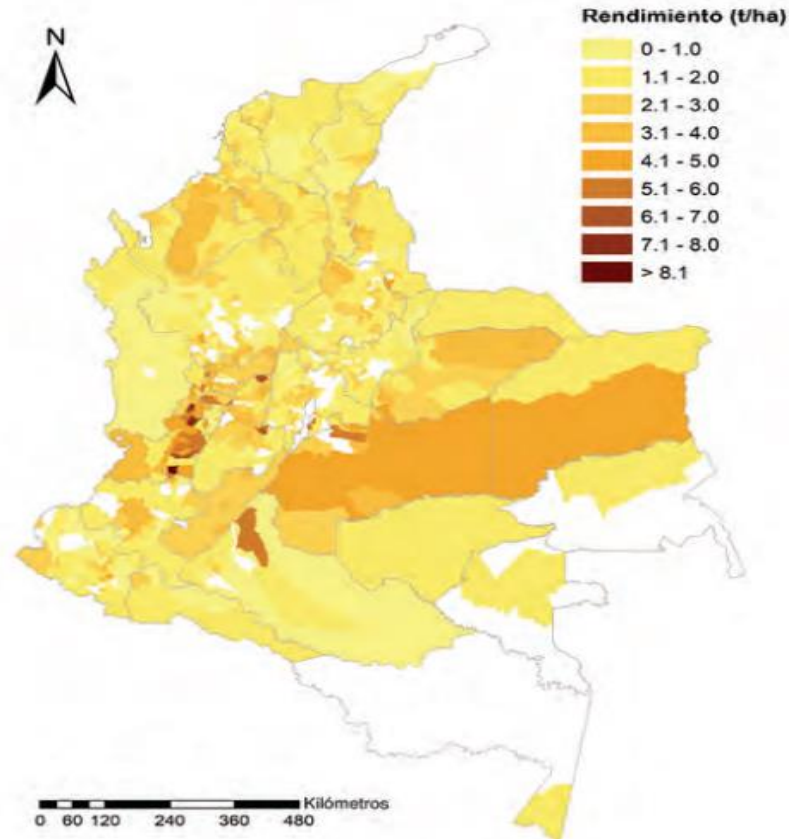
*Producción del cultivo de maíz por regiones*



*Nota.* Tomado de: *Maíz para Colombia: Visión 2030* (CIMMYT; CIAT. 2016).

**Figura 8**

*Rendimiento del cultivo de maíz por regiones*



*Nota.* Tomado de: *Maíz para Colombia: Visión 2030.* (CIMMYT; CIAT. 2016).

### **3.1.5 Sistema de Información**

Los sistemas de información son sistemas de comunicación que involucran a las personas en la producción, recopilación, almacenamiento y divulgación de la información. Constituyen sistemas de comunicación diseñados para dar soporte a la actividad humana con la ayuda de la tecnología. Dentro de las organizaciones, los sistemas de información proveen conocimiento en cuanto a los procesos de negocio y si mantener estos procesos resultan siendo beneficiosos o tendrán un efecto adverso en la productividad, y, en consecuencia, les permite a los usuarios del sistema tomar decisiones soportadas en acontecimientos y datos observables.

## **3.2 Antecedentes**

### **3.2.1 IDEAM**

El IDEAM<sup>6</sup> cuenta con diferentes páginas en su web oficial. Le permite a los usuarios y a los sectores interesados acceder a información relacionada con el clima, tiempo, agua, contaminación, alertas, predicciones, entre otras, por medio de boletines, herramientas interactivas geográficas y herramientas visuales gracias al sistema de monitoreo del clima y variables meteorológicas por medio del sistema de vigilancia de las diferentes estaciones que existen y han existido en el territorio nacional. Se pueden acceder a diferentes galerías de mapas, descarga de información geográfica, atlas interactivo, generación de gráficas, descargas, entre otras.

### **3.2.2 AGRONET**

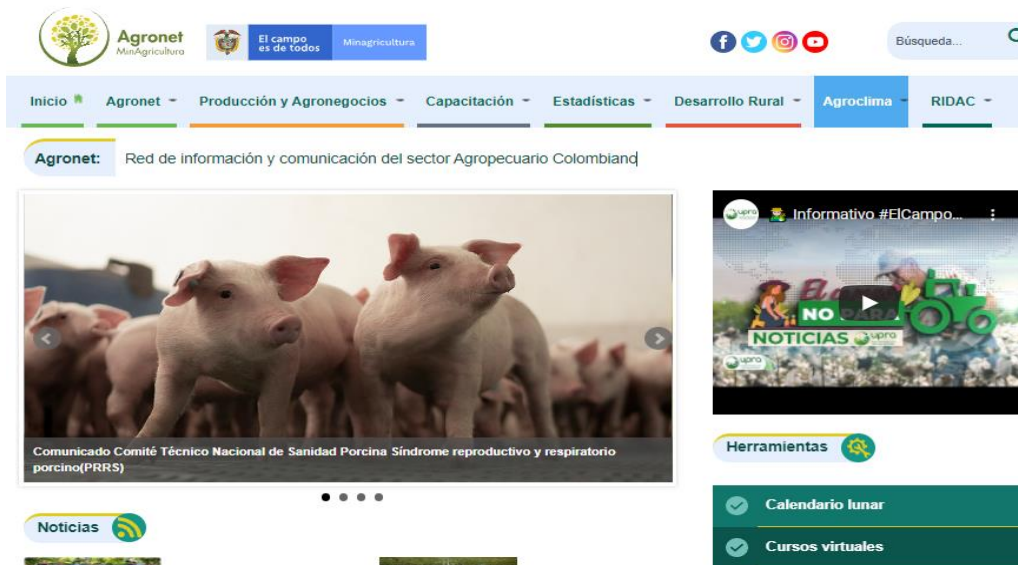
AGRONET es una red de información y comunicación del sector agropecuario en Colombia, la cual busca que los productores identifiquen el mejor momento para la siembra al comparar las condiciones climáticas a nivel histórico y las predicciones, así como alertar sobre los principales factores que puedan afectar la producción de los cultivos. Cuenta con diferentes herramientas tecnológicas en su portal web como el suministro de indicadores y estadísticas en diferentes sectores como el agrícola, el pecuario, el precio de los productos e insumos, entre otros, por medio de reportes y boletines. Este portal ofrece en su página AGROCLIMA el suministro de la información relacionada con la prevención y mitigación de eventos agroclimáticos que cuenta con información suministrada por el IDEAM y otras entidades de gestión de información agroclimática y de recursos hídricos.

---

<sup>6</sup> IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Es una entidad del gobierno de Colombia que se encarga del manejo de la información relacionada con el medio ambiente en el país.

**Figura 9**

*Página principal AGRONET*



*Nota.* Tomado de la web oficial de AGRONET

### 3.2.3 CENICAÑA

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Colombia CENICAÑA cuenta en su portal web con diferentes módulos que ofrecen diversas herramientas que tienen como fin contribuir al desarrollo y competitividad del cultivo de la caña de azúcar basándose en un sistema integrado de gestión. El usuario puede acceder a realizar consultas interactivas acerca de la información de las variables climáticas como la humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, temperatura y velocidad máxima del tiempo por medio de tablas y gráficos, además, permite la exportación de estos resultados a hojas de cálculo, así como la consulta de reportes y boletines climatológicos, el pronóstico estacional del tiempo y las lluvias. Cuenta también con consejos técnicos, la importancia de las tecnologías en el agro, herramientas de software y apoyo a la investigación.

**Figura 10**

*Página principal CENICAÑA*



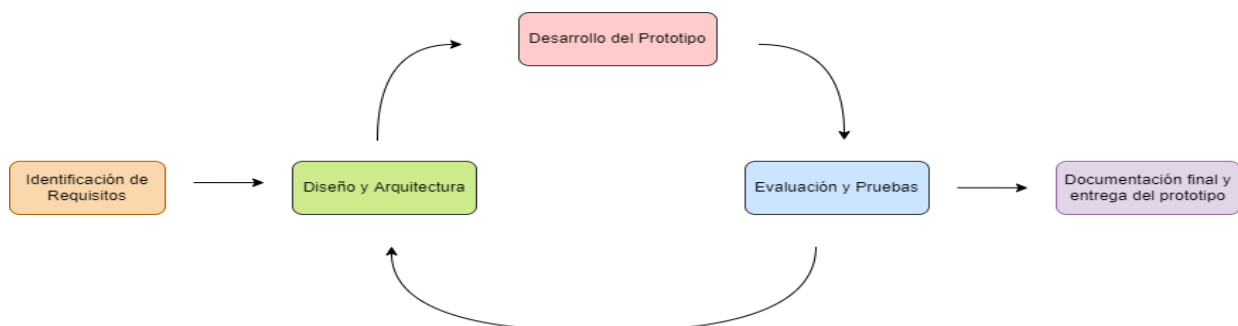
*Nota.* Tomado de la web oficial de CENICAÑA

### 4. Metodología

En la Figura 11 se muestra el modelo de proceso utilizado, este proceso metodológico se compone de cinco etapas que abarcaron el cumplimiento de los objetivos planteados en diferentes actividades.

**Figura 11**

*Metodología de trabajo*



#### **4.1 Etapa 1: Identificación de requisitos**

En esta fase se realizó el levantamiento de requerimientos del sistema de información, así como la identificación de las variables climáticas y del cultivo para recopilarlas de las respectivas fuentes de los datos. Para el levantamiento de requerimientos se contó con el apoyo de un experto en el tema, el director del presente proyecto Nelson Facundo Rodríguez PhD. en fisiología vegetal, adscrito a la escuela de biología de la Universidad Industrial de Santander, quien indicó cuáles deben aquellas características que debe tener un sistema de información para que pueda ser de apoyo al momento de analizar las variables del clima y las variables relacionadas con el rendimiento de los cultivos.

En esta fase también se analizaron y se seleccionaron las herramientas ideales para poder desarrollar el prototipo de sistema de información de acuerdo con los datos recopilados y los requerimientos ya establecidos.

##### **Actividades realizadas:**

- Documentación el levantamiento de los requerimientos funcionales y no funcionales.
- Identificación de las variables del clima y del cultivo.
- Recopilación de la información histórica de las variables de una fuente o proveedor de datos.
- Selección de las herramientas tecnológicas a utilizar.
- Capacitación en tecnologías y herramientas.

## **4.2 Etapa 2: Diseño y Arquitectura**

En esta segunda fase se dio forma a la estructura funcional del sistema de información mediante la elaboración de diagramas en UML. Se diseñó la arquitectura, los módulos y las interfaces con las que interactúan los usuarios, así como la estructura de la base de datos del sistema de información.

### **Actividades realizadas:**

- Elaboración de los diagramas UML y el diseño de la estructura de la base de datos.
- Diseño la arquitectura de software.
- Diseño de las interfaces del sistema amigables con el usuario.

## **4.3 Etapa 3: Desarrollo del Prototipo**

Teniendo en cuenta el diseño y la arquitectura definida, en esta etapa se realizaron las actividades relacionadas con la configuración de ambientes, instalación de extensiones, parametrización, codificación y construcción del prototipo del sistema de información.

### **Actividades realizadas:**

- Implementación del prototipo del sistema de información teniendo en cuenta las características planteadas en la fase de diseño.

## **4.4 Etapa 4: Pruebas**

Esta etapa se validó el funcionamiento del prototipo con los requerimientos identificados al inicio del proyecto. Se corroboró el funcionamiento con el fin de encontrar defectos en el sistema y realizar los ajustes necesarios que permitieran dar como terminado el producto entregado.

### **Actividades realizadas:**

- Comprobar el funcionamiento mediante la inserción de datos artificiales.
- Corrección de errores.

- Interacción con los módulos del prototipo.
- Realizar la documentación de las pruebas.

#### **4.5 Etapa 5: Entrega**

Finalmente se procedió a realizar la documentación final con los resultados obtenidos del proyecto, así como la entrega del prototipo y la publicación del software. También se documentó el manual de usuario con el fin de apoyar al usuario final en la utilización del software entregado.

##### **Actividades realizadas:**

- Documentar el manual de usuario.
- Documentar los resultados obtenidos.
- Entregar el prototipo del sistema de información.

## **5. Resultados**

### **5.1 Identificación de requisitos**

Teniendo en cuenta lo descrito en el apartado metodológico, y la observación de otros sitios de sistemas de información para el apoyo a la agricultura como aquellos mencionados en el apartado de antecedentes del marco de referencia, a continuación, se describen los requerimientos funcionales y no funcionales finales que se definieron en el proyecto. También se identificaron y se recopilaron las variables climáticas y del cultivo en diferentes puntos de observación del departamento de Cesar.

#### **5.1.1 *Requerimientos funcionales.***

En esta parte se describen las funcionalidades que debe contar el software para un correcto funcionamiento. En cada uno de los requerimientos se presenta su identificador, nombre, prioridad y una descripción de este.

**Tabla 3**

*Registrar Usuario*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 01</b>
<b>Nombre</b>	Registrar Usuario
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	El administrador del sistema será el encargado de registrar un usuario en el sistema indicando: usuario, nombres, correo electrónico y contraseña. Esto con el fin de permitirles a los miembros de la comunidad el acceso del sistema de información.

**Tabla 4**

*Iniciar Sesión*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 02</b>
<b>Nombre</b>	Iniciar Sesión
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Los usuarios registrados en el sistema podrán autenticarse con su usuario y contraseña.

**Tabla 5**

*Cerrar Sesión*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 03</b>
<b>Nombre</b>	Cerrar Sesión
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Se les permite a los usuarios autenticados cerrar su sesión con el fin de proteger la seguridad y el contenido del sistema.

**Tabla 6**

*Recuperar Contraseña*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 04</b>
<b>Nombre</b>	Recuperar Contraseña
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Los usuarios que se encuentren registrados en el sistema podrán cambiar su contraseña en caso de que la hayan olvidado. Los usuarios deben ingresar su correo electrónico para que puedan acceder a un formulario que les permita crear una contraseña nueva.

**Tabla 7**

*Actualizar Información*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 05</b>
<b>Nombre</b>	Actualizar Información
<b>Prioridad</b>	Media
<b>Descripción</b>	Los usuarios registrados en el sistema podrán modificar la información y datos relacionada a su cuenta, tales como: usuario, contraseña, correo electrónico, foto, nombres.

**Tabla 8**

*Gestión de Usuarios*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 06</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de Usuarios
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Desde la cuenta administrativa se podrán consultar, crear y eliminar usuarios del sistema.

**Tabla 9**

*Generación de Reportes*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 07</b>
<b>Nombre</b>	Generación de Reportes
<b>Prioridad</b>	Alta

<b>Descripción</b>	Los usuarios del sistema podrán generar gráficas y reportes históricos del cultivo de maíz y del clima de un lugar específico. Estas consultas podrán ser descargadas como archivos CSV.
--------------------	--

**Tabla 10**

*Gestión de datos*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 08</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de Datos
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	<p>El administrador del sistema podrá gestionar los datos correspondientes al cultivo de maíz y del clima, a partir de los archivos insumo, los cuales contienen la información completa y detallada de los datos históricos que se describen a continuación:</p> <p>Los datos correspondientes a la información del clima deben contener:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fecha</li> <li>• Irradiación Solar (MJ/m<sup>2</sup>)</li> <li>• Temperatura (°C)</li> <li>• Humedad Relativa (%)</li> <li>• Precipitación (mm)</li> </ul>

<p>Los datos correspondientes a la información del cultivo de maíz deben contener:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Año</li> <li>• Semestre (A o B)</li> <li>• Área Sembrada (Ha)</li> <li>• Área Cosechada (Ha)</li> <li>• Producción (T)</li> <li>• Rendimiento (T/Ha)</li> </ul>
---

**Tabla 11**

*Visualizar gráficas*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 09</b>
<b>Nombre</b>	Visualizar Gráficas
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Los usuarios podrán consultar la información del cultivo de maíz o del clima por medio de la generación de paneles de control, donde se muestren gráficos interactivos y resumen general. Estas gráficas podrán ser descargadas como PDF.

**Tabla 12**

*Visualizar mapa*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 10</b>
<b>Nombre</b>	Visualizar Mapa
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Los usuarios del sistema podrán visualizar el punto geográfico de la toma de datos por medio de la generación de un mapa interactivo con diferentes capas de visualización (Open Street Map, Relieve y Satelital).

**Tabla 13**

*Visualizar página de inicio*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 11</b>
<b>Nombre</b>	<i>inicio</i>
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	El usuario podrá visualizar una página de inicio que sirva como punto de partida de la interacción con el sistema. La página de bienvenida debe incluir información que contenga el resumen del contenido del sistema.

**Tabla 14**

*Visualizar noticias e información de interés*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 12</b>
<b>Nombre</b>	Visualizar Noticias e Información de interés.
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	El usuario podrá visualizar el contenido relacionado con noticias e información de interés. También podrán ser redireccionados a otras fuentes.

**Tabla 15**

*Visualizar el manual de usuario*

<b>Requerimiento</b>	<b>RF 13</b>
<b>Nombre</b>	Visualizar el manual de usuario
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Descripción</b>	Los usuarios del sistema podrán ver y descargar un instructivo o manual de usuario que contenga la descripción y forma de uso de los diferentes módulos del sistema para que puedan orientarse al momento de usar el sistema de información.

### **5.1.2 Requerimientos no funcionales**

A continuación, se describen los requerimientos que no determinan una funcionalidad propia del sistema, pero que permiten que trabaje de manera óptima.

**Tabla 16**

*Requerimientos no funcionales*

<b>Requerimiento</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>RNF-1</b>	Usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contará con una interfaz intuitiva y de fácil uso.</li> <li>• Estará disponible en la web y podrá ser accedida desde diferentes ordenadores.</li> </ul>
<b>RNF-2</b>	Soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podrá ser compatible con los navegadores web más utilizados.</li> </ul>
<b>RNF-3</b>	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las contraseñas se encontrarán encriptadas.</li> <li>• El contenido y manejo de los datos del sistema sólo se encontrarán disponibles para usuarios autorizados.</li> </ul>

**5.1.3 Recolección de datos**

Puesto que inicialmente el proyecto pretende estudiar la información histórica de las zonas productoras de maíz del departamento de Cesar, las cuales se ubican al norte y al sur de departamento, se establecieron diferentes puntos de observación a lo largo de algunos de los municipios pertenecientes a estas zonas del departamento, de tal forma que se cubriera la mayor parte posible de las zonas productoras (ver Figura 12). Los municipios seleccionados para el estudio son Aguachica, Agustín Codazzi, Bosconia, La Paz, Rio De Oro, San Alberto, San Diego, San Martin, Valledupar.

**Figura 12**

*Puntos de referencia zona norte Cesar.*



*Nota.* La imagen muestra los diferentes puntos de observación que pertenecen a las jurisdicciones de los municipios correspondientes a la zona norte del departamento de Cesar.

Teniendo en cuenta la influencia que tienen algunos factores climáticos en la producción de maíz, se definieron las siguientes variables climáticas:

- Precipitación promedio diario (mm/diario)
- Radiación solar promedio diario (MJ/m<sup>2</sup>/día)
- Humedad relativa promedio diario (%/día)
- Temperatura promedio diario (°C diaria).

Los datos climatológicos fueron obtenidos del proyecto POWER de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos, el cual provee conjuntos de datos solares y meteorológicos para el apoyo de diferentes campos de estudio como los relacionados con edificios sostenibles, energías renovables y agro-climatología.

Este proyecto es financiado a través del programa de Ciencias Aplicadas de la División de Ciencias de la Tierra de la NASA y los datos se obtuvieron en colaboración con el Centro de Investigación Langley (LaRC) y el Centro de Datos de Ciencias Atmosféricas (ASDC) de la misma agencia. Este programa de investigación dispone de un portal web cartográfico de fácil uso conocido como NASA POWER Data Access Viewer, el cual nos permite seleccionar los parámetros de los datos climáticos que buscamos y descargarlos en diferentes formatos como CSV, GeoJSON, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, del portal POWER Data Access Viewer se descargaron los datos correspondientes al clima durante los últimos 40 años en diferentes puntos de referencia dentro de los municipios anteriormente mencionados en archivos con formato CSV. Estos datos son los que usa el sistema de información mediante el cargue masivo de los mismo y se puede acceder de forma gratuita.

Por otra parte, los datos correspondientes al cultivo de maíz son proporcionados por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, los cuales fueron obtenidos de la plataforma Datos Abiertos Colombia. Estos datos están contenidos en el conjunto de datos *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA*, el cual tiene como fin brindarles a los diversos actores productivos la información agrícola nacional para fortalecer los procesos de producción. Este conjunto de datos contiene la base histórica entre los años 2007 a 2018 relacionada con la producción agrícola nacional de forma semestral. Estos datos fueron filtrados por el departamento de Cesar y el cultivo de maíz, y fueron descargados en formato CSV.

#### **5.1.4 Software y herramientas**

La selección de herramientas para la implementación del proyecto se realizó teniendo en necesidades identificadas en el levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales. Se identificaron un conjunto de herramientas tecnológicas modernas que existen en la actualidad que permitiesen desarrollar el prototipo del sistema de información de manera óptima.

**5.1.4.1. Visual Studio Code.** Es uno de los entornos de desarrollo integrado más populares que permite desarrollar en diferentes lenguajes de programación, cuenta con varios años en el mercado por lo que cuenta con mayor solidez y estabilidad, además, cuenta con una gran variedad de configuraciones y extensiones que nos permiten realizar las tareas de forma más rápida y eficiente. Entre sus principales características y ventajas se pueden encontrar que permite:

- Editar, depurar y compilar código.
- Configurar la interfaz a nuestro gusto, brindando la oportunidad de desarrollar de forma más agradable y un código mucho más visible.
- Instalar diferentes extensiones como las relacionadas con el control de versiones.
- Reducir el esfuerzo en actividades rutinarias y aumentar la eficiencia de los desarrolladores.
- Soporte nativo en diferentes lenguajes de programación.

**5.1.4.2. Git.** Es una herramienta para realizar un control de versiones y es el más utilizado a nivel mundial. Entre sus principales características podemos encontrar su eficiencia, tener un historial completo de versiones, así como crear diferentes ramas de trabajo, lo que nos permite desarrollar el proyecto en diferentes líneas de progreso, entre otras. Esta herramienta también nos permite administrar nuestro código que se encuentra albergado en GitHub.

**5.1.4.3. Backend.** Para el backend se utilizó Django, el cual es un framework web de alto nivel, gratuito y de código abierto basado en el lenguaje de programación Python que permite el desarrollo de sitios web de forma segura, escalable, pragmática, mantenible y limpia. Su objetivo es permitirles a los desarrolladores enfocarse en el desarrollo de sus aplicaciones en lugar de implementar la misma solución en repetidas ocasiones. Django cuenta con un mapeo de objeto relacional (ORM) el cual se encarga de mapear las estructuras de una base de datos relacional en un objeto de nuestra aplicación, lo que nos permite librarnos del lenguaje en sentencias SQL necesarias para realizar operaciones CRUD en la base de datos, y así poder manipular la base de datos mediante un lenguaje de nuestro interés.

**5.1.4.4. Frontend.** Para el frontend se utilizaron las tecnologías convenciones HTML5, CSS3 y JavaScript, junto con Bootstrap. Este último es un framework frontend gratuito, de código abierto y cuenta con una gran variedad de herramientas que posibilita estilizar y maquetar el componente visual del sistema de información de forma muy ágil y amigable con el usuario, por lo que se puede fácilmente a las plantillas utilizadas por Django, y permite estandarizar la estilización de las interfaces con las que interactúa el usuario en pocas sentencias, lo que resulta muy útil al momento de construir un prototipo. También se utilizó jQuery y AJAX para poder interactuar con las plantillas HTML, para manipular el DOM y tener comunicaciones asíncronas dentro de la aplicación web.

**5.1.4.5. ChartJS:** Es una librería de visualización de datos de JavaScript para realizar gráficos interactivos basados en el elemento canvas de HTML5. Se caracteriza por ser gratuita y una de las librerías de gráficos más sencillas para JavaScript de aspecto agradable y fácilmente personalizable. ChartJS incluye diversos gráficos como gráficos de barras, línea, dispersión, circular, entre otros.

**5.1.4.6. Folium:** Es una librería de Python basada en Leaflet, una biblioteca de JavaScript para la visualización de información geoespacial. Folium nos permite trabajar con datos geoespaciales y visualizarlos mediante mapas interactivos, además cuenta con diversos mosaicos de mapas similares a los mapas de Google, entre los que se pueden encontrar StreetMap, Satelital y Relieve.

**5.1.4.7. Dropzone.** Conocido como Dropzone.js, es una librería de Javascript que permite agregar archivos a un formulario mediante las funcionalidades de “arrastrar y soltar”. Es una de las librerías de cargue de archivos más importantes en la web y es usado por millones de personas (Dropzone, s.f.). Algunas de sus características son la carga de archivos múltiples por petición HTTP y de forma sincrónica, fácil de usar y estilizar, parametrizable y muy bien documentada.

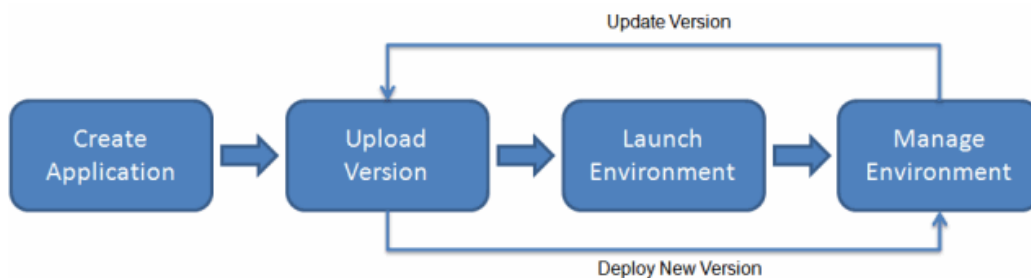
**5.1.4.8. Base de Datos.** Para este proyecto se decidió trabajar con una base de datos relacional debido a que cuentan con una estructura estandarizada, la cual se ajusta al modelo de datos planteando. La base de datos relacional seleccionada fue MySQL ya que es de código abierto y es la más popular a nivel mundial, por lo que cuenta con un mayor soporte.

**5.1.4.9. Amazon Web Services (AWS).** Es la plataforma en la nube más popular del mundo y una de las que más tiempo ha estado en servicio, por lo que cuenta con amplia experiencia en madurez, fiabilidad, seguridad y rendimiento, así como el ofrecimiento de gran diversidad de servicios entre los cuales se encuentran la infraestructura de cómputo, almacenamiento, bases de datos, entre muchas otras. Esta plataforma brinda una solución favorable al momento de desplegar la aplicación en la nube para que se pueda acceder a ella públicamente. Algunos de sus servicios que más se destacan son:

**5.1.4.9.1. Elastic Beanstalk.** Es un servicio que permite implementar aplicaciones web desarrollados con diferentes lenguajes como Java, PHP, Python, entre otros, en diferentes servidores de forma rápida y fácil. Elastic Beankstalk se encargará de forma automática del aprovisionamiento de la infraestructura, la implementación de aprovisionamiento de la capacidad, el equilibrio de carga, el escalado automático, la monitorización del estado de la aplicación, entre otros.

**Figura 13**

*Flujo de trabajo de Elastic Beanstalk*



*Nota.* Obtenido de la documentación oficial de Elastic Beasntalk por Amazon Web Services.

**5.1.4.9.2. *Simple Storage Service (S3)*.** Es un servicio de almacenamiento de objetos en la nube que ofrece amplia disponibilidad, rendimiento y escalabilidad. Permite almacenar y proteger cualquier cantidad de datos para diversos casos de uso, como sitios web, lagos de datos, aplicaciones móviles, archivado, dispositivos IoT, análisis de datos, entre otros. Actualmente el servicio de S3 almacena más de 7 billones de objetos alrededor del mundo, haciéndolo un servicio líder en el sector. (Amazon Web Services, s.f.).

**5.1.4.9.3. *Relational Database Service (RDS)*.** Es un servicio de base de datos relacional distribuido de Amazon Web Services. Facilita las tareas de operación, configuración y escalado de una base de datos en la nube, librando a los desarrolladores de las tareas administrativas de las bases de datos sin la necesidad de aprovisionar la infraestructura o mantener el software. Amazon RDS permite elegir entre los motores más populares como MySQL, PostgreSQL, Maridaba, Oracle y SQL Server. (Amazon Web Services, s.f.).

**5.1.4.9.4. *Elastic Compute Cloud (EC2)*.** Es uno de los servicios más importantes de la plataforma de cómputo en la nube de Amazon Web Services que proporciona capacidad de computación escalable en la nube de AWS. Les permite a los usuarios rentar computadores virtuales sobre las cuales se ejecutan sus propias aplicaciones, eliminando la necesidad de invertir inicialmente en hardware de manera que se pueden implementar las aplicaciones en menos tiempo. EC2 ofrece una gran variedad de características como permitir lanzar tantos servidores virtuales como el usuario necesite, configurar la seguridad y administrar el almacenamiento, así como la posibilidad de escalamiento para controlar los picos de tráfico del servidor. (Amazon Web Services, s.f.).

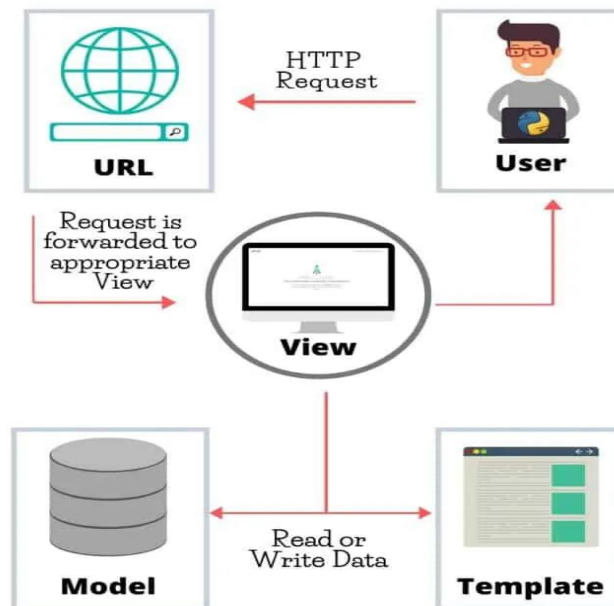
## 5.2 Arquitectura

### 5.2.1 Arquitectura MVT (Model - View - Template)

El patrón MVT (Modelo-Vista-Plantilla por sus siglas en inglés) es un patrón o arquitectura de diseño de software ligeramente diferente al común patrón de diseño MVC (Model-View-Controller), y su principal diferencia es que en el patrón MVT, Django se hace cargo de la parte del controlador (la parte que controla las interacciones entre el Modelo y la Vista). Este patrón determina la estructura total y el flujo de trabajo de una aplicación Django y cada componente se encarga de realizar tareas diferentes de manera independiente que se pueden definir de la siguiente manera.

**Figura 14**

*Patrón MVT (Model-View-Template)*



*Nota. Obtenido de: Difference between MVC and MVT Patterns, por Pythonista Planet.*

### **5.2.2 Modelo.**

El modelo es la capa de acceso a los datos y ayuda a manejar la base de datos. Esta capa es básicamente una tabla de la base de datos, la cual contiene los campos y la información requerida de los datos que se están almacenando. Los modelos ayudan a manejar las operaciones de crear, leer, actualizar y eliminar objetos, conocido como CRUD (Crear, Leer, Actualizar y Eliminar) en la base de datos. Además, mantienen la lógica del negocio, métodos y otras propiedades relacionadas a la manipulación de los datos.

### **5.2.3 Vista**

Las vistas son usadas para ejecutar la lógica del negocio mediante las peticiones de solicitud HTTP (POST, GET) del lado del cliente y viceversa. Las vistas son un enlace entre el modelo y la plantilla, se comunica con la base de datos a través del modelo para recuperar o guardar información y decide qué información será mostrada y por cual plantilla.

### **5.2.4 Plantilla**

La plantilla o template es la capa de presentación (Front-End), la cual maneja la interfaz de usuario y el componente HTML dinámico de una aplicación Django para representar la información suministrada por la vista. El contenido de estos archivos puede ser estático o dinámico.

### **5.2.5 Arquitectura del software**

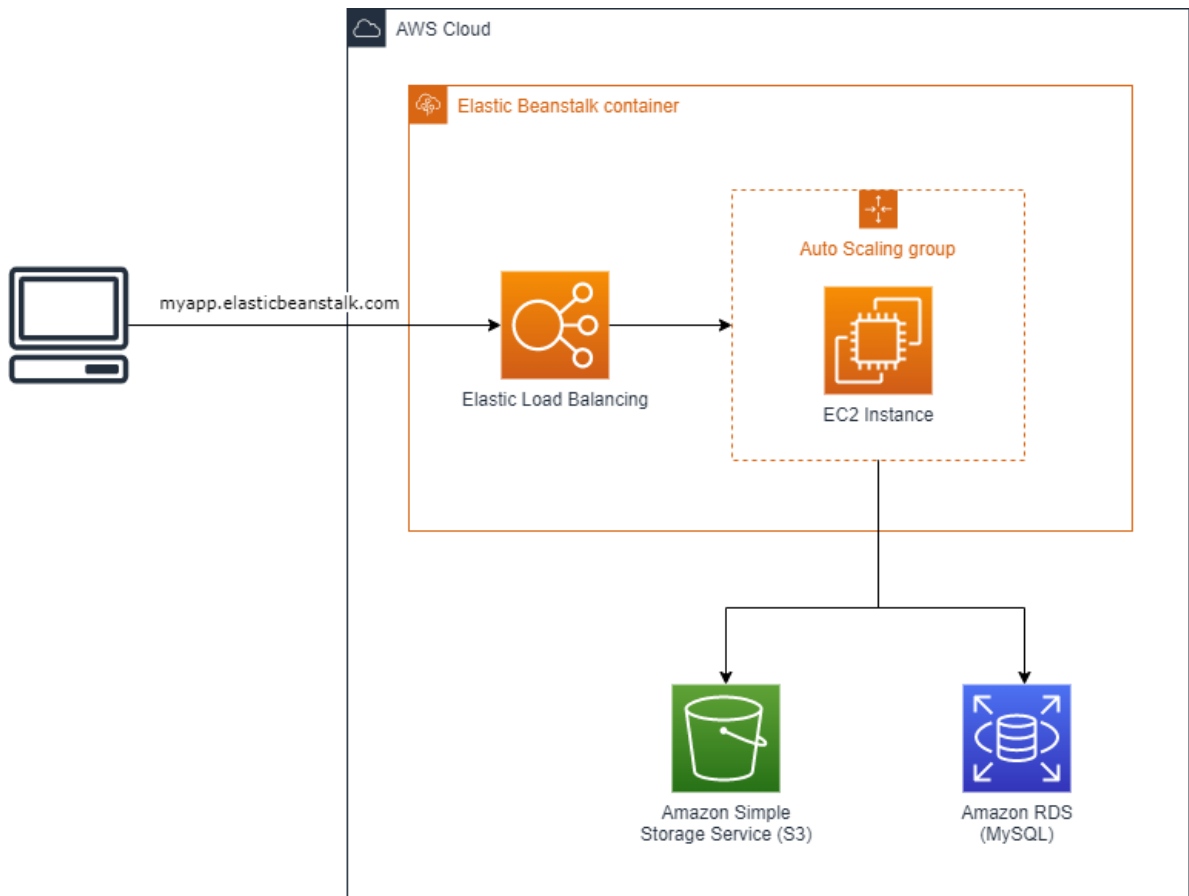
Teniendo en cuenta las herramientas seleccionadas señaladas en el apartado de Software y herramientas, la arquitectura del prototipo desplegado en Amazon Web Services se describe a grandes rasgos de la siguiente manera:

La aplicación se desplegará en un entorno de elastic beanstalk y estará funcionando en una instancia o servidor virtual de Elastic Compute Cloud (EC2), y estará comunicándose con una

instancia Relational Database Service (RDS), el servidor virtual donde estará funcionando la base de datos MySQL. Por otro lado, los archivos estáticos de la aplicación (archivos, multimedia, hojas de estilo, etc.) estarán alojados en una cubeta del servicio Simple Storage Service (S3).

**Figura 15**

*Arquitectura de la aplicación desplegada en AWS*



**5.3 Diseño**

**5.3.1 Diagrama casos de uso**

Los casos de uso tienen el propósito de visualizar la manera en que el sistema interactúa con los diferentes actores involucrados. A continuación, se muestran los casos de uso del prototipo sistema de información.

**Figura 16**

*Casos de uso*



Para una mejor comprensión de los casos de uso, a continuación, se describen los actores identificados que interactúan con el sistema de información, junto con los requerimientos funcionales que cumplen.

**Tabla 17**

*Descripción de actor visitante*

Actor	Visitante
Requerimientos Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RF-10: Visualizar mapa</li> <li>• RF-11: Visualizar página de bienvenida</li> <li>• RF-12: Visualizar noticias e información de interés</li> </ul>
Descripción	Usuario no registrado en el sistema con acceso limitado, sólo puede ver una parte de este sin la necesidad de iniciar sesión.
Tipo	Secundario

**Tabla 18**

*Descripción de actor Usuario registrado*

Actor	Usuario del sistema
Requerimientos Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RF-02: Iniciar sesión</li> <li>• RF-03: Cerrar sesión</li> <li>• RF-04: Recuperar contraseña</li> <li>• RF-05: Actualizar información</li> <li>• RF-07: Generación de reportes</li> <li>• RF-09: Visualizar gráficas</li> <li>• RF-10: Visualizar mapa</li> <li>• RF-11: Visualizar página de bienvenida</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RF-12: Visualizar noticias e información de interés</li> <li>• RF-13: Visualizar manual de usuario</li> </ul>
Descripción	<p>Los usuarios del sistema son aquellos miembros de alguna organización o gremio a quienes está dirigido el uso del sistema de información. Los usuarios del sistema no deberán registrarse en el sistema, puesto que a ellos se les ha asignado previamente unas credenciales únicas para hacer uso del sistema de información. Un usuario registrado cuenta con permisos para explorar el contenido del sistema de información, incluyendo las interacciones que puede realizar un usuario visitante.</p>
Tipo	Primario

**Tabla 19**

*Descripción de actor Administrador*

Actor	Administrador
Requerimientos Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RF-01: Registrar usuarios</li> <li>• RF-02: Iniciar sesión</li> <li>• RF-03: Cerrar sesión</li> <li>• RF-04: Recuperar contraseña</li> <li>• RF-05: Actualizar información</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RF-06: Gestión de usuarios</li> <li>• RF-07: Generación de reportes</li> <li>• RF-08: Gestión de datos</li> <li>• RF-09: Visualizar gráficas</li> <li>• RF-10: Visualizar mapa</li> <li>• RF-11: Visualizar página de bienvenida</li> <li>• RF-12: Visualizar noticias e información de interés</li> <li>• RF-13: Visualizar manual de usuario</li> </ul>
Descripción	<p>El usuario administrador es quien se encarga del manejo de la plataforma, así como la manipulación de información delicada. Es el usuario con el nivel de permisos más alto y cuenta con acceso a todos los módulos y funcionalidades del sistema. A diferencia de otros usuarios, al administrador se le permite la creación y eliminación de usuarios de la plataforma, así como el cargue masivo de los datos del clima y de los cultivos.</p>
Tipo	Primario

### 5.3.2 Casos de uso y escenarios

A continuación, se pueden apreciar los casos de uso detalladamente a partir los requerimientos planteados.

**Tabla 20**

*Caso de uso 1. Gestionar usuarios*

Caso de Uso	
Nombre	Gestionar Usuarios
Actores	Administrador
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal</li> <li>2. El usuario inicia sesión.</li> <li>3. El usuario se dirige al módulo “Gestión de usuarios”.</li> <li>4. El usuario crea o elimina a los usuarios.</li> <li>5. El sistema actualiza la lista de usuarios de acuerdo con los cambios realizados por el usuario.</li> </ol>
Postcondiciones	Se actualizan los usuarios que hay en el sistema.

**Tabla 21**

*Escenario 1 para Caso de uso 1. Gestionar usuarios*

Escenario	
Nombre	Crear usuario
Actores	Administrador
Eventos	<p>El usuario accede al sistema mediante la URL principal</p> <p>El usuario digita su nombre de usuario y contraseña.</p> <p>El usuario se dirige al módulo “Gestión de usuarios”.</p> <p>El sistema lista todos los usuarios del sistema de información</p> <p>El usuario selecciona “Crear Usuarios”</p> <p>El usuario diligencia los campos correspondientes en el formulario.</p> <p>El usuario selecciona el botón “Guardar”.</p>

---

El sistema valida que los campos obligatorios estén diligenciados.

El sistema actualiza la lista de usuarios.

---

**Tabla 22**

*Escenario 2 para Caso de uso 1. Gestionar usuarios*

Escenario	
Nombre	Eliminar Usuario.
Actores	Administrador
Eventos	<p>El usuario accede al sistema mediante la URL principal</p> <p>El usuario digita su nombre de usuario y contraseña.</p> <p>El usuario se dirige al módulo “Gestión de usuarios”.</p> <p>El sistema lista todos los usuarios del sistema de información</p> <p>El usuario ubica el usuario que quiere eliminar y selecciona el botón “Eliminar”</p> <p>El sistema actualiza la lista de usuarios.</p>

---

**Tabla 23**

*Caso de uso 2. Iniciar sesión*

Caso de Uso	
Nombre	Iniciar Sesión
Actores	Administrador, Usuario registrado.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario se dirige a “Iniciar Sesión”</li> </ol>

---

---

	3. El usuario ingresa al sistema proporcionando su usuario y contraseña.
Flujo Alternativo	3. Las credenciales son incorrectas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario digita su nombre de usuario de forma incorrecta.</li> <li>• El usuario digita su contraseña de forma incorrecta</li> <li>• El usuario no recuerda su contraseña.</li> <li>• El usuario no se encuentra registrado en el sistema.</li> </ul>
Postcondiciones	Visualización de la página de inicio.

---

**Tabla 24**

*Escenario 1 para Caso de uso 2. Iniciar sesión*

---

Escenario	
Nombre	Ingreso satisfactorio.
Actores	Juan López
Eventos	El usuario accede al sistema mediante la URL principal El usuario digita su nombre de usuario y contraseña. El sistema valida los datos de ingreso del usuario. El sistema le permite el ingreso a la plataforma.

---

**Tabla 25**

*Escenario 2 para Caso de uso 2. Iniciar sesión*

Escenario	
Nombre	Ingreso no satisfactorio.
Actores	Juan López
Eventos	El usuario accede al sistema mediante la URL principal El usuario digita su nombre de usuario y contraseña. El sistema valida los datos de ingreso del usuario. El sistema notifica el error.

**Tabla 26**

*Caso de uso 3. Recuperar contraseña*

Caso de Uso	
Nombre	Recuperar contraseña
Actores	Administrador, Usuario registrado.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario se dirige a “Iniciar Sesión”</li> <li>3. El usuario digita su código y contraseña.</li> <li>4. El sistema no reconoce el nombre de usuario o contraseña.</li> <li>5. El usuario solicita recuperar contraseña.</li> <li>6. El usuario digita su correo electrónico.</li> <li>7. El sistema le envía un formulario para restaurar su contraseña.</li> <li>8. El usuario digita su nueva contraseña.</li> </ol>

---

Postcondiciones	El sistema notifica que el cambio de contraseña fue exitoso
-----------------	---

---

**Tabla 27**

*Escenario 1 para el Caso de uso 3. Recuperar contraseña*

---

Escenario 1	
-------------	--

---

Nombre	Olvidar contraseña
Actores	Juan López
Eventos	<p>El usuario accede al sistema mediante la URL principal</p> <p>El usuario digita su nombre de usuario y contraseña.</p> <p>El sistema no reconoce las credenciales.</p> <p>El usuario solicita recuperar la contraseña.</p> <p>El sistema solicita el correo electrónico</p> <p>El sistema envía un enlace temporal con un formulario</p> <p>El usuario digita la nueva contraseña.</p>

---

**Tabla 28**

*Caso de uso 4. Actualizar información de usuario*

---

Caso de Uso	
-------------	--

---

Nombre	Actualizar información de usuario.
Actores	Administrador, Usuario registrado.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario se dirige a “Iniciar Sesión”</li> </ol>

---

---

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. El usuario ingresa al sistema proporcionando su usuario y contraseña.</li> <li>4. El usuario se dirige a “Mi perfil”.</li> <li>5. El usuario digita los campos necesarios.</li> <li>6. El usuario selecciona “Actualizar”.</li> <li>7. El sistema valida que los campos obligatorios estén diligenciados.</li> <li>8. El sistema actualiza los datos.</li> </ol>
Flujo Alternativo	<p>El sistema identifica campos obligatorios sin diligenciar y no permite actualizar los cambios del usuario.</p> <p>El usuario se dirige a otra página sin guardar los cambios.</p>
Postcondiciones	El sistema notifica que la información se actualizó satisfactoriamente

---

**Tabla 29**

*Caso de uso 5. Visualizar panel de control*

---

Caso de Uso	
Nombre	Visualizar panel de control.
Actores	Administrador, Usuario registrado.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario inicia sesión.</li> <li>3. El usuario se dirige al módulo gráficos y selecciona los gráficos que desea ver.</li> <li>4. El usuario digita los campos requeridos para la búsqueda de la información.</li> <li>5. El sistema muestra el panel de control.</li> </ol>

---

---

Flujo Alternativo	El sistema no encuentra datos entre el rango de tiempo seleccionado.
Postcondiciones	Se muestra el panel de control.

---

**Tabla 30**

*Caso de uso 6. Visualizar el mapa*

---

Caso de Uso	
Nombre	Visualizar el mapa.
Actores	Administrador, Usuario registrado, Visitante.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario se dirige al módulo del Mapa.</li> <li>3. El sistema muestra el mapa.</li> </ol>
Postcondiciones	Se muestra el mapa interactivo mostrando los puntos de toma de datos.

---

**Tabla 31**

*Caso de uso 7. Cargar datos*

Caso de Uso	
Nombre	Cargar datos.
Actores	Administrador.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario inicia sesión.</li> <li>3. El usuario se dirige al módulo “Cargar Archivos” y selecciona el grupo de datos que va a cargar (cultivos o clima).</li> <li>4. El usuario carga o arrastra el archivo.</li> <li>5. El usuario selecciona guardar.</li> </ol>
Flujo alternativo	<p>El sistema identifica que el archivo no cumple con los requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supera el peso de archivo máximo permitido.</li> <li>• No se encuentra en formato CSV.</li> <li>• Sube más de dos archivos al tiempo.</li> </ul>
Postcondiciones	Se guarda el archivo y los datos contenidos en él.

**Tabla 32**

*Caso de uso 8. Generar informes*

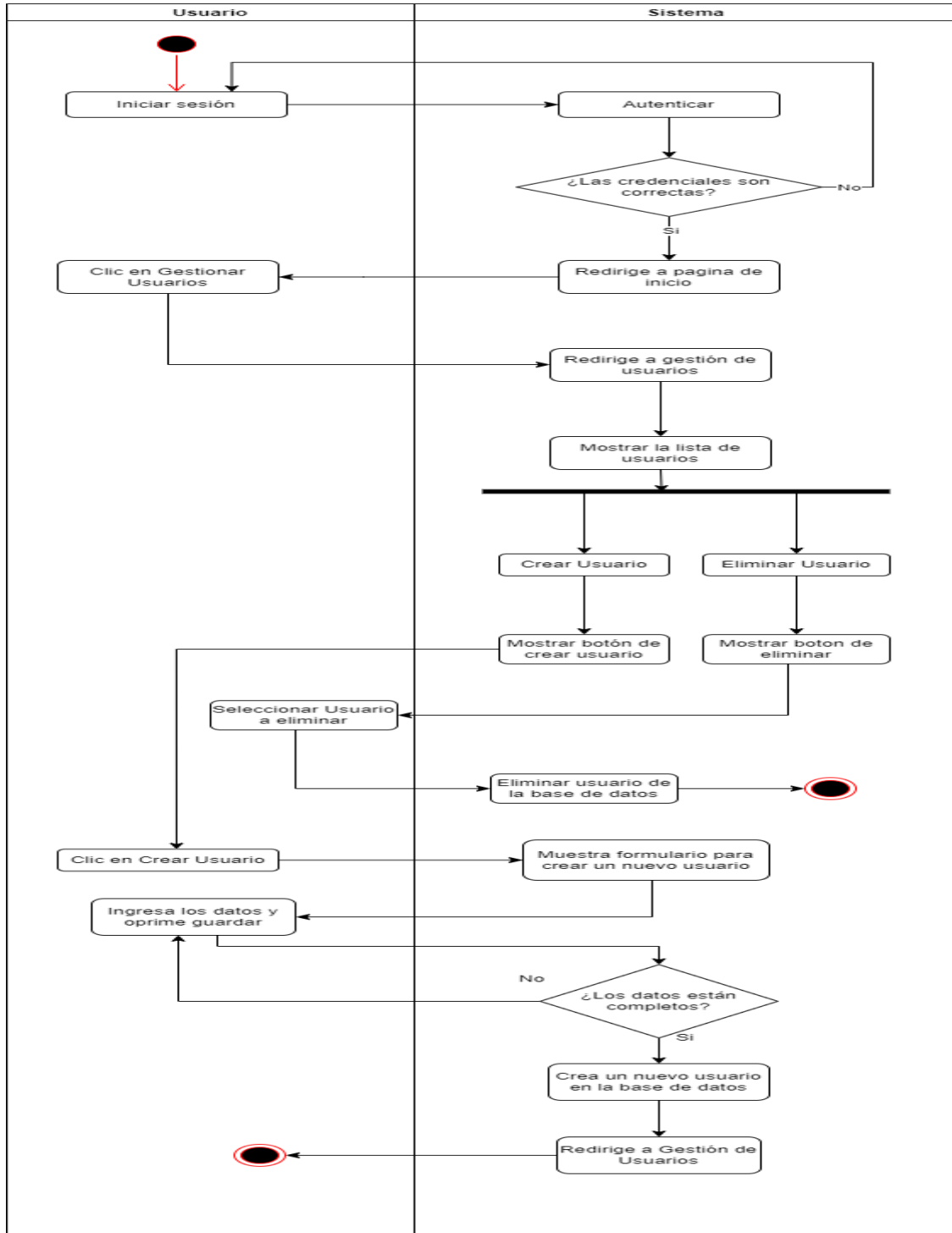
Caso de Uso	
Nombre	Generar informes.
Actores	Administrador, Usuario registrado.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al sistema mediante la URL principal.</li> <li>2. El usuario se dirige al módulo de gráficas o reportes y selecciona el grupo de datos que desea consultar.</li> <li>3. El usuario digita los campos requeridos para la búsqueda de la información.</li> <li>4. El sistema muestra la consulta.</li> <li>5. El usuario selecciona el botón “Exportar”.</li> </ol>
Postcondiciones	Se descarga el archivo en el formato seleccionado con la información consultados.

**5.3.3 Diagramas de actividades**

Se presentan las principales funcionalidades con las que interactúan los actores con el fin de mostrar el flujo de eventos que ocurren en el sistema.

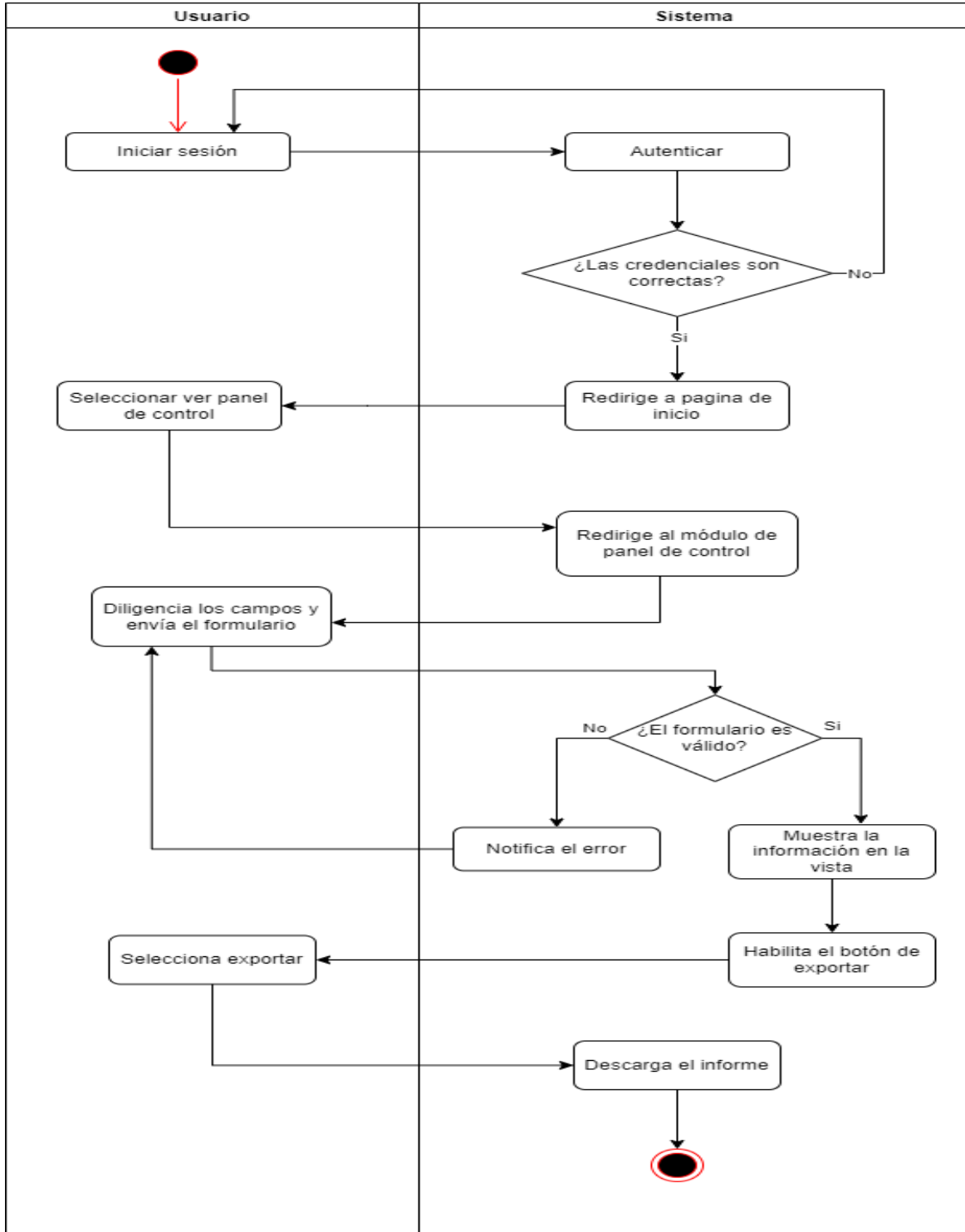
Figura 17

Diagrama de actividades para gestión de usuarios



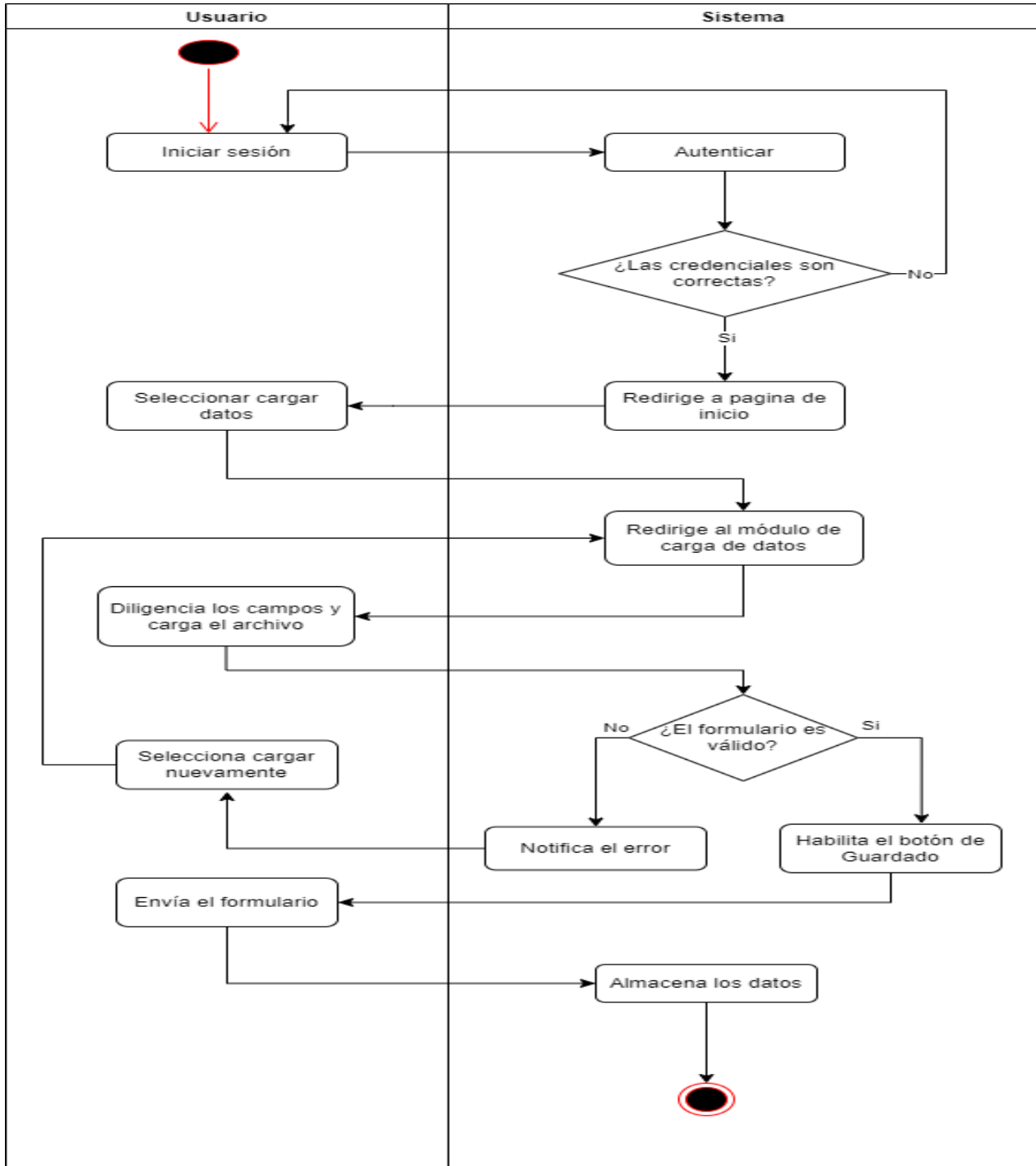
**Figura 18**

*Diagrama de actividades para generación del panel de control e informes*



**Figura 19**

*Diagrama de actividades para la carga de datos*

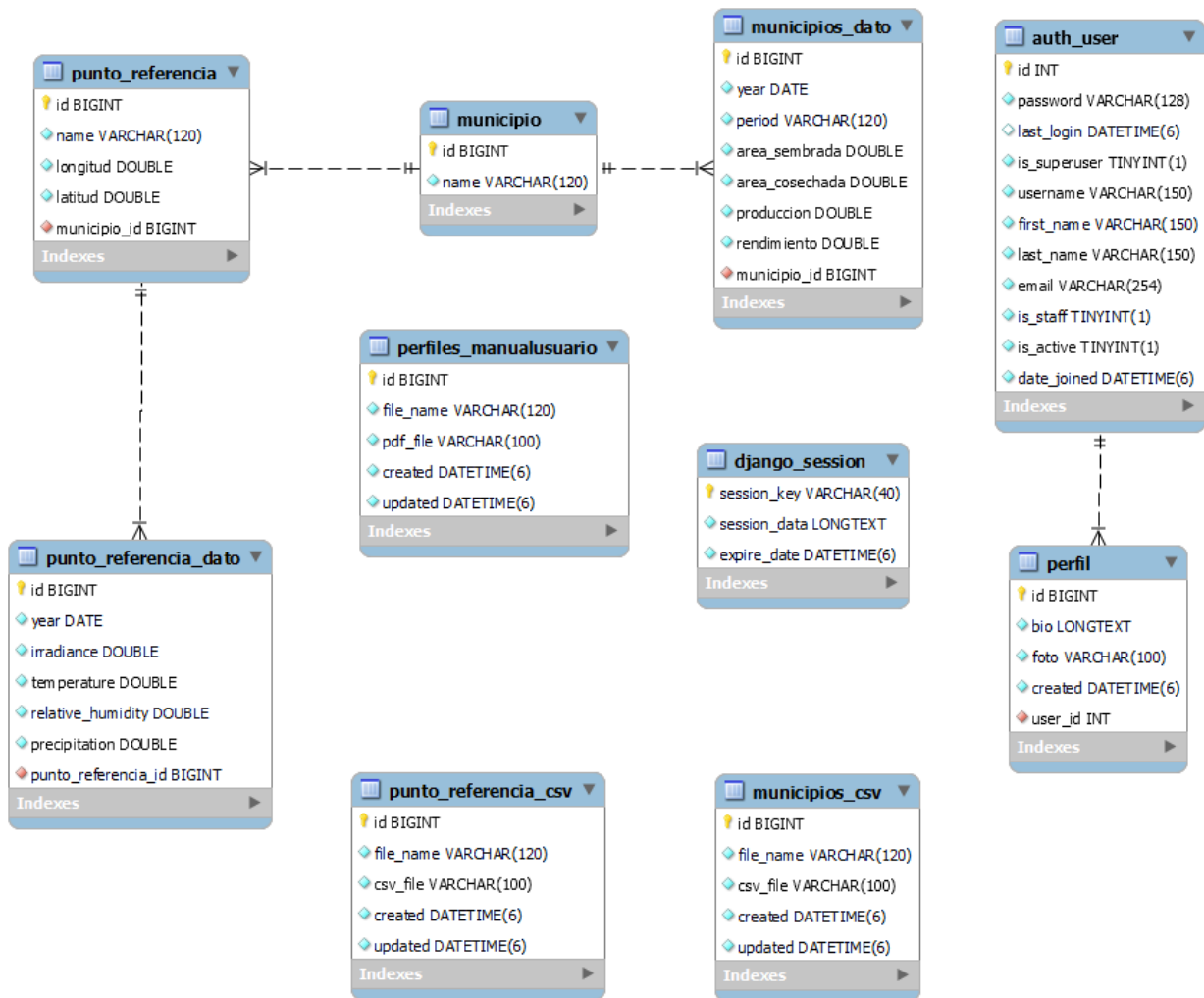


5.3.4 *Modelo de la base de datos*

Teniendo en cuenta los requerimientos planteados y los datos recolectados, se procedió a diseñar un modelo de base de datos acorde a las necesidades que surgen de estos.

**Figura 20**

*Modelo de datos*



*Nota.* La figura muestra las tablas principales de la base de datos. Se presenta el modelo de base de datos del producto final generado por medio de la herramienta MySQL Workbench.

## 5.4 Desarrollo

Durante esta etapa se construyeron los diferentes módulos del sistema a partir de los diseños realizados, con el propósito que, de esta manera, el prototipo fuese mejorando en cada versión y se cumplieran los objetivos planteados.

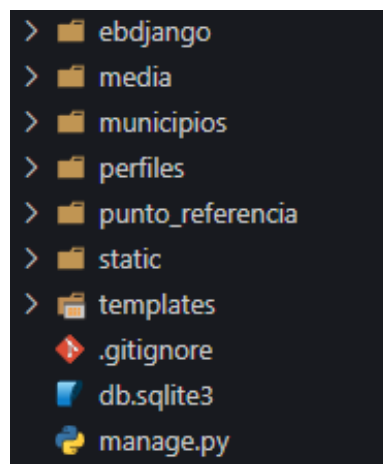
### 5.4.1 Creación del proyecto Django

Durante la creación del backend con Django, se tuvo en cuenta la arquitectura Model-View-Template definida en la etapa de Arquitectura. El proyecto Django se compone de diferentes aplicaciones, esto con el fin de darle modularidad al proyecto y dividirlo en diferentes grupos que se centren en una pieza lógica del proyecto.

El proyecto *ebdjango* se compone de tres aplicaciones: *municipios*, *puntos de referencia* y *perfiles* como se muestra en la Figura 21.

### Figura 21

*Proyecto backend*



### 5.4.2 Creación de la Base de Datos

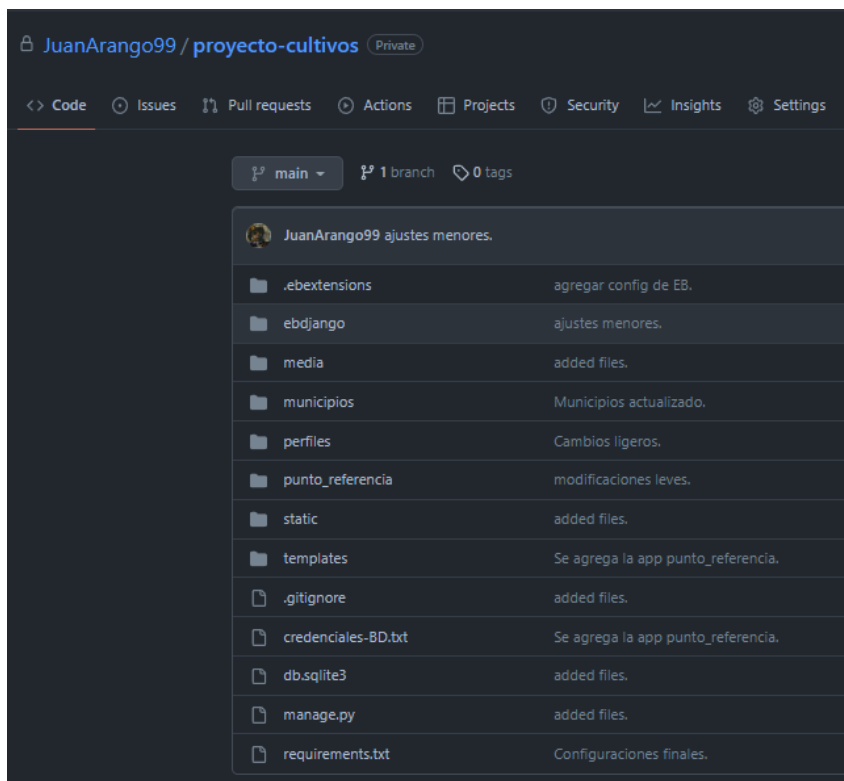
Inicialmente se trabajó con la base de datos local SQLite, la cual viene incluida con la creación del proyecto de Django. Sin embargo, debido a que el proyecto requiere ser accedido

públicamente, se creó una base de datos MySQL alojada en una instancia RDS (Relational Database Service) de Amazon Web Services (AWS).

Para conectar Django con la base de datos en la nube fue necesario indicar algunas configuraciones de seguridad dentro de AWS y las credenciales de la base de datos como los parámetros del atributo *DATABASES* que se encuentra dentro del archivo *settings.py* del proyecto.

### 5.4.3 Creación del repositorio en GitHub

Con el fin de realizar un control de versiones eficiente y tener alojado el código fuente en la nube, se creó un repositorio en GitHub con el nombre *proyecto-cultivos*. Esto permitió llevar un historial de los ajustes realizados a medida que avanzaba el desarrollo del proyecto, así como contar con una copia en caso de presentar inconvenientes con la máquina local de desarrollo. En total se realizaron 62 commits a lo largo del proyecto.



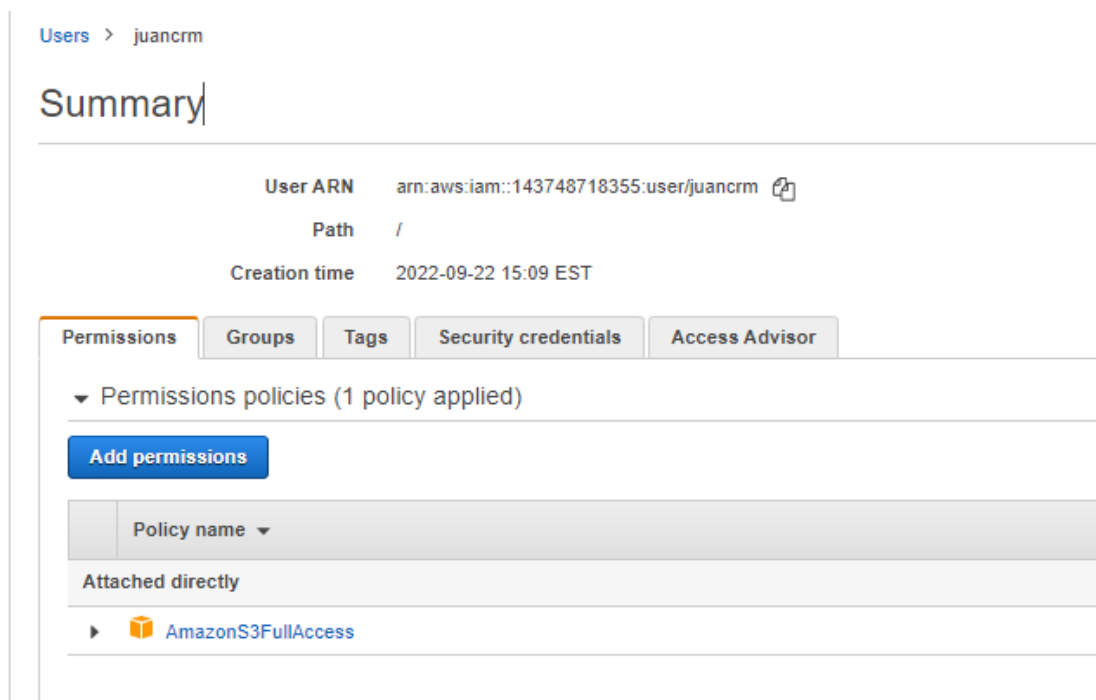
### 5.4.4 Configuración de Amazon Simple Storage Service (S3)

Para usar una cubeta de S3 como servicio de almacenamiento de archivos estáticos (imágenes, documentos, hojas de estilo, etc.) se debe iniciar con la creación de un usuario en AWS Identity Access Managements (IAM). Esto permite administrar usuarios y concederles permisos a los diferentes recursos de AWS de forma segura.

Una vez se creó el usuario, en la configuración de permisos fue necesario indicarle el permiso de *AmazonS3FullAccess* como se puede apreciar en la Figura 22. Esto fue necesario para poder acceder a la cubeta de S3 desde nuestra aplicación Django utilizando las credenciales del usuario con los permisos requeridos.

**Figura 22**

*Modificación de permisos en AWS*



Dentro del servicio de S3 se creó una cubeta con el nombre de *crops-project-bucket-1*, en la que posteriormente se modificaron los permisos *Cross-origin resource sharing (CORS)*. Esto para permitir solicitar recursos restringidos desde diferentes dominios. En este apartado se especificó lo siguiente:

```
[
  {
    "AllowedHeaders": [
      "*"
    ],
    "AllowedMethods": [
      "POST",
      "GET",
      "PUT"
    ],
    "AllowedOrigins": [
      "*"
    ],
    "ExposeHeaders": []
  }
]
```

Posteriormente se especificaron los parámetros de configuración y conexión al servicio de Amazon Simple Storage Service (S3) dentro del archivo `settings.py` del proyecto de Django. Se le indicó la llave de acceso secreta e identificación de la llave del usuario con permisos a S3 creado anteriormente, así como el nombre de la cubeta, entre otros. Esto permite que todos los archivos estáticos del proyecto se alojen en la cubeta de S3 creada y sean accedidos únicamente a través de la aplicación.

#### **5.4.5 Despliegue en AWS con Elastic Beanstalk**

Tal como se menciona en el apartado de Software y herramientas, Elastic Beanstalk permite de desplegar la aplicación en la nube de manera sencilla. Para esto, fue necesario haber instalado la CLI de Elastic Beanstalk para administrar el servicio desde nuestro repositorio local. De igual manera, el proyecto Django se trabajó dentro de un nuevo entorno virtual para evitar confundir los paquetes de Python propios del proyecto con los de la máquina local de desarrollo.

Debido a que la aplicación estará ejecutándose en una máquina remota, Elastic Beanstalk se encarga de instalar las librerías y paquetes que se usan en la máquina local. Para instalarlas en la máquina remota, Elastic Beanstalk buscará un archivo llamado *requirements.txt*. Para esto, fue necesario crear el archivo que especifica los paquetes usados en el proyecto dentro del repositorio local, lo cual, teniendo activado un entorno virtual llamado *myenv*, se realizó ejecutando el siguiente comando:

```
(myenv) ~/ebdjango pip freeze > requirements.txt
```

De forma predeterminada, Elastic Beanstalk busca un archivo llamado *application.py* para iniciar la aplicación. Dado que este archivo no se crea con el proyecto de Django, fue necesario crear un directorio llamado *.ebextensions* y dentro de él, un archivo llamado *django.config* indicando el siguiente contenido:

```
option_settings:  
  aws:elasticbeanstalk:container:python:  
    WSGIPath: ebdjango.wsgi:application
```

Con esto se especifica la ubicación del script WSGI (Web Server Gateway Interface) que utiliza Elastic Beanstalk para iniciar la aplicación.

Si bien dentro del archivo *requirements.txt* se encuentran los paquetes que se van a instalar en las instancias EC2, fue necesario indicarle a Elastic Beanstalk los paquetes relacionados con la base de datos MySQL, puesto que no se pudieron instalar de forma predeterminada los paquetes relacionados con la base de datos que se encontraban especificados en el archivo *requirements.txt*. Para esto, dentro de la carpeta *.ebextensions* se creó un archivo llamado *01\_packages.config* con el siguiente contenido:

```
packages:  
  yum:  
    python3-devel: []  
  
  mariadb-devel: []
```

Según el flujo de Elastic Beanstalk, este archivo se busca antes que *requirements.txt*, lo que permitió instalar satisfactoriamente los paquetes relacionados con la base de datos.

Más adelante se creó el entorno de la aplicación y se implementó la aplicación configurada con la ayuda de Elastic Beanstalk. Para esto se creó una aplicación en AWS llamada *django-project*, indicando la versión de Python con la que se desarrolló el proyecto. Para ello, fue necesario ejecutar siguiente comando:

```
~/ebdjango$ eb init -p python-3.8 django-project
```

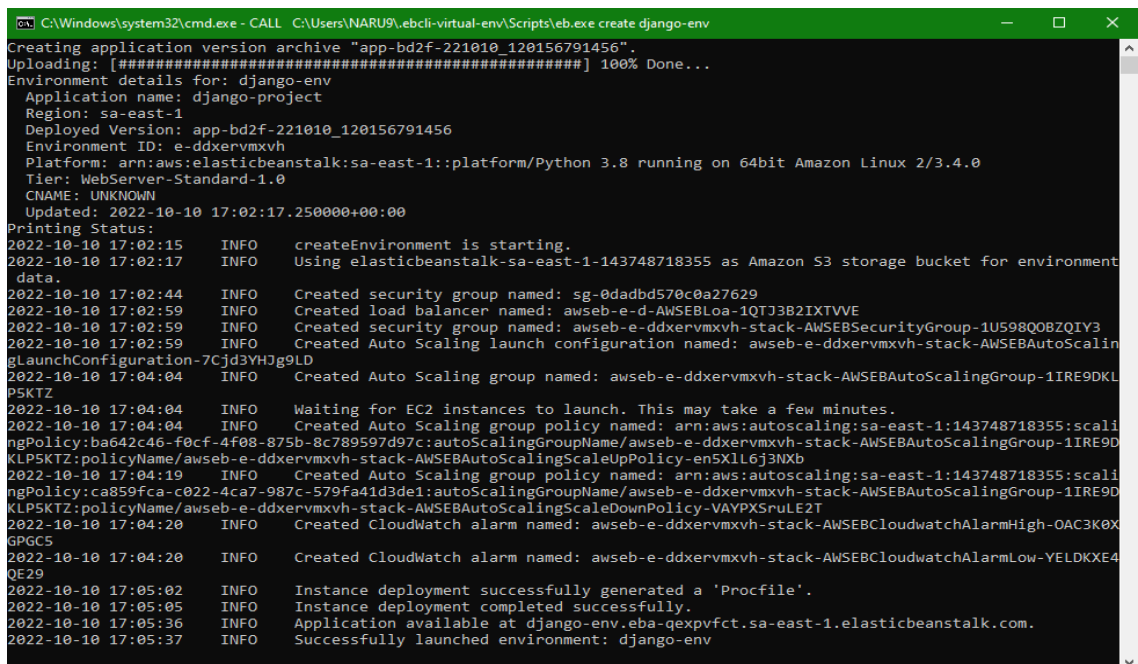
Posteriormente se creó un entorno y se implementó la aplicación en él con el comando:

```
~/ebdjango$ eb create django-env
```

Con esto se creó un entorno de Elastic Beanstalk con equilibrio de carga, así como la creación de las instancias EC2 y otros recursos necesarios para ejecutar la aplicación (ver Figura 23).

**Figura 23**

*Creación de la aplicación y entorno en AWS*



Una vez terminado el proceso de creación del entorno, se obtuvo el nombre del dominio del entorno y el estado del proceso ejecutando el comando *eb status*, tal como se puede apreciar en la Figura 24.

### Figura 24

#### *Estado del entorno en AWS*

```
(.ebcli-virtual-env) C:\Users\NARU9\ebdjango>eb status
Environment details for: django-env
Application name: django-project
Region: sa-east-1
Deployed Version: app-bd2f-221010_120156791456
Environment ID: e-ddxervmxvh
Platform: arn:aws:elasticbeanstalk:sa-east-1::platform/Python 3.8 running on 64bit Amazon Linux 2/3.4.0
Tier: WebServer-Standard-1.0
CNAME: django-env.eba-qexpvfct.sa-east-1.elasticbeanstalk.com
Updated: 2022-10-10 17:05:37.529000+00:00
Status: Ready
Health: Green
```

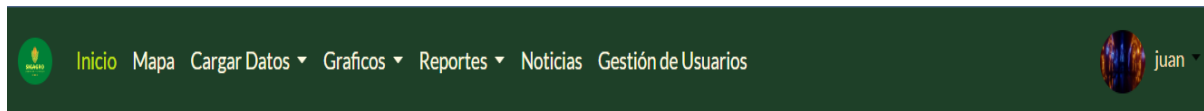
Posteriormente se modificó la configuración del proyecto de Django agregando el nombre del dominio de la aplicación (como se puede apreciar en el valor de CNAME en la Figura 24) en el atributo `ALLOWED_HOSTS` que se encuentra dentro del archivo *setting.py*. Se trata de un requisito de seguridad de Django diseñado para impedir los ataques de encabezado de Host HTTP.

Finalmente, se empaqueta el contenido del directorio del proyecto y se implementa en el entorno con el comando *eb deploy*. De esta manera, la aplicación ya se encuentra desplegada en Amazon Web Services y se puede acceder de manera pública desde la URL del proyecto: <http://django-env.eba-qexpvfct.sa-east-1.elasticbeanstalk.com/>

### 5.4.6 Vistas

#### Figura 25

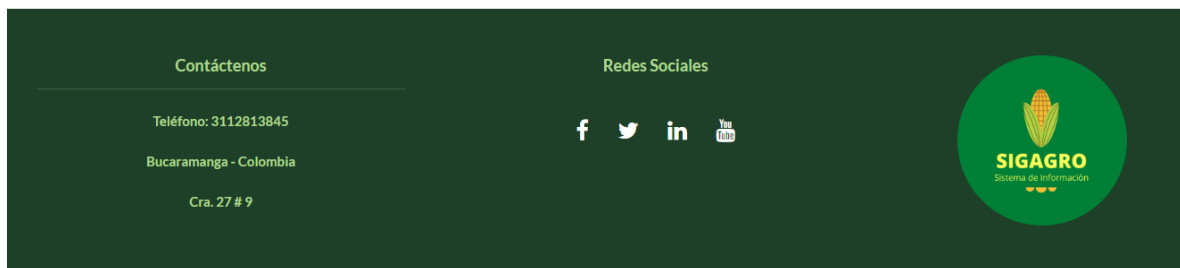
*Barra de navegación*



*Nota.* En la figura se aprecia el menú de navegación con todas las opciones de navegación disponibles. En este caso, quien tiene acceso a todos los módulos o secciones es el perfil administrador.

#### Figura 26

*Pie de página*



**Figura 27**

*Iniciar Sesión*

### Iniciar Sesión

Nombre de usuario\*

Contraseña\*

**INICIAR SESIÓN**

[¿Olvidó su Contraseña?](#)

**Figura 28**

*Recuperar Contraseña*

Por favor indique su correo electrónico.

Email\*

**ENVIAR**

**Figura 29**

*Formulario restablecer contraseña*

Contraseña\*

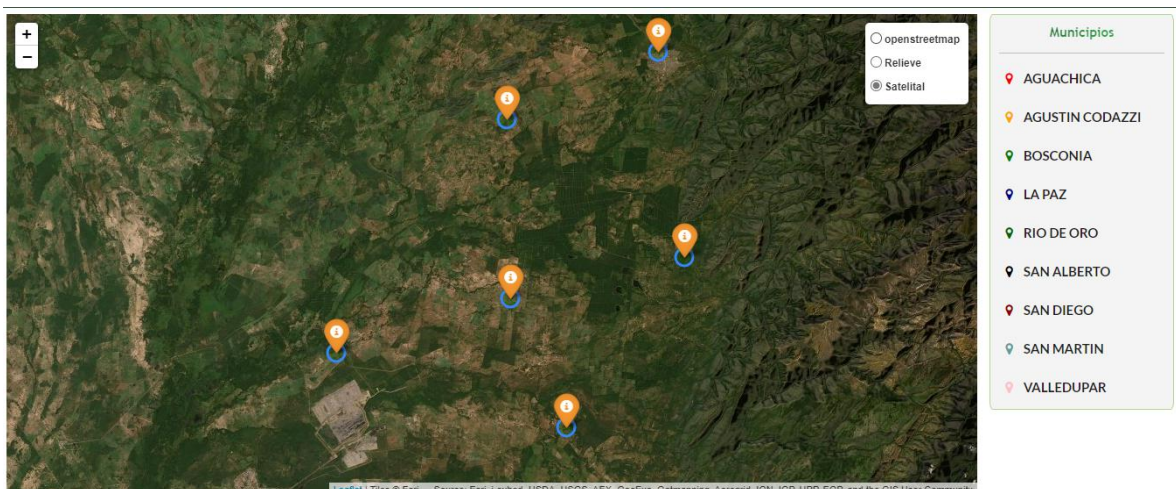
- La contraseña no puede ser similar a su información personal.
- La contraseña debe contener al menos 5 caracteres.
- La contraseña no puede ser una usada comúnmente.
- La contraseña no puede ser solamente numérica.

Confirmar Contraseña\*

RESTABLECER CONTRASEÑA

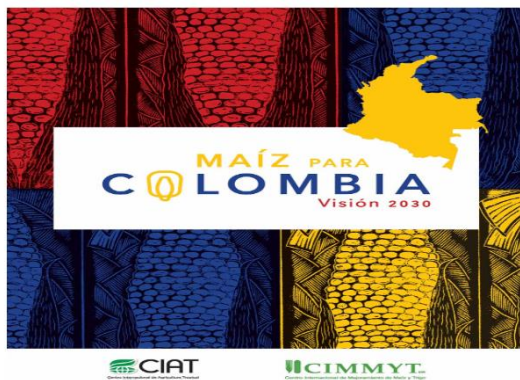
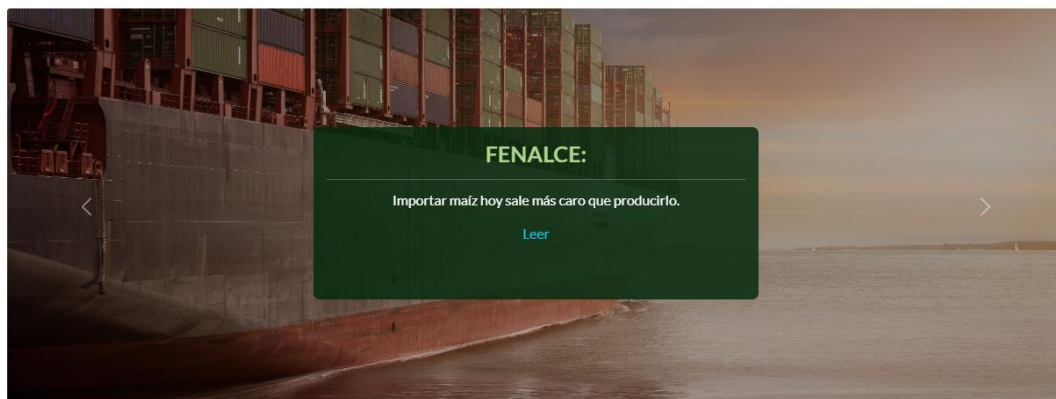
**Figura 30**

*Mapa visto desde la capa de visualización satelital*



**Figura 31**

*Sección de noticias e información de interés*



**Maíz para Colombia visión 2030**

Conozca el plan estratégico para aumentar la productividad de maíz en Colombia liderado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Entérese sobre cómo estamos, hacia donde vamos y cómo lograr un mejor futuro, accediendo al material desde el siguiente enlace.

O descarguelo en su equipo:

[Descargar](#)

**Figura 32**

*Página principal*



**Estudie el comportamiento del clima**

Observe el comportamiento histórico que han tenido las variables climáticas de Humedad Relativa, Precipitación, Radiación y Temperatura durante los últimos 40 años en un lugar específico.

Conozca y aproveche la variación de la oferta climática para optimizar el rendimiento de los cultivos. Consulte la información histórica del clima, cree gráficos interactivos, genere reportes y exportelos como CSV.

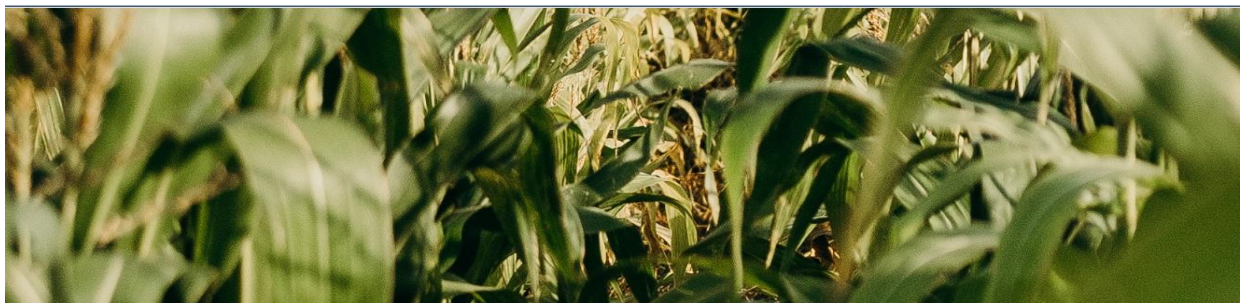
**Gestione los datos**

El prototipo de sistema de información provee un módulo para análisis estadísticos mediante el uso de paneles de control (dashboard) interactivos.



**Analice el comportamiento de las variables**

Estudie el comportamiento del rendimiento histórico que ha tenido la producción de los cultivos en su región.



**Información sobre los datos**

Los datos que se presentan en este prototipo de sistema de información contienen la información relacionada al clima promedio diario y de los cultivos de forma semestral y anual en los municipios y lugares geográficos definidos para el estudio en las zonas norte y sur del departamento de Cesar.

Los datos históricos relacionados al clima son proporcionados mediante la observación satelital por parte del centro de Investigación de Langley de la NASA a través de la división Earth Science de la agencia. Los conjuntos de datos para cada zona se obtuvieron del portal web cartográfico de fácil uso NASA POWER Data Access Viewer.

Para consultar más información Ingrese aquí.

Los datos históricos de los cultivos son proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, y fueron obtenidos de Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA, disponibles en Datos Abiertos.

**Figura 33**

*Módulo carga de datos clima*



**Figura 34**

*Módulo carga de datos cultivos*



**Figura 35**

*Módulo panel de control: Consulta de los datos del clima*

**Panel de Control: Clima**

---

Municipio\*

Punto referencia\*

Fecha Desde\*

Fecha Hasta\*

Variable\*

Buscar

**Figura 36**

*Módulo panel de control: Consulta de los datos de los cultivos*

**Panel de Control: Cultivo de Maíz**

---

Fecha Desde\*

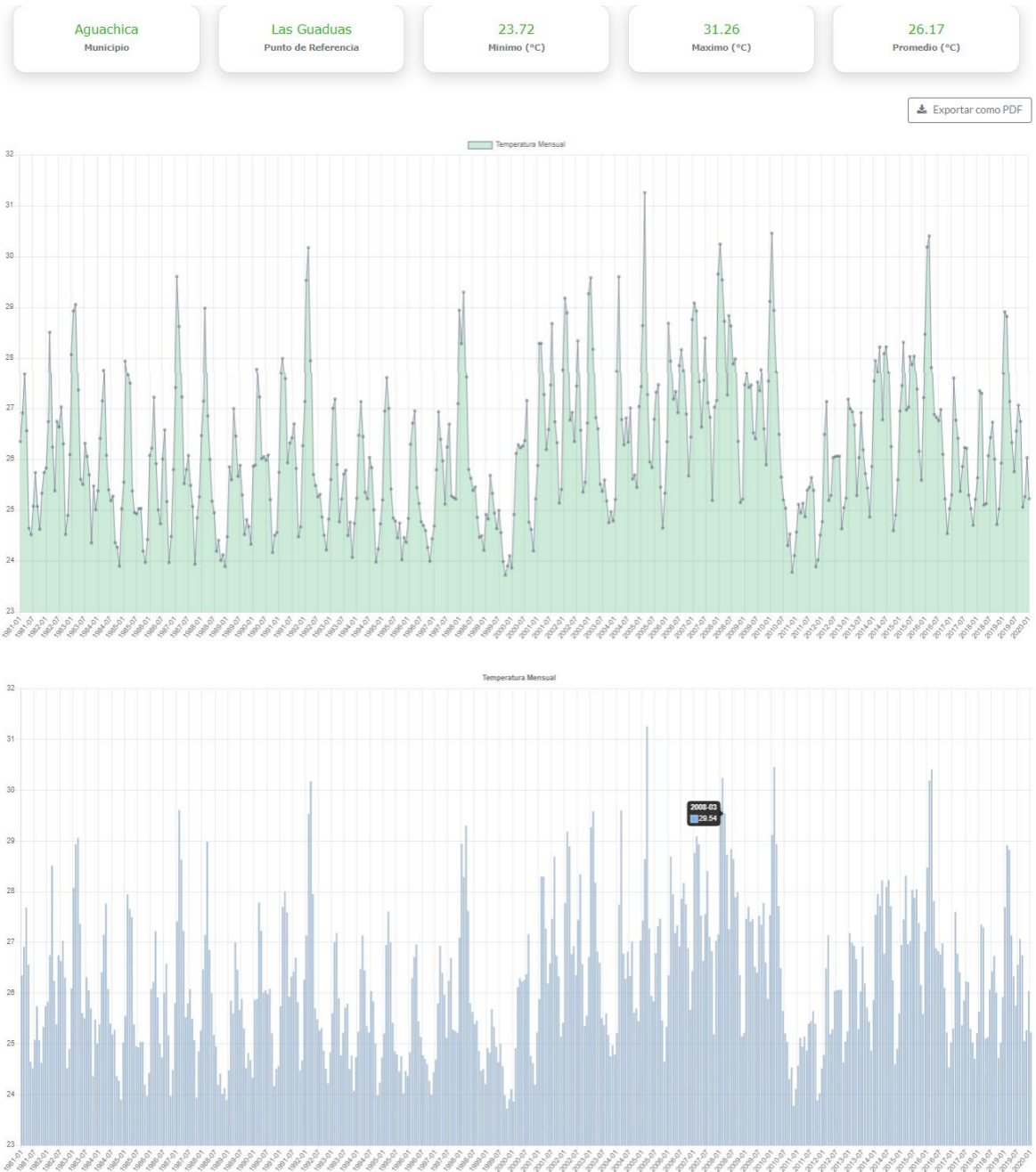
Fecha Hasta\*

Municipio\*

Consultar

Figura 37

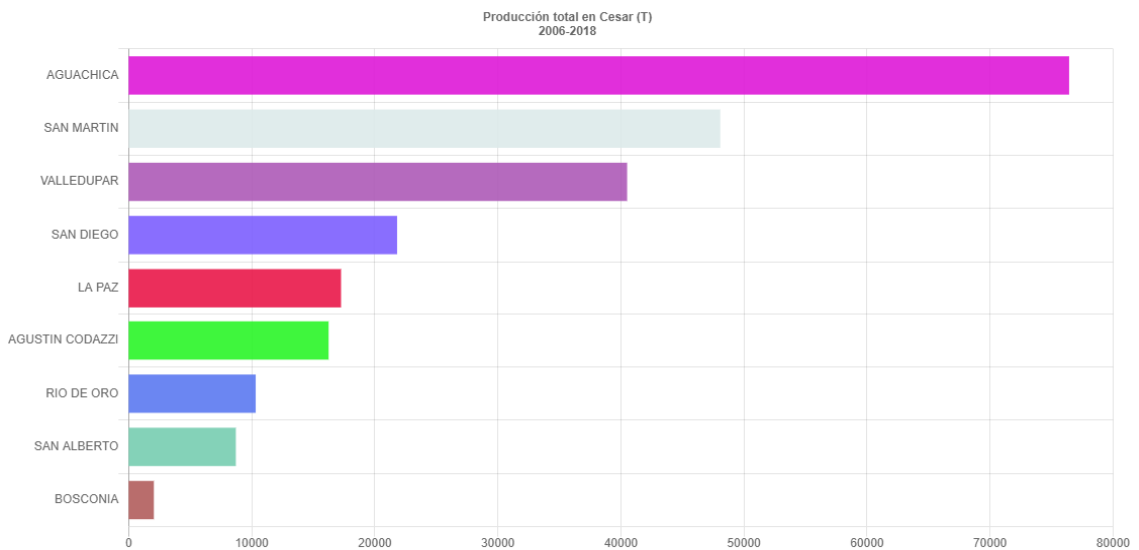
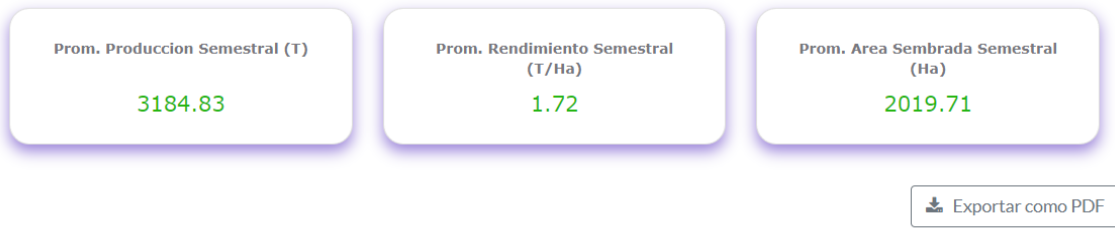
Módulo panel de control: Gráficos de los datos del clima



**Figura 38**

*Módulo panel de control: Gráficos de los datos de los cultivos*

**Aguachica ( 2006 - 2018 )**



**Figura 39**

*Módulo Agroclima*

**Clima vs Rendimiento**

Semestral

Exportar como PDF



**Figura 40**

*Módulo reportes clima*

Boletín informativo del punto de referencia Agustín Codazzi perteneciente al municipio AGUSTIN CODAZZI

Datos históricos entre 1990 y 2005

Exportar como CSV

Fecha	Radiación Solar	Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa	Punto de Referencia	Municipio
Jan. 1, 1990	15.79	21.65	0.04	68.69	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 2, 1990	16.36	21.49	0.02	69.44	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 3, 1990	17.74	21.36	0.15	69.75	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 4, 1990	19.38	22.36	0.24	70.69	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 5, 1990	18.4	21.74	0.06	71.44	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 6, 1990	20.22	21.33	0.0	67.88	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 7, 1990	21.37	20.51	0.0	65.38	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 8, 1990	20.41	20.98	0.03	63.31	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 9, 1990	20.71	20.52	0.0	65.31	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI
Jan. 10, 1990	19.41	21.08	0.0	67.38	Agustín Codazzi	AGUSTIN CODAZZI

10 primeros resultados de 5480

**Figura 41**

*Módulo reportes cultivos*

Boletín informativo del municipio SAN ALBERTO

Datos históricos entre 2006 y 2018

Exportar como CSV

Fecha	Periodo	Area Sembrada	Area Cosechada	Produccion	Rendimiento	Municipio
Jan. 1, 2006	2006B	750.0	750.0	900.0	1.20	SAN ALBERTO
Jan. 1, 2007	2007A	770.0	770.0	924.0	1.20	SAN ALBERTO
Jan. 1, 2007	2007B	790.0	790.0	790.0	1.00	SAN ALBERTO
Jan. 1, 2008	2008A	400.0	400.0	460.0	1.15	SAN ALBERTO
Jan. 1, 2008	2008B	230.0	230.0	229.0	1.00	SAN ALBERTO

5 primeros resultados de 22

**Figura 42**

*Mi perfil*

### Mi Perfil



**juan**

juan.arango2@correo.uis.edu.co

[Cambiar Contraseña](#)

Nombre de Usuario	Correo
<input type="text" value="juan"/>	<input type="text" value="juan.arango2@correo.uis.edu.co"/>
Nombre(s)	Apellido(s)
<input type="text" value="Juan"/>	<input type="text" value="Arango"/>
Foto	
<input type="button" value="Elegir archivo"/> No se ha seleccionado ningún archivo	

[Actualizar](#)

**Figura 43**

*Cambiar Contraseña*

### Cambiar Contraseña

**Contraseña Actual\***

**Contraseña Nueva\***

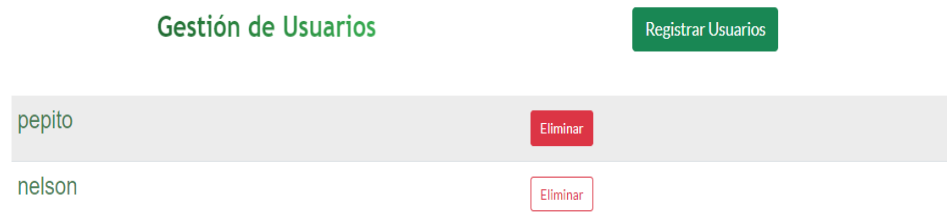
- La contraseña no puede ser similar a su información personal.
- La contraseña debe contener al menos 5 caracteres.
- La contraseña no puede ser una usada comúnmente.
- La contraseña no puede ser solamente numérica.

**Confirmar Contraseña\***

[Actualizar Contraseña](#)

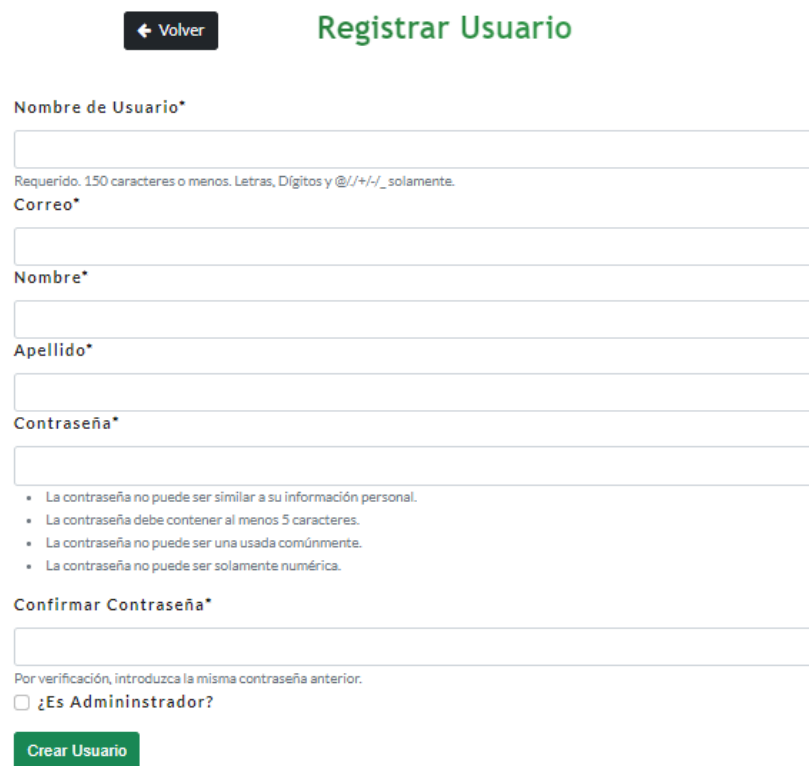
**Figura 44**

*Gestión de Usuarios*



**Figura 45**

*Registrar Usuario*





**Tabla 34**

*Prueba iniciar sesión*

<b>Iniciar Sesión</b>					
Nombre de usuario	-	User1	-	WrongUser	User1
Contraseña	Password1	-	-	WrongPassword1	Password1
Respuesta	Mensaje: “Nombre de usuario: este campo es requerido”	Mensaje: “Contraseña: este campo es requerido”	Mensaje: “Los campos son requeridos”	Por favor ingrese un nombre de usuario y/o contraseña válidos	Iniciar Sesión
Resultado	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto

**Tabla 35**

*Prueba cerrar sesión*

<b>Cerrar Sesión</b>	
Usuario	Seleccionar la opción “Cerrar sesión”, o se cierra automáticamente la sesión tras 10 minutos de inactividad.
Respuesta	Cerrar sesión del usuario
Resultado	Correcto



Respuesta	Mensaje: “Apellido s: este campo es requerido ”	Mensaje: “Nombre s: este campo es requerido ”	Mensaje: “Correo: este campo es requerido ”	Mensaje: “Nombre de usuario: este campo es requerido ”	Mensaje: “Usuario: El nombre de usuario solo puede tener números y caracteres ”	Mensaje: “Correo: Ingrese un correo válido.”	Actualiza ción de perfil
Resultado	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto

**Tabla 38**

*Prueba cambiar contraseña*

Cambiar Contraseña								
Contraseña Actual	-	password	password	mypass	password	password	password	password
Contraseña Nueva	newpass	-	newpass	newpass	newpass	pass	12345	newpass

Confirmación Contraseña Nueva	newpass	newpass	-	newpass	pass	pass	12345	newpass
Respuesta	Mensaje: “Contraseña Actual: este campo es requerido”	Mensaje: “Contraseña Nueva: este campo es requerido”	Mensaje: “Confirmación Contraseña Nueva: este campo es requerido.”	Mensaje: “Su contraseña actual es incorrecta, por favor, digítela nuevamente.”	Mensaje: “Las contraseñas no coinciden”	Mensaje: “La contraseña es muy corta. Debe contener al menos 5 caracteres.”	Mensaje: “La contraseña no puede ser enteramente numérica.”	Cambio de contraseña
Resultado	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto

**Tabla 39**

*Prueba eliminar usuario*

Eliminar Usuario	
Usuario	Seleccionar la opción de Eliminar
Respuesta	Eliminación del usuario de la base de datos
Resultado	Correcto

**Tabla 40**

*Prueba descargar reportes*

Descargar Reportes	
Usuario	Clic en “Exportar como PDF o Excel”
Respuesta	Descargar el archivo con la información consultada
Resultado	Correcto

**Tabla 41**

*Prueba visualizar panel de control o gráficos*

Visualizar gráficas	
Usuario	Clic en “Gráficos”
Respuesta	Visualizar el panel de control
Resultado	Correcto

**Tabla 42**

*Prueba visualizar mapa*

Visualizar mapa	
Usuario	Clic en “Mapa”
Respuesta	Visualizar el mapa con diferentes capas de visualización
Resultado	Correcto

**Tabla 43**

*Prueba visualizar manual de usuario*

Visualizar manual de usuario	
Usuario	Clic en “Manual de Usuario”
Respuesta	Visualizar el instructivo de manual de usuario
Resultado	Correcto

La carga de datos se implementó usando la librería Dropzone.js mencionada en el apartado de Software y herramientas, y se realizó a partir del archivo descargado de las fuentes seleccionadas. Esta librería permitió establecer algunos parámetros al momento de cargar el archivo para que fuera procesado por el backend y posteriormente almacenado en la base de datos.

Algunas de las validaciones de esta funcionalidad se definieron usando la librería mencionada, como lo son el número límite de archivos cargados a la vez (máximo 1), el tamaño máximo (5 Megabytes) y el formato de archivo (CSV).

Otras fueron validadas por el backend, donde se tuvo en cuenta que los datos del archivo contuvieran la misma estructura en su contenido, y cumplieran con la estructura de datos definida. A continuación, se pueden apreciar algunas de las validaciones que realizar el software al momento de cargar los archivos que contienen los datos.

**Figura 46**

*Validación carga de datos 1.*



*Nota.* En la figura se observa la notificación del error al momento de cargar un archivo que ya existe, por lo que lo que no es cargado por el sistema.

**Figura 47**

*Validación carga de datos 2.*



*Nota.* La figura muestra la validación al momento de cargar más de un archivo. Se puede apreciar que el sistema solamente procesó aquel archivo que se cargó de primero, mientras que el segundo no, dado que sólo se puede cargar de 1 solo archivo a la vez, notificándole así la novedad al usuario.

## 6. Conclusiones

Este proyecto tuvo como fin el desarrollo de un prototipo de sistema de información para la gestión y análisis de la información relacionada con el clima y la producción del cultivo del maíz en dos zonas productoras del departamento de Cesar. Teniendo en cuenta, los retos de sostenibilidad y competitividad que enfrenta y enfrentará el sector agrícola en Colombia, y particularmente, el papel que juega la disponibilidad, divulgación y el acceso a la información relevante por medio de las TIC.

Se identificaron un conjunto de requisitos como punto de partida para el desarrollo proyecto. Dentro de esta fase, se realizó el levantamiento de requerimientos del sistema, la selección de software y herramientas tecnológicas que se ajustaran a las necesidades encontradas, así como la recopilación de los datos con la información espaciotemporal del clima y la producción de maíz en diferentes municipios del departamento de Cesar.

Se demostró que el framework Django y la computación en la nube con la ayuda de Amazon Web Services, son herramientas poderosas que han tenido un gran crecimiento en los últimos años y cuentan con excelente soporte y documentación, que permiten crear y desplegar aplicaciones complejas de forma segura, escalables y limpias con mayor rapidez, facilitando así el trabajo de los desarrolladores de software.

Durante el diseño y el desarrollo del prototipo se logró dar forma a la estructura del sistema, el funcionamiento del software y la elaboración de los diferentes componentes del prototipo, también se validaron los requerimientos planteados mediante el desarrollo de pruebas que permitiesen identificar fallas para ser ajustadas y así obtener los resultados esperados. Finalmente, se elaboró un manual de usuario con el fin de apoyar al usuario final en la utilización del software.

Se evidenció que el desarrollo del prototipo de sistema de información web permite reunir la información histórica del clima y de la producción del cultivo de maíz en diferentes municipios productores del departamento de Cesar. De ese modo, el prototipo de sistema de información creado permite presentar la información al usuario de forma organizada y rápida mediante una interfaz amigable e intuitiva.

Adicionalmente, este sistema de información puede ampliarse y ser útil o aplicado a diferentes cultivos en ese mismo departamento y en otras zonas agrícolas del país. De ese modo, se espera que este sistema de información contribuya en el mejoramiento de la productividad agroindustrial del país.

El desarrollo de este software y su disponibilidad a los usuarios, productores y asistentes técnicos agrícolas será una herramienta de apoyo en la gestión y toma de decisiones para el gremio productor maicero en el sector agrícola si se considera el aprovechamiento de la oferta climática en las zonas productoras del departamento de Cesar, que permita realizar una planificación del cultivo para conocer la correcta adecuación de tierras, el conocimiento del estado del tiempo y las necesidades fisiológicas de los cultivos.

## 7. Recomendaciones y trabajo futuro

El software entregado como prototipo demuestra inicialmente una propuesta que puede llegar a ser refinada hasta llegar a ser un software mucho más completo. Para un positivo progreso del software, se plantean algunas recomendaciones:

- Diseñar la funcionalidad que permita acceder a los datos por medio de una conexión con la API de los proveedores de datos.
- Extender el software para incluir la información relacionada con los diferentes cultivos que se siembran en todo el país, ampliando también los puntos de observación y de estudio del clima.
- Actualización e implementación en nuevas tecnologías para el mejoramiento de la interfaz gráfica y el desarrollo de un aplicativo móvil.
- Seleccionar los servicios óptimos que ofrece el proveedor de computación en la nube a medida que el software crece.
- Creación de nuevos módulos relacionados con el análisis de las variables, así como la predicción del comportamiento de las variables climáticas y de los cultivos.

### Referencias

- Amazon Web Services. (s.f). Amazon EC2. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/ec2/>
- Amazon Web Services. (s.f). Amazon RDS. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/rds/>
- Amazon Web Services. (s.f). Amazon S3. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/s3/>
- Amazon Web Services. (s.f). AWS Elastic Beanstalk. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/elasticbeanstalk/>
- Amazon Web Services. (s.f). Implementación de una aplicación Django en Elastic Beanstalk. Obtenido de [https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/elasticbeanstalk/latest/dg/create-deploy-python-django.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/elasticbeanstalk/latest/dg/create-deploy-python-django.html)
- Amazon Web Services. (s.f). Install the EB CLI. Obtenido de <https://docs.aws.amazon.com/elasticbeanstalk/latest/dg/eb-cli3-install.html>
- Beynon-Davies, P. (2018). Sistemas de Información. En *Sistemas de Información: Introducción a la informática en las organizaciones* (p. 5, p. 71). Editorial Reverte.
- Buitrago, J., Cadena, M. (2018). Zonificación de áreas productoras agrícolas y pecuarias como insumo para la elaboración de boletines de seguimiento, pronóstico y predicción climática enfocados a la planificación de la actividad agropecuaria. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA. Página 37.
- Chaturvedi, J. (2019). Brief introduction to Django MVT framework. Medium. Obtenido de: <https://medium.com/@jaychaturvedi18/a-brief-introduction-to-django-mvt-framework-8ef46cc321ab>

- Corrales, A., Acevedo, O., Vanegas H., Polania, F. (2007). Maíz en la zona cafetera: instructivo técnico. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19425>.
- Earl, H. (2015). Fisiología del Alto Rendimiento. Conferencia del 4° Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas. Intagri. México.
- FAO. (2006). Food Security Concept Note. Fao.org. Obtenido de: [https://www.fao.org/fileadmin/templates/faoitally/documents/pdf/pdf\\_Food\\_Security\\_Cocept\\_Note.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/faoitally/documents/pdf/pdf_Food_Security_Cocept_Note.pdf)
- FAO. (2017). La Estrategia de la FAO sobre el Cambio Climático. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/i7175s/i7175s.pdf>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce). (2022). Estadísticas: Área, Producción y Rendimiento (APR). Obtenido de: <https://fenalce.co/estadisticas/>
- Govaerts, B.; et al. Maíz para Colombia visión 2030. (2019). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de: <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20218>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA. (2017). Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). Atlas Climatológico. Obtenido de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. pp. 541-562. doi: 10.1017/9781009157940.008.
- Ismail, H., Kamal, M. R., bin Abdullah, A. F., & bin Mohd, M. S. F. (2020). Climate-Smart Agro-Hydrological Model for a Large-Scale Rice Irrigation Scheme in Malaysia. *Applied Sciences*, 10(11), 3906. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/app10113906>
- Jones, P., Thornton, P. (2003) The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055, Pages 51-59. doi: 10.1016/S0959-3780(02)00090-0
- Joy, A. (2019). Difference between MVC and MVT Patterns. Pythonista Planet. Recuperado de: <https://pythonistaplanet.com/difference-between-mvc-and-mvt/>
- Li, Z. et al. (2013). A High-Performance Web-Based System for Analyzing and Visualizing Spatiotemporal Data for Climate Studies. In: Liang, S.H.L., Wang, X., Claramunt, C. (eds) Web and Wireless Geographical Information Systems. W2GIS 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7820. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37087-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37087-8_14)
- Maida, EG, Pacienza, J. (2015). Metodologías de desarrollo de software. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon”. Universidad Católica Argentina.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA. [Conjunto de Datos]. Sector Agricultura y Desarrollo Rural. Datos Abiertos. Disponible en: <https://www.datos.gov.co/d/2pnw-mmge>.
- Nelson, G. C., et al. (2009). Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). doi: <http://dx.doi.org/10.2499/0896295354>.
- OECD/FAO (2020). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029, OECD Publishing, Paris. doi: <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>.
- Otero, P. & Polanía, F. (2002). El cultivo del maíz en Córdoba. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12609>
- Perez Marulanda L, Blundo Canto G, Gärtner Vargas C, Giraldo Mendez D. (2016). Estado del arte de los productos de información climática en Colombia. CCAFS Documento de Trabajo no. 168. Cali, Colombia: Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS). Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/72433>.
- Sebestyén, Viktor & Czvetko, Timea & Abonyi, János. (2021). The Applicability of Big Data in Climate Change Research: The Importance of System of Systems Thinking. *Frontiers in Environmental Science*. DOI: 10.3389/fenvs.2021.619092.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA. (2018). Cultivo Comercial de Maíz Tecnificado de Clima Cálido - Identificación de Zonas Aptas para Colombia, a escala 1:100.000. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11438/8644>
- United Nations. (2019). Cumbre de la ONU sobre la Acción Climática ONU 2019. Recuperado de: <https://www.un.org/es/climatechange/2019-climate-action-summit>

United Nations. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change.

Obtenido de:

[https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)

Vanegas, H. (2021). En qué momento el maíz importado perdió su competitividad frente

al maíz local: ahora sale más caro que el producido aquí. Federación Nacional de

Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya. Recuperado de:

[https://www.fenalce.org/archivos/importar\\_maiz\\_hoy\\_sale\\_mas\\_carro\\_que\\_producirlo.pdf](https://www.fenalce.org/archivos/importar_maiz_hoy_sale_mas_carro_que_producirlo.pdf)

Xin-Guang Zhu, Stephen P Long, Donald R Ort. (2008). What is the maximum efficiency

with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?. Current Opinion

in Biotechnology. doi: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.02.004>.

## Apéndices

### Apéndice A. Manual de Usuario

Versión: 1.0 (diciembre de 2022)



*Portada manual de usuario*

### 1. Descripción del software

El Sistema de Información para la Gestión del Agroclima (SIGAGRO) es un sistema de información enfocado al sector agrícola. SIGAGRO pretende brindarles a los actores de la cadena productiva una herramienta en línea que les permita acceder a la información relacionada con el clima para su aprovechamiento en zonas productoras de diferentes cultivos a nivel nacional.

El prototipo de sistema de información le permite a los usuarios gestionar la información histórica del clima en diferentes puntos geográficos y de la producción del maíz en varios municipios, de la misma manera que da la facultad de gestionar usuarios para su acceso al sistema. También permite la visualización de gráficas, estadísticas, generación de reportes en formatos PDF y CSV, conocer noticias e información de interés adicional, así como la predicción del clima a

través del portal de pronósticos y aletas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), entre otras.

## **2. Usuarios y Permisos**

El Sistema de información cuenta con 3 tipos de usuarios y difieren en cuanto a los permisos que tienen dentro de la plataforma.

### **2.1. Administrador**

El usuario administrador es quien se encarga del manejo de la plataforma, así como la manipulación de información delicada. Es el usuario con el nivel de permisos más alto y cuenta con acceso a todos los módulos y funcionalidades del sistema, y a diferencia de otros usuarios, al administrador se le permite:

- Creación y Eliminación de usuarios de la plataforma.
- Acceso al panel de administración de la plataforma.
- Cargue masivo de los datos del clima y de los cultivos.

### **2.2. Usuario del Sistema**

Los usuarios del sistema son aquellos miembros de alguna organización o gremio a quienes está dirigido el uso del sistema de información. Los usuarios del sistema no deberán registrarse en la plataforma, puesto que a ellos se les ha asignado previamente unas credenciales únicas para hacer uso de la plataforma. Los usuarios autenticados podrán acceder a los módulos de visualización de gráficas, el mapa con la indicación de los puntos de referencia de las tomas de datos, estadísticas, noticias e información de interés, y generación de reportes en formato CSV y PDF.

### 2.3. Visitante

Es todo aquel usuario que se dirige a la URL del sistema de información y no se encuentra autenticado. Los visitantes de la plataforma sólo podrán visitar la página de bienvenida y leer su contenido, así como visualizar los puntos de referencia de las tomas de datos visualizados en el módulo del mapa, y la sección de noticias e información de interés.

### 3. Iniciar Sesión

En caso de no estar autenticado, el usuario podrá iniciar sesión dando clic en la parte superior derecha de la pantalla, donde le aparecerá la opción para iniciar sesión. Allí el usuario ingresará su nombre de usuario y su contraseña, finalmente deberá dar clic en el botón verde que dice “Iniciar Sesión”. Paso seguido, el sistema validará esta información redirigiendo al usuario a la página de inicio.

### Iniciar Sesión



Formulario de inicio de sesión con los siguientes elementos:

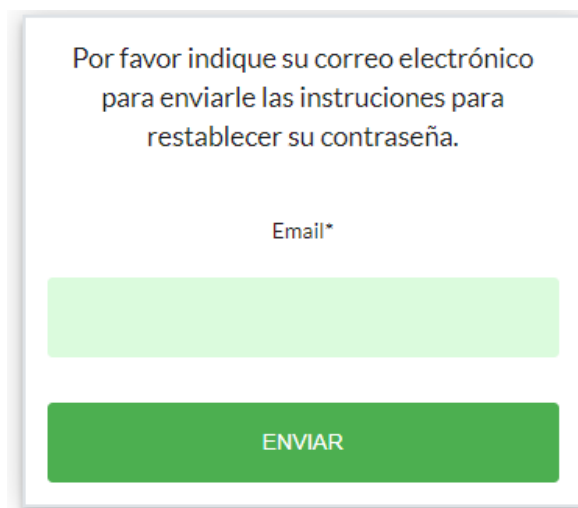
- Etiqueta "Usuario\*" con un cursor de texto.
- Caja de entrada de texto para el usuario.
- Etiqueta "Contraseña\*" con un cursor de texto.
- Caja de entrada de texto para la contraseña.
- Botón verde con el texto "INICIAR SESIÓN".
- Enlace azul con el texto "¿Olvidó su Contraseña?".

*Iniciar sesión*

#### 4. Recuperar Contraseña

En caso de que el usuario olvide su nombre usuario o su contraseña, podrá recuperarlos de la siguiente forma:

- Dirigirse al inicio de sesión.
- Dar clic en “¿Olvidó su contraseña?”
- El sistema le pedirá que indique su correo electrónico asociado a su usuario para enviarle un correo con las instrucciones para restaurar su contraseña.




Por favor indique su correo electrónico para enviarle las instrucciones para restablecer su contraseña.

Email\*

ENVIAR

*Formulario recuperación de contraseña*

Al suministrar su correo y enviar el formulario, se le pedirá que revise su correo. Revise en su bandeja de entrada o de “Correos no deseados” o “Spam” un correo por parte de *sigagros@gmail.com* donde podrá verificar su nombre de usuario y una URL que lo redirigirá al formulario para restablecer su contraseña al momento de hacer clic sobre ella:

 sigagros@gmail.com  
Para:

You're receiving this email because you requested a password reset for your user account at localhost:8000.

Please go to the following page and choose a new password:

<http://localhost:8000/password-reset/confirm/Mzl/bbqnbh-6a47ce0a0494a489e8de1fdf0805c434>

Your username, in case you've forgotten: testuser

Thanks for using our site!

The localhost:8000 team

*Envío de correo para restauración de contraseña*

Finalmente podrá ingresar la nueva contraseña con la que se podrá autenticar en el sistema:

Nueva Contraseña\*

- Tu contraseña no puede ser similar a tu otra información personal.
- Tu contraseña debe contener al menos 4 caracteres.
- Tu contraseña no puede ser una usada comunmente.
- Tu contraseña no puede ser enteramente numérica.]

Confirmar Nueva Contraseña\*

RESTABLECER CONTRASEÑA

*Formulario restablecer contraseña*

## 5. Perfil

Si desea actualizar los datos de su perfil como su foto, correo, contraseña y demás, deberá estar autenticado en el sistema y se dirigirá al módulo “*Mi Perfil*” dando clic en su nombre de usuario o foto ubicados en la esquina superior derecha. Podrá observar un formulario donde podrá ingresar los datos que quiere cambiar y dará clic en el botón “*Actualizar*” para guardar sus datos. De igual forma, si quiere cambiar su contraseña deberá dirigirse al botón “*Cambiar Contraseña*” y diligenciar los datos solicitados.

## 6. Visualización de datos

Los usuarios podrán acceder al módulo de gráficos ingresando a la opción de *Gráficos* que se encuentra en la barra de navegación. De acuerdo con su necesidad, el usuario podrá visualizar los diferentes paneles de control de:

- El Clima
- Los Cultivos
- Agroclima: Relación de las variables climáticas sobre los cultivos

Cada una de las páginas tiene un formulario muy intuitivo con el que, tras ingresar los datos requeridos, se mostrarán las diferentes gráficas interactivas. En cada uno de los módulos se podrán exportar los gráficos como PDF.

## 7. Generación de Reportes

Este módulo le brinda al usuario la información relacionada al clima y a los cultivos dirigiéndose a *Reportes* en la barra de navegación. De acuerdo con el tipo de información requerida, el usuario será redirigido a su respectivo módulo donde encontrará un formulario de búsqueda muy intuitivo. Al realizar la consulta verá una tabla con los primeros resultados de su

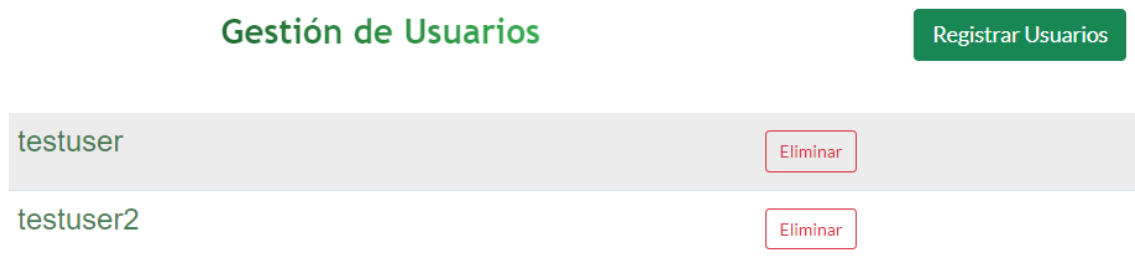
búsqueda, esto con el fin de que el usuario pueda asegurarse de los resultados de la búsqueda se ajustan a sus necesidades. También encontrará la opción de exportar los datos en formato CSV.

### 8. Administración

El administrador del sistema cuenta con permisos especiales para gestionar usuarios y los datos del sistema. Es el usuario administrador mediante el uso de la plataforma quien puede crear y eliminar los usuarios que tienen acceso a los diferentes módulos del sistema, así como la carga masiva de los datos del clima y los cultivos a partir de los archivos indicados. Sin embargo, desde la administración de Django puede gestionar el contenido del sistema de forma más amplia y sin restricciones.

### 9. Gestión de Usuarios

Un usuario administrador podrá dirigirse a “*Gestión de Usuarios*” ubicado en la barra de navegación. Una vez en el módulo, podrá visualizar a manera de lista, los usuarios con los que cuenta el sistema y al ubicarse sobre alguno de ellos, podrá visualizar la información relacionada a cada usuario dando clic sobre su nombre de usuario, o bien, eliminarlo completamente de la plataforma dando clic en el botón “*Eliminar*”. Para crear un nuevo usuario en la plataforma, deberá dirigirse a la opción “*Registrar Usuarios*”, en él encontrará un formulario en el que se solicitan los datos del nuevo usuario, así como la opción para indicar si el nuevo usuario tendrá permisos de administración.



*Módulo de gestión de usuarios*

## 10. Descarga de Datos

Debido a que uno de los objetivos del sistema de información es el acceso a la información histórica relacionada con el clima y los cultivos de cierto lugar, los dos grupos de datos se podrán descargar de las siguientes maneras:

### 10.1. Datos Cultivos

Los datos relacionados con el cultivo de maíz son obtenidos de la plataforma *Datos Abiertos*. Son información pública dispuesta en formatos que permiten su uso y reutilización bajo licencia abierta y sin restricciones legales para su aprovechamiento. Los datos de los cultivos se obtienen de *Evaluaciones Agropecuarias Municipales* y contienen la información histórica relacionada con la producción agrícola Nacional entre 2006 y 2018, y son proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

Para descargar este conjunto de datos, hay que acceder al enlace <https://www.datos.gov.co/d/2pnw-mmge> y dirigirnos al botón que dice *Exportar*, finalmente escogemos el formato del archivo, en este caso es CSV.

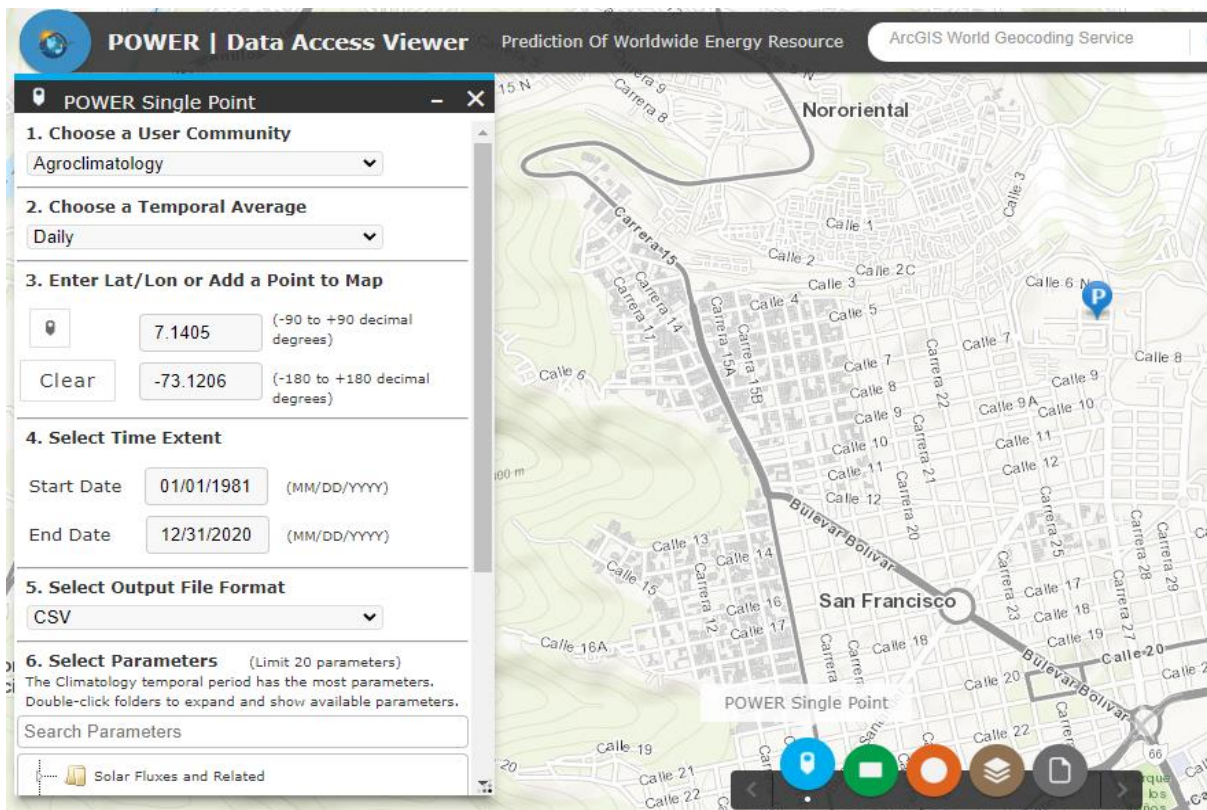


*Página de Evaluaciones del conjunto de datos Evaluaciones Agropecuarias Municipales*

Finalmente tendremos un contenido similar al siguiente:



Una vez tengamos el formulario, lo diligenciamos de la siguiente manera:

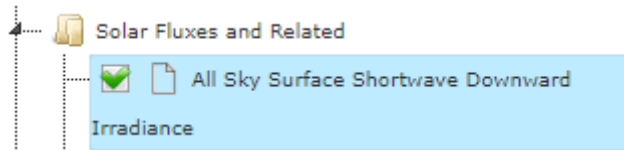


*Ejemplo ilustrativo del formulario.*

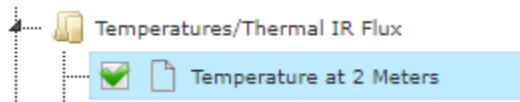
- a) Choose a User Community: Es el propósito relacionado que tienen los datos a consultar.  
Escogemos: *Agroclimatology*
- b) Choose a Temporal Average: Es el promedio temporal. Escogemos: *Daily*
- c) Enter Lat/Lon or Add a Point to Map: Son las coordenadas geográficas o el punto de referencia.  
Con el botón que se encuentra dentro de este campo podemos escoger un punto específico de donde queremos obtener los datos, o bien, si conocemos sus coordenadas geográficas ingresamos su latitud y longitud.
- d) Select Time Extent: Se selecciona el rango de tiempo, este proyecto observa el comportamiento de los últimos 40 años. Ingresamos el rango de tiempo entre '01/01/1981' hasta '12/31/2020'.
- e) Select OutputFile Format: El tipo de archivo de salida. Escogemos *CSV*.

f) Select Parameters: Son los parámetros o las variables climáticas y debemos seleccionar todas aquellas que queremos descargar. Este proyecto cuenta con Radiación Solar, Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación. Las escogemos de la siguiente forma:

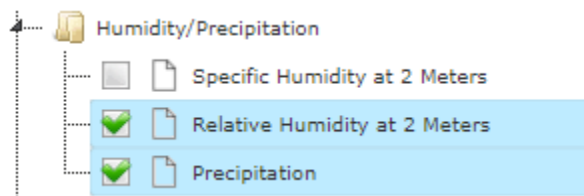
- Radiación Solar



- Temperatura



- Humedad Relativa y Precipitación



Debajo de la selección de los parámetros encontramos el botón “Submit”. Damos clic sobre él, esperamos a que cargue y finalmente nos permitirá descargar los datos dando clic en el botón debajo de *Output Files*.



*Paso final para obtener los datos.*

Nos encontraremos con un archivo CSV con un contenido similar al siguiente:

-BEGIN HEADER-			
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Daily Data			
Dates (month/day/year): 01/01/1981 through 12/31/2020			
Location: Latitude 8.1516 Longitude -73.6914			
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 432.44 meters			
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999			
Parameter(s):			
ALLSKY_SFC_SW_DWN	CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (MJ/m^2/day)		
T2M	MERRA-2 Temperature at 2 Meters (C)		
RH2M	MERRA-2 Relative Humidity at 2 Meters (%)		
PRECTOTCORR	MERRA-2 Precipitation Corrected (mm/day)		
-END HEADER-			
YEAR,DOY,ALLSKY_SFC_SW_DWN,T2M,RH2M,PRECTOTCORR			
1981,1,-999.0,24.97,73.31,0.16			
1981,2,-999.0,25.36,71.31,0.02			
1981,3,-999.0,25.98,64.81,0.01			
1981,4,-999.0,25.83,68.12,0.01			

*Contenido del archivo descargado*

Para encontrar más información sobre la plataforma POWER Data Access y la descripción de los diferentes parámetros puede ingresar a <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/> y <https://power.larc.nasa.gov/#resources>

### 11. Cargue de Datos

El registro de datos se hará de forma masiva a partir del cargue de archivos en formato CSV con la estructura dada por las fuentes de los datos. El sistema de información cuenta con dos módulos de cargue de datos, uno para los datos relacionados con el clima y el otro para los datos relacionados con el cultivo.

#### 11.1. Datos Cultivos

Para cargar los datos relacionados con los cultivos, el administrador deberá dirigirse a *Cargar Datos* en la barra de navegación y seleccionar *Cargar Datos Cultivo*. Posteriormente se

carga o arrastra el archivo a su lugar respectivo. Para guardar la información debe dar clic en el botón *Guardar*. Al momento de subir el archivo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Sólo se puede cargar un único archivo a la vez.
- Sólo se admite el formato CSV descargado de *Datos Abiertos*.
- Datos del cultivo.

### **11.2. Datos Clima**

Para cargar los datos relacionados con el clima, el administrador deberá dirigirse a *Cargar Datos* en la barra de navegación y seleccionar *Cargar Datos Clima*. Posteriormente se debe seleccionar el municipio al que hace parte el punto de referencia, y se carga o arrastra el archivo a su lugar respectivo. Para guardar la información debe dar clic en el botón *Guardar*. Al momento de subir el archivo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Sólo puede cargar un archivo a la vez.
- El archivo sólo se permite en formato CSV.
- Debido a que se pretenden tomar diferentes puntos de referencia para el estudio del clima, se debe escoger el municipio al que hacen referencia estos lugares.
- Las opciones de los municipios aparecerán una vez se haya cargado el archivo relacionado con los datos de los cultivos.
- El nombre del archivo que se va a cargar contenga en su nombre de archivo el nombre del punto de referencia o lugar de toma de datos. Esto con el fin de facilitarle al usuario la búsqueda de cierto punto de referencia. Se pide nombrar al archivo con el nombre del punto de referencia, pues así lo almacenará el sistema. En caso de tener espacios, se debe separar las palabras con un guion bajo. Por ejemplo: Las\_Guaduas