

**SIMULADOR WEB PARA EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA
CAÑA DE AZÚCAR Y DE LAS ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE LOS
PRODUCTOS DEL CULTIVO (SUGAR CANE)**

OSCAR MAURICIO BANDERAS TRIANA

ID: 232595

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMATICA
BUCARAMANGA**

2021

**SIMULADOR WEB PARA EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA
CAÑA DE AZÚCAR Y DE LAS ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE LOS
PRODUCTOS DEL CULTIVO (SUGAR CANE)**

**OSCAR MAURICIO BANDERAS TRIANA
ID: 232595**

PROYECTO DE GRADO

**DIRECTOR
URBANO ELIÉCER GÓMEZ PRADA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMATICA
BUCARAMANGA**

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerza para continuar en este proceso de obtener mi título profesional.

A mi madre por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en quien soy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos como mis docentes en el transcurso de estos años.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarme a lo largo de la existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi madre: Esmeralda Triana Sánchez, por ser el principal promotor de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecemos a todos mis docentes de la Escuela de Ingeniería de sistemas e informática de la Universidad Pontificia Bolivariana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al master Urbano Eliécer Gómez tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y muy especialmente a la Docente Angélica Flórez Abril, que aunque ya no se encuentre con nosotros, siempre fue un ejemplo como profesional y ser humano además de una gran guía que promovía el conocimiento real en sus alumnos pero siempre brindando una mano amiga, jamás olvidare sus enseñanzas.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	RESUMEN DEL PROYECTO	10
2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.2	JUSTIFICACIÓN	12
2.3	METODOLOGÍA	14
2.3.1	Análisis de requisitos del sistema y del software	14
2.3.2	Diseño.....	15
2.3.3	Implementación o desarrollo	17
2.3.4	Prueba o verificación	17
2.3.5	Mantenimiento.....	17
2.3.6	Políticas de uso	18
3	OBJETIVOS.....	19
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	19
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4	MARCO TEÓRICO	20
4.1	Caña Panelera	20
4.2	Constituyentes de la caña.....	20
4.3	Biocombustibles sólidos	20
4.4	Biocarburantes	21
4.5	Alcohol carburante.....	21
4.6	Producción de bioetanol.....	21
4.7	Comportamiento agroindustrial de variedades de caña de azúcar en la región de Santander	23
4.8	Isoproductividad en la variedad de caña.....	25
4.9	Variedades potenciales	26
4.9.1	Variedad CC 93-7510	26
4.9.2	Variedad CC 91-1555	28
4.9.3	Variedad CC 92-2198	29
4.10	Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica.....	31

4.11	Modelos de simulación	32
5	RESULTADOS.....	35
5.1	Requerimientos	35
5.1.1	Requerimientos funcionales	35
5.1.2	Requerimientos No funcionales.....	39
5.2	Diagramas de Casos de Uso.....	43
5.2.1	Generar nueva simulación	43
5.2.2	Gestionar simulaciones.....	44
5.2.3	Administrar usuarios	45
5.2.4	Iniciar de sesión.....	46
5.3	Diagramas de secuencia.....	48
5.3.1	Generar nueva simulación	48
5.3.2	Gestionar simulaciones.....	49
5.3.3	Administrar usuario	50
5.3.4	Iniciar sesión.....	51
5.3.5	Registrar usuario.....	52
5.4	Diseño de interfaces.....	53
5.4.1	Inicio de sesión, registro y recuperación	53
5.4.2	Nueva Simulación	55
5.4.3	Administrar Usuarios.....	58
5.4.4	Gestionar Simulaciones	60
5.4.5	Parámetros del escenario	62
5.5	Diagramas de base de datos	63
5.6	Implementación del software.....	65
5.6.1	Aspectos técnicos del sistema.....	72
5.7	Verificación del software	73
6	CONCLUSIONES.....	76
7	BIBLIOGRAFIA	77

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Participación de la producción de panela por departamento.	10
Ilustración 2. Precios promedio anuales y arancel de azúcar 2015 – 2018	12
Ilustración 3. Proceso de producción BioEtanol.....	22
Ilustración 4. Diag. de Prod. de alcohol carburante a partir de biomasa lignocelulósica.	23
Ilustración 5. Variables agronómicas evaluadas en 10 variedades en una finca.....	24
Ilustración 6 Isoproductividad en 10 variedades promisorias	25
Ilustración 7 Etapas para la obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica.....	31
Ilustración 8 : Energía consumida en la producción de etanol anhidro	32
Ilustración 9 Generar nueva Simulación – Caso de Uso	43
Ilustración 10 Gestionar simulaciones – Caso de uso	44
Ilustración 11 Administrar usuarios – Caso de uso.....	45
Ilustración 12 : Iniciar sesión – Caso de uso	46
Ilustración 13 Registro de nuevo usuario - Caso de uso.....	47
Ilustración 14 Generar nueva simulación – Secuencia	48
Ilustración 15 Gestionar simulaciones – Secuencia.....	49
Ilustración 16 Administrar usuarios – Secuencia.....	50
Ilustración 17 Iniciar sesión – Secuencia.....	51
Ilustración 18 Registrar usuario – Secuencia.....	52
Ilustración 19 Inicio de sesión - Vista.....	53
Ilustración 20 Registro – Vista	54
Ilustración 21 Recuperar contraseña - Vista	54
Ilustración 22 Nueva simulación - Vista.....	55
Ilustración 23 Resultados de simulación - Vista.....	56
Ilustración 24 Tabla comparativa – Vista.....	57
Ilustración 25 Registro de Usuarios - Asesor y súper usuario - Vista.....	58
Ilustración 26 Detalle de usuarios - Vista	59
Ilustración 27 Registro de simulaciones - Vista.....	60
Ilustración 28 Histórico de modificaciones - Vista.....	61
Ilustración 29 Guía de parámetros del suelo – Vista	62

Ilustración 30 Modelo de base de datos.....	64
Ilustración 31 Arquitectura del software.....	65
Ilustración 32 Estructura de implementación del framework.....	66
Ilustración 33 Estructura del modelo.....	69
Ilustración 34 Funciones del controlador	70
Ilustración 35 Cálculos previos – Vista	71
Ilustración 36 Estructura de código – Vista.....	72
Ilustración 37 Evaluación del sistema - Entradas	73
Ilustración 38 Evaluación del sistema - Comparativo datos agronómicos - CC 93-7510	74
Ilustración 39 Evaluación - Comparativo datos agroindustriales - CC 93-7510.....	75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros agronómicos de la variedad cc 93-7510 a los 16,1 meses.....	27
Tabla 2 Aspectos industriales de la variedad cc 93-7510	27
Tabla 3 Parámetros agronómicos de cc 91-1555 a los 15,36 meses.....	28
Tabla 4 Aspectos industriales de la variedad cc 91-1555	29
Tabla 5 Parámetros agronómicos de la variedad cc 92-2198 a los 17,73 meses	30
Tabla 6 Aspectos industriales de la variedad cc 92-2198	30
Tabla 7. Descripción de las tablas de la base de datos	63
Tabla 8. Descripción de los controladores del sistema.....	67
Tabla 9 Librerías blueghost	67
Tabla 10 Requerimientos mínimos del sistema	72

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: SIMULADOR WEB PARA EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y DE LAS ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DEL CULTIVO (SUGAR CANE)

AUTOR(ES): OSCAR MAURICIO BANDERAS TRIANA

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

DIRECTOR(A): URBANO ELIÉCER GÓMEZ PRADA

RESUMEN

El presente documento presenta un simulador web orientado al pronóstico de cultivo de la caña panelera determinado sobre las condiciones climáticas y nutricionales de la hoyo del Rio Suárez. El simulador opera en entorno web, está basado en una arquitectura MVC (Modelo, Vista, Controlador) y está soportado en estudios sobre las variedades y sus propiedades agronómicas y agroindustriales. El simulador se soporta en el framework privado "BlueGhost" con PHP con base de datos MySql y fue desarrollado con la metodología cascada modificada. El simulador genera proyecciones sobre el comportamiento de los cultivos según escenarios climáticos y permite, guardar históricos para las comparaciones entre variedades. El simulador está orientado a la productividad de la caña de azúcar teniendo en cuenta alternativas de utilización de productos y subproductos en donde es necesario que los asesores brinden nuevos caminos para el mercado.

PALABRAS CLAVE:

simulador web; caña de azúcar; pronóstico; productividad; alternativas

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: WEB SIMULATOR FOR THE FORECAST OF THE PRODUCTIVITY OF THE SUGAR CANE AND OF THE ALTERNATIVES OF USE OF THE PRODUCTS OF THE CROP

AUTHOR(S): OSCAR MAURICIO BANDERAS TRIANA

FACULTY: Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

DIRECTOR: URBANO ELIÉCER GÓMEZ PRADA

ABSTRACT

This document presents a web simulator oriented to the forecast of sugar cane cultivation determined by the climatic and nutritional condition of the Suárez river basin. The simulator operates in a web environment that is based on an MVC architecture (Model, View, Controller) and is supported by studies on its varieties and their agronomic and agro-industrial properties. The simulator is supported by the private framework "BlueGhost" with PHP and with MySQL database and was developed with modified waterfall methodology. The simulator generates projections on the behavior of crops giving to climatic scenarios and allows to save historical data for comparisons between varieties. The simulator is oriented to the productivity of sugar cane taking into account alternatives for use of products and by-products where it is necessary for the advisors to provide new paths for the market

KEYWORDS:

web simulator, productivity forecast, sugarcane, utilization alternatives

Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1 INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe según la FAO (2004) el cultivo y producción de la caña es una de las de mayor tradición, se realiza mediante pequeñas explotaciones campesinas con trabajo de alta intensidad, la baja tasa de introducción de tecnología de máquinas y la alta fuerza de capital son los principales procesos.

Durante más de una década, la industria azucarera colombiana ha sido una fuente de energía no solo a través de la producción de azúcar, sino también a través del bioetanol y la cogeneración. Dos alternativas ecológicamente sostenibles (ASOCAÑA, 2017). Según el Ministerio de Agricultura (2018), la caña de azúcar se cultiva en 511 localidades mineras centrales en 28 sectores, pero el 90% de la producción se concentra en 164 localidades operativas centrales. Los sectores más productivos de este subsector, Boyacá Cundinamarca, Cauca, Antioquia, Santander, Nariño, Valle del Cauca, entre otros, se concentran en el 83% de la superficie cultivada. (Ministerio de Agricultura, 2018).

Así mismo, es importante señalar que, según el Ministerio de Agricultura (2018), la estabilidad del área total de caña de azúcar de 2015 a 2018 está relacionada con políticas para incentivar estrategias tecnológicas para incrementar el rendimiento en una hectárea. sin aumentar el área. (Ministerio de Agricultura, 2018).

Es por ello que el presente estudio se centra en los aspectos que se deberían contemplar en un simulador web, con el fin de permitir a los cañicultores, a partir de las variables agroeconómicas y agroindustriales, pronosticar la productividad de su cultivo en comparación a otras variedades y cuánto podría obtener a partir de este si se transformase en un subproducto de tercera generación.

Para ello, inicialmente se establecen los parámetros y su correlación entre los aspectos agronómicos e industriales de las variedades y los datos de cultivo específicos proporcionados por el cañicultor, mediante la especificación de un modelo matemático para la obtención de los resultados determinantes en el marco establecido.

Seguidamente se establecen los requerimientos del sistema y su comportamiento mediante modelos de casos de uso y bases de datos.

Posteriormente se implementa en la aplicación web el modelo desarrollado proporcionando un histórico de simulaciones con el fin de entregar un sistema valioso y eficiente para la obtención de información del cultivo de caña panelera.

Finalmente se verifica la aplicación resultante validando que cumpla las especificaciones enmarcadas en los parámetros previamente definidos.

2 RESUMEN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Santander juntos a otros departamentos como Antioquia, Cundinamarca, Nariño y Boyacá representaban para el 2014 el 55,3% de la producción nacional de panela en el área rural, según el DANE (2016) como se muestra en la Ilustración 1, durante el periodo mencionado la región de Santander tubo una producción del 12.9% (Tn/Ha de panela) en cuestión de las 1.438.623 (Millones de toneladas) y un 11,8% del área cosechada de las 297.031 (Millones de Ha) establecidos en la media nacional. (DANE, 2016)

Ilustración 1. Participación de la producción de panela por departamento.

DEPARTAMENTOS	PRODUCCIÓN (MILLONES DE TONELADAS)	ÁREA COSECHADA (MILES DE HA.)
Total Nacional	1.438.623	297.031
Rendimiento (Tn./Ha de panela)	4,8	
Santander	12,9%	11,8%
Antioquia	12,4%	12,6%
Cundinamarca	11,8%	12,2%
Nariño	9,9%	9,5%
Boyacá	8,2%	8,1%
Cauca	5,6%	5,5%
Huila	5,5%	5,9%
Caldas	4,7%	4,8%
Tolima	4,6%	4,7%
Chocó	4,1%	4,3%
Valle del Cauca	2,6%	2,4%
Risaralda	2,3%	2,2%
Norte de Santander	2,2%	3,5%
Caquetá	1,9%	1,8%
Guainía	1,6%	1,5%
Amazonas	1,5%	1,3%
Putumayo	1,2%	1,1%
Vichada	1,2%	1,3%
Cesar	1,0%	1,0%
Meta	0,8%	0,7%
Bolívar	0,7%	0,7%
Magdalena	0,7%	0,7%
Córdoba	0,4%	0,4%
Vaupés	0,4%	0,4%
Casanare	0,4%	0,3%
La Guajira	0,3%	0,3%
Arauca	0,3%	0,3%
Guaviare	0,3%	0,2%
Quindío	0,2%	0,2%
Sucre	0,1%	0,1%
Atlántico	0,0%	0,0%
ASAPSC*	0,0%	0,0%
Bogotá, D.C.	0,0%	0,0%

Fuente: (DANE, 2016)

Como se puede observar, Santander es uno de los departamentos con mayor producción de caña en el país, según (Vanguardia, 2018) actualmente se presenta una problemática para los cañicultores de la región representada en la baja rentabilidad de sus productos frente al costo de producción, lo cual ha dejado un déficit importante en la economía del sector panelero.

Según afirma Murcia & Ramírez (2017) la variedad más cultivada aun en la región es la RD 75 – 11. A pesar de ser una variedad de alta calidad, presenta daños a las cosechas por plagas, ciclos de cultivo muy largos, calidad del producto y competencia desleal en el planteamiento de los precios. (Murcia & Ramírez, 2017)

Por su parte, la producción de panela a base de caña de azúcar da como resultado algunos subproductos como cachaza y bagazo, los cuales se establecen como subproductos de primera generación y mieles de la producción los cuales por un proceso tecnológico de baja y media complejidad se transforman en subproductos de segunda y tercera generación los cuales representarían un aporte económico cuantioso a los cañicultores de la región. (Olave, 2018, pág. 13)

La baja rentabilidad que existe actualmente en el mercado de la panela, la necesidad de una economía diferenciada para los cañicultores, la gran cantidad de biomasa desechada en el proceso de la elaboración de la panela y la falta de utilización de variables que se adapten mejor a los nuevos mercados, dejan claro un déficit en gestión, planeación y conocimiento.

Por lo tanto, la pregunta de investigación de este proyecto es ¿Cuáles son los aspectos se deberían contemplar en un simulador web con el fin de permitir a los cañicultores, a partir de las variables agroeconómicas y agroindustriales, pronosticar la productividad de su cultivo en comparación a otras variedades y cuánto podría obtener a partir de este si se transformase en un subproducto de tercera generación?

2.2 JUSTIFICACIÓN

En Colombia, según la (Revista Semana, 2019) más del 90% de los municipios santandereanos tienen vocación agrícola, el sector panelero está pasando por una crisis generada por la fuerte caída de los precios que se le pagan al productor, generando márgenes de pérdida desde el primer semestre del año 2018.

Según (Fedepanela, 2019) el gobierno ha intentado tratar el problema desde hace años, pues la crisis del sector, a pesar de su agudeza, no es reciente. El precio de la venta de panela no cubre los gastos de la producción, de esta forma se aprecia una preocupante situación sobre la cadena productiva del sector. (López, 2019)

Sumado a ello (ASOCAÑA, 2019) también sostiene que Colombia es un país portador de precios, siguiendo el comportamiento de los precios internacionales de manera que los precios internos están determinados por precios relativos, debido al bajo nivel de participación de Colombia en el mercado mundial.

Al ser Colombia un tomador de precios, según (ASOCAÑA, 2019) las políticas de los grandes jugadores mundiales con respecto al mercado de azúcar, las cuales se pueden apreciar en la Ilustración 2 generan gran volatilidad y distorsiones, afectan el mercado interno.

Ilustración 2. Precios promedio anuales y arancel de azúcar 2015 – 2018

Variable	2015	2016	Variación 2015 vs. 2016	2017	2018	Variación 2017 vs. 2018
Bolsa de Londres contrato N° 5 (azúcar refinado) (USD/t)	373,1	499,3	34%	433,8	343,7	-21%
Central mayorista Corabastos (azúcar blanco) (COP/kg)	1.983	2.546	28%	2.184	1.863	-15%
Índice de precios al productor - IPP azúcar (base dic14=100)	146,5	147,9	1%	132,3	124,8	-6%
Índice de precios al consumidor - IPC azúcar (base dic18=100)	93,2	115,7	24%	107,6	100,0	-7%
Arancel Brasil (azúcar blanco) (%)	72%	30%	-42 pp	29%	48%	19 pp
Arancel CAN (%)	0%	0%		0%	0%	

Fuente: (Procaña, Sub productos y derivados de la caña de azúcar, 2017)

Una crisis prolongada podría afectar a más de 350.000 familias que viven en esta actividad en diferentes etapas de la cadena productiva según la (FAO, 2004) Para mitigar este problema, (Fedepanela, 2019) ha gestionado y aprobado recursos para la nueva producción de 9.000 toneladas de ensilaje de caña de azúcar por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en particular del fabricante Panero en La Jolla del Ríos Suarez.

Entre el 2018 y el primero de 2019 cerca de 12.000 toneladas de caña panelera se han convertido en silo, evitando así que ingresen al mercado como producto y lo cual ayudo a agravar la crisis de los bajos precios (Fedepanela, 2019).

Es inminente mitigar el problema estructural que afecta al sector panelero en la región que registra un excedente según Fedepanela (2019) de 200.000 toneladas de panela estableciendo alternativas de mercados y distribución por medio de subproductos derivados del ciclo de elaboración de la panela, mediante esta forma el poder obtener recursos monetarios por venta o producción propia sin ser menester la inversión de grandes cantidades de capital por proceso o materia prima e igualmente contribuir a la eliminación eficaz de residuos.

Para ello es necesario según afirma Ramírez, Insuasty, & Viveros (2014) que los actores vinculados al proceso tengan una herramienta práctica que les permita mediante el pronóstico de aspectos agronómicos y agroindustriales calcular una ganancia tentativa sobre su cultivo y la utilización como subproducto en una nueva empresa de inversión productora de etanol. Esto enmarcado en los márgenes de cultivo establecidos como óptimos en crecimiento y obtención de jugo para las variedades de caña panelera CC 93-7510, CC 91-1555, CC 92-2198 y RD 75-11 (Ramírez, Insuasty, & Viveros, 2014), siendo las más equilibradas en el margen de las variables a evaluar y también actualmente la que mayor extensión de cultivo ocupa en la región de Santander.

Finalmente se considera importante tener en cuenta las ventajas de la producción y uso de etanol, según Chaves (2006) este permite sustituir sustancias oxidantes y aumentadoras de octanaje, reduce el gasto de producto importado lo cual contribuye positivamente a la balanza comercial del país. Así mismo, convertir la producción de caña en etanol ayuda a incorporar valor agregado al producto nacional, aprovechando la capacidad instalada, permite generar nuevos empleos en zonas que han

sido especialmente de uso agrícola y en algún grado se disminuye la dependencia nacional de hidrocarburos fósiles (Chaves, 2006).

2.3 METODOLOGÍA

La metodología que se seleccionó es aquella que nos permite alcanzar los objetivos antes señaladas para ello se utilizó el método de cascada modificada, esta metodología según Domínguez (2019) explica que para realizar un trabajo es necesario e indispensable pasar por un grupo de fases, donde cada fase debe ser finalizada antes de seguir con la siguiente fase.

2.3.1 Análisis de requisitos del sistema y del software

Es indispensable agrupar los documentos que se van a manejar para el desarrollo del proyecto tales como artículos científicos, proyectos anteriores o entidades que tenga información que sirva de base, es decir que se debe recopilar todos los datos para posteriormente analizar el tipo de servicio que se va a brindar; en nuestro caso es un prototipo que simule el cultivo de caña. Con base a la información analizada se deben establecer una serie de restricciones o limitaciones que permitan al administrador centrar su información, dentro del proyecto, en este caso serían:

- a. El producto es caña de azúcar
- b. La zona, es la región de la Hoya del Río Suárez.
- c. Usuarios que utilizaran en servicio: cañicultor, asesor y administrador
- d. Cada usuario del sistema deberá contar con una contraseña para el acceso.
- e. Validar los datos antes de dar simulación.
- f. Siempre existirá un usuario que tenga acceso a todo el sistema, en este caso, corresponde al Administrador del Sistema.
- g. Habrá usuarios que sólo tengan acceso a ciertas aplicaciones o módulos del sistema.

Existen otras que serán explicadas en el desarrollo del proyecto, sin embargo, es indispensable conocer que las restricciones se realizan con el fin que los autores que intervienen dentro de este software lo pueden hacer sin comprometer sus datos.

Y por último se deben establecer las metas, de esta manera se puede definir el resultado final (software) y les da coherencia a los objetivos antes planteados al inicio de este proyecto.

2.3.2 Diseño

Es también conocido como la arquitectura completa del sistema, en esta área se evalúa la calidad del proyecto que se va a trabajar; se describe a grandes rasgos la parte que forman parte del producto.

El diseño de datos se centra principalmente en el diseño estructural de bases de datos y archivos utilizados en los sistemas de información que se están construyendo. Algunas características que existen son:

- a. Atributos de ubicación: tales como país, dirección entre otros
- b. Atributos físicos: tales como volumen, extensión, material, color, peso, cantidad, dimensiones u otros.
- c. Atributos conceptuales: tales como nombre, tipo, número, categoría u otro.
- d. Atributos de valor: tales como moneda, disposición u otro.

Ahora bien, estos son algunos y aunque sirven de base, no siempre deben ser tomados en consideración para el desarrollo del software.

También es indispensable pensar en el contenido que va a proporcionar la página web, para nuestro caso el actor podrá ver reflejada una gráfica que compara la caña preferida versus la seleccionada por el cañicultor, la cual esta expresada en crecimiento, a su vez tendrá la posibilidad de observar una gráfica de análisis después de haber brindado una serie de información que aparece antes de simular con base a la información particular de cada cañicultor.

Dentro del diseño es indispensable el caracterizar a cada usuario o autor como ser individual por ello cada uno, tendrá un ID o campo único donde quede registrado junto a su clave o contraseña; de esta manera podrá acceder a sus datos en tiempo real, y si en llegado caso olvida su contraseña pueda recuperar su cuenta sin que se borre la información ya almacenada.

Por último y no menos importante darle una imagen o logo que se adapte, que no esté demasiada cargada de información, que sea fácil de leer y entender y que cumpla con todos los criterios que puedan necesitar o requerir para el cultivo de caña.

Es importante resaltar que toda página web, maneje integridad sobre los datos, tanto que genera como aquellos que recibe.

Para el tema de la interfaz lo que se busca es una relación armoniosa entre el actor o usuario y la plataforma para ello es necesario que:

- a. Exista familiaridad, para lograrlo debe contener un lenguaje y términos conocidos por el usuario en nuestro caso los cañicultores.
- b. Debe ser consistente, es decir que sin importar que tipo de cañicultor ingrese los datos debe reflejar los mismos cuadros, ubicados en las mismas áreas, pero con la información que corresponda de acuerdo a los datos particulares.
- c. No puede estar demasiado cargado de información, ni con información que el usuario no pueda comprender, además de que sus comandos deben ser sencillos o fáciles de usar.
- d. Debe proporcionar una forma de guiar al usuario en su hacer y la capacidad de rehacer en caso de error.
- e. Debe suministrar una guía al usuario, que permita entender los pasos que debe desarrollar para lograr el resultado, en este caso para que el simulador proyecte la información.

2.3.3 Implementación o desarrollo

Es donde se ejecuta el software, para ello se debe tener en cuenta las fases anteriormente mencionadas para lograr el resultado esperado, para el caso de este software se tiene en consideración: disminuir su complejidad, documentar adecuadamente los datos, verificar que funcione y aplicar estándares, además es necesario realizar varias pruebas para disminuir los errores para ello es necesario evaluar el código fuente con el que se crea, de esta forma se podrá completar basado en los requisitos o metas estipuladas en la primera fase.

Es indispensable el lenguaje al momento de construir el software, el lenguaje de construcción permite al administrador o programador configurar comandos para realizar diagramas con base a la información dada, más adelante se explicará detalladamente el proceso de creación del sistema

2.3.4 Prueba o verificación

Es aquí donde el programador ha completado las etapas anteriores, es decir ha pasado de la idea al producto final y también es donde verifica que este no tenga errores y si aparecen puedan ser solucionados, también es el momento donde se verifica si la información que se genera es confiable y si el análisis que refleja es simple y claro para el entendimiento de cada actor involucrado. Para el caso particular del proyecto las pruebas serán realizadas por el administrador, pero no serán llevados al consumidor final que es el cañicultor, puesto que lo se busca es ser el pilar que dé inicio al desarrollo de un software más complejo que pueda utilizar datos no tenidos en cuenta en el proyecto y que refleje con mayor precisión un resultado óptimo.

2.3.5 Mantenimiento

Es considerada la fase más extensa del ciclo de vida del proyecto, porque está ligada directamente a los cambios que el cliente desee mejorar, por ello y aunque no se llevará a cabo dentro del proyecto por el momento es indispensable mencionarla, puesto que el contenido de este software puede servir como base para otro proyecto o puede ser mejorado por otro administrador buscando alcanzar otro tipo de población u otro tipo de variable.

Existen diferentes tipos de metodologías para el desarrollo de un software, sin embargo, utilizamos este puesto que los criterios o requerimientos no van a cambiar durante el desarrollo de este de manera drástica.

2.3.6 Políticas de uso

Se dan respuesta a las preguntas planteadas durante el estudio ofreciendo resultados consistentes de la situación problema analizada, en esta etapa se plantea pequeños cambios y regulaciones para que el tomador de decisiones sea una herramienta fiable para futuras simulaciones en las que puedan modificar las variables críticas definidas y prever un comportamiento.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un simulador web orientado a la productividad de la caña de azúcar y las alternativas de utilización de los productos y subproductos del cultivo mediante el pronóstico de aspectos agronómicos y agroindustriales con el fin de visualizar estrategias de comercialización y ganancias tentativas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros y su correlación entre los aspectos agronómicos e industriales de las variedades y los datos de cultivo específicos proporcionados por el cañicultor, mediante la especificación de un modelo matemático para la obtención de los resultados determinantes en el marco establecido.
- Establecer los requerimientos del sistema y su comportamiento mediante modelos de casos de uso y bases de datos.
- Implementar en la aplicación web el modelo desarrollado proporcionando un histórico de simulaciones con el fin de entregar un sistema valioso y eficiente para la obtención de información del cultivo de caña panelera.
- Verificar la aplicación resultante validando que cumpla las especificaciones enmarcadas en los parámetros previamente definidos.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Caña Panelera

La caña panelera es una planta de la especie herbáceas, vivaces de tallo leñoso de un género (*Saccharum*) de la familia de las gramíneas (*Gramineae*), originaria de la Melanesia y cuya especie fundamental es *Saccharum Officinarum* (EcuRed, 2010).

Está compuesta por la raíz que puede ser fasciculada, fibrosa o de base múltiple, un tallo el cual puede ser subterráneo, a su vez esté esta forma canuto o entrenudos a partir de las yemas y de los cuales brotan las hojas de forma alterna formando hileras opuestas en un mismo plano (EcuRed, 2010).

4.2 Constituyentes de la caña

El tronco de la caña constituido por una parte fibrosa y otra fluida, que contiene agua y sacarosa, En ambas partes podemos encontrar diversas sustancias en cantidades muy pequeñas cuyas proporciones varían de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, abono, lluvias, riegos, sol, métodos de cultivo, entre otros (EcuRed, 2010).

4.3 Biocombustibles sólidos

También llamada biomasa sólida, según de Lucas, del Peso, Rodríguez, & Prieto (2012) se deriva de fuentes cuya materia orgánica se encuentra en estado sólido, de esta se puede extraer energía mediante distintos procesos, suelen provenir de ecosistemas naturales directamente orientados a energía.

4.4 Biocarburantes

Es un subproducto de la transformación o procesamiento de materia primarias, contienen un alto poder calórico por lo cual tienen facilidad para ser usado en sistemas térmicos diversos y combustibles híbridos (de Lucas, del Peso, Rodríguez, & Prieto, 2012).

La biomasa de estas características contiene alto contenido de azúcar que puede transformarse fácilmente en bioetanol mediante fermentación alcohólica y con un proceso de destilación se pueden obtener biocarburantes de segunda generación por procesos termoquímicos (García Galindo & Rezeau, 2010).

4.5 Alcohol carburante

El alcohol carburante según Procaña (2017) proviene de la caña de azúcar y su proceso de extracción de la melaza, se obtiene mediante un proceso de fermentación de los jugos del cultivo donde con la ayuda de levaduras este se transforma en alcohol para posteriormente ser trasladado a columnas de destilación.

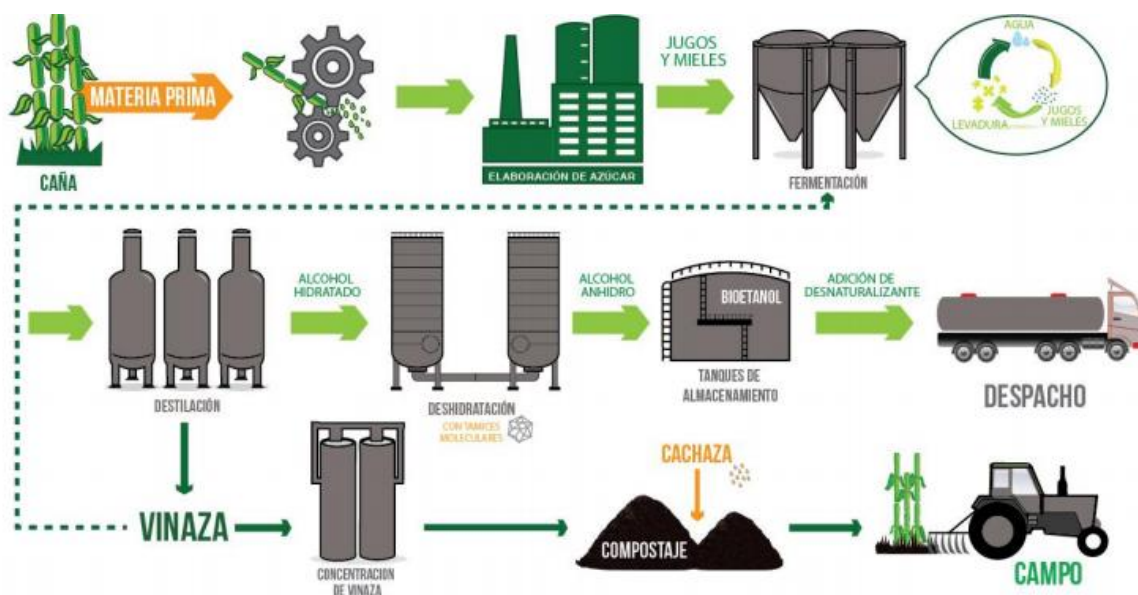
Posteriormente se implementa un proceso de evaporación de compuestos, en los cuales se divide entre alcohol más puro y vinaza, finalmente se lleva a cabo una etapa de deshidratación en la cual el alcohol obtenido se separa del agua y este se convierte en alcohol carburante. Es utilizado en mayor medida para mezclarse con la gasolina en un intento de disminuir el consumo de combustibles fósiles (Procaña, Sub productos y derivados de la caña de azúcar, 2017).

4.6 Producción de bioetanol

En el proceso de producción de bioetanol en Colombia no existe una división entre la caña de azúcar que se utiliza para la elaboración de azúcar y la que se utiliza para la elaboración del bioetanol (ASOCAÑA, 2017).

En la Ilustración 3 se puede apreciar como prácticamente toda la caña de azúcar según afirma (ASOCAÑA, 2017) ingresa a los molinos y se utiliza para la elaboración de los dos productos como una unidad de producción para un nuevo producto a partir de la misma materia prima.

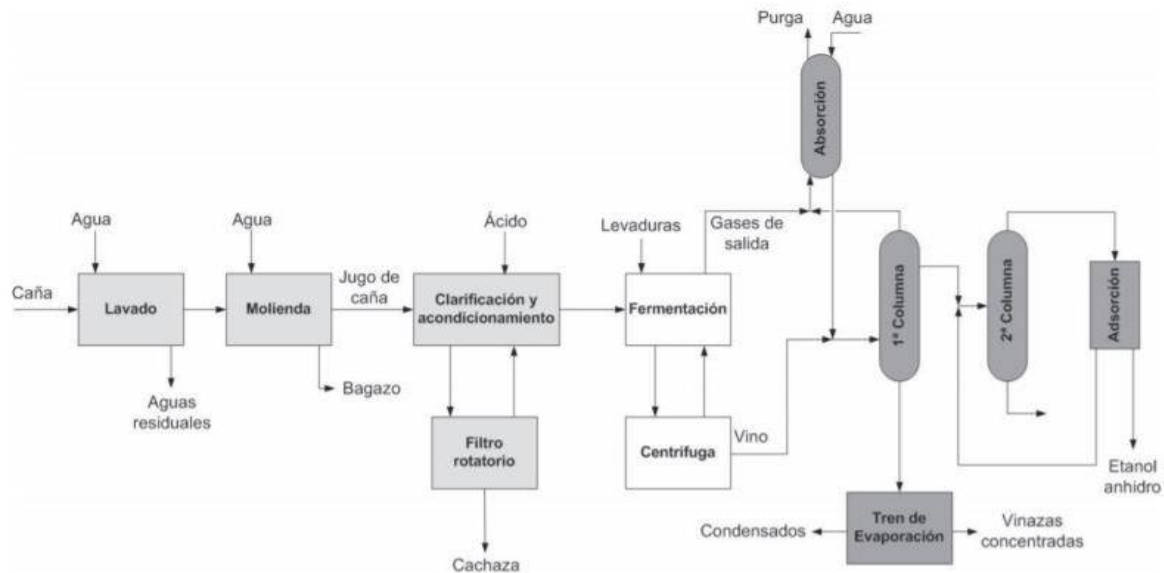
Ilustración 3. Proceso de producción BioEtanol



Fuente: (ASOCAÑA, 2017).

Producción de bioetanol a base de bagazo de caña se puede llevar a cabo por medio de la técnica vista en la Ilustración 4, utilizando materias primas directamente fermentables como lo es la caña de azúcar (ver figura 1 Vías para la producción de etanol), en este caso se trabaja con las biomásas presentes en el bagazo para obtener bioetanol.

Ilustración 4. Diag. de Prod. de alcohol carburante a partir de biomasa lignocelulósica.



Fuente: (Sánchez, Ariel Cardona, & Sánchez, 2007)

El biotanol básicamente se obtiene mediante un proceso de fermentación industrial que transforma el azúcar o el almidón de los vegetales en alcohol, posteriormente se destila y se deshidrata para conseguir el biocombustible.

Dentro de las ventajas principales se encuentra que el bioetanol según Grupo Novelec (2014) es una fuente de energía renovable y por tanto también es inagotable, es amigable con el medio ambiente por que emite entre 40% y 80% menos gases invernadero que los combustibles fósiles, permite revitalizar las economías rurales y reduce la dependencia del petróleo.

4.7 Comportamiento agroindustrial de variedades de caña de azúcar en Santander

El cultivo de caña de azúcar en la región denominada “hoya del río Suarez” comprende para el 2012 hasta cerca del 32% de la producción de panela nacional, esta región geográfica comprende aproximadamente 45.000 hectáreas de las cuales la variedad RD 75 -11 comprende 70% del área cultivada (Durán, Burbano, & Magda, 2014).

Esta variedad según Durán, Burbano, & Magda (2014) en específico comprende un periodo

vegetativo de hasta 17 meses la cual la establece por debajo de los estándares actuales de producción y comercialización, esto afecta a gran medida a los cañicultores de la región ya que no solo tienen siglos de producción muy amplios sino que también una baja producción de TCH (Toneladas de caña por hectárea), TPH (Toneladas de panela por hectárea) entre otros subproductos importantes para la diversificación económica de los cultivadores.

En comparación a otras variedades potencialmente más rentables y de menor periodo de cultivo, CORPOICA llevó estudios al respecto con 10 alternativas de variedad en las cuales se observaron elementos determinantes para poder establecer cultivos más rentables para el cañicultor, un ejemplo de ello es presentado en la Ilustración 5 para la finca Buenos Aires del municipio de Güepsa realizado en el año 2013 (Durán, Burbano, & Valens, 2014).

Ilustración 5. Variables agronómicas evaluadas en 10 variedades en una finca

Variedad	ALPLA (m)	DIATA (cm)	PT/10 m	PT/m	PT/Ha	SST (°Brix)	IDM
CC 93-714	1,43	2,60	135	13,5	103.932	20,79	0,93
CC 93-7510	1,63	3,10	130	13,0	100.257	19,46	0,93
CC 93-7711	1,65	3,80	97	9,7	74.359	18,14	0,91
CC 92-2965	1,38	3,00	122	12,2	94.017	18,56	0,94
CCSP 89-43	1,57	2,80	119	11,9	91.717	19,10	0,95
CC 92-2198	1,47	3,40	116	11,6	89.060	17,12	0,88
CC 99-1405	1,24	3,60	102	10,2	78.547	17,62	0,96
CC 93-3458	1,31	3,20	93	9,3	71.710	19,28	0,94
CC 91-1555	1,53	3,10	117	11,7	90.342	19,35	0,96
RD 75-11	1,47	2,90	117	11,7	89.915	19,99	0,98

SST = sólidos solubles totales en jugo.
IDM = índice de madurez fisiológica.

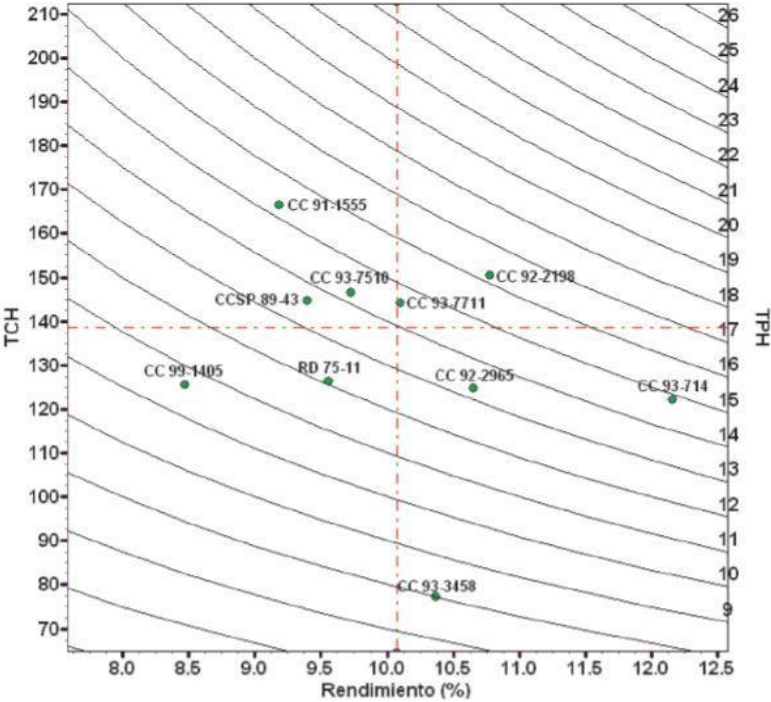
Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

De estas y otras determinantes se pudieron establecer 3 variables de cultivo que generarían no solo una mejor producción de malena, más estable y pura, si no con periodos de menores y de baja proporción de riesgo antes infecciones y bacterias que puedan atacar a la siembra y afectar los estándares de calidad y producción deseados.

4.8 Isoproductividad en la variedad de caña

Un ejemplo del estudio de isoproductividad es presentando en la Ilustración 6 como un análisis comparativo de la productividad de la caña de azúcar cosechada entre las variables promisorias para producción de panela, para un primer corte, para un cultivo con 16,73 meses de edad aproximadamente.

Ilustración 6 Isoproductividad en 10 variedades promisorias



Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

Según los estudios realizados por CORPOICA en su afán de mejorar la calidad y la producción de TDH y TPH se puede terminar que las 3 variedades escogidas determinan una producción favorable en comparación a la variedad estándar y a pesar de no ser variedades originarias de la región,

presentan una gran adaptabilidad a al suelo y condiciones climáticas de la zona.

4.9 Variedades potenciales

El análisis determinista de los procesos y propiedades de diferentes tipos de caña enfocados en el sector de interés muestra con claridad la existencia de determinado número de variedades de caña panelera de las cuales se puede obtener mayor producción de materia (Mieles, caña, bagazo, etc....) o calidad de este.

4.9.1 Variedad CC 93-7510

Se observa en la Tabla 1 que la CC 93-7510 se presenta como una variedad sana de una maduración temprano, aproximada a los 16,1 meses (483 días) después de ser sembrada, original del valle del cauca proyecta una fácil adaptabilidad al ambiente y propiedades suelo en la región estudiada con un índice de germinación sobre 90 % y ausencia de floración en la misma.

Tabla 1 Parámetros agronómicos de la variedad CC 93-7510 a los 16,1 meses.

Aspectos Agronómicos	Descripción
Altura promedio de planta, m	2,91
Diámetro de tallo (cm)	2,97
Longitud de entrenudo (cm)	11,43
Índice de crecimiento (cm/mes)	18,05
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,59
Tallos molederos al momento del corte (Nro.)	133.328
Producción de caña (t/ha)	208,8
Producción de cogollo – semilla (t/ha) 2	21,41
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	34,79
Producción de panela (t/ha)	26,5
Rendimiento en panela, %	12,69
Producción de cachaza (t/ha)	11,76
Producción de melote (t/ha)	6,57
Producción de bagazo verde (t/ha)	120

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

Tabla 2 Aspectos industriales de la variedad CC 93-7510

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	21,3	91,2
pH	5,52	5,75
Azúcares Reductores (%)	0,9	6
Sacarosa (%)	20	84,2
Pureza (%)	93,9	92,3
Fósforo (ppm)	131	449
Humedad (%)		9,3

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014).

4.9.2 Variedad CC 91-1555

Aunque esta variedad se presenta con una capacidad de germinación por debajo del 80% y una tendencia media a infestación por *Diatraea* o enfermedades foliares, esta se adapta bien a suelos de laderas de baja fertilidad además de comportarse de manera buena en estados de soca, esta variedad en específico tiene una baja edad de maduración, 15,32 meses (461 días), lo que permite la obtención de materiales en menor tiempo, presenta un tallo erecto y de proporciones anchas.

Tabla 3 Parámetros agronómicos de CC 91-1555 a los 15,36 meses

Aspectos Agronómicos	Descripción
Altura promedia de planta, m	2,85
Diámetro de tallo (cm)	2,93
Longitud de entrenudo (cm)	10,61
Índice de crecimiento (cm/mes)	18,55
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,76
Tallos molederos al momento del corte (Nro.)	106.406
Producción de caña (t/ha)	181,52
Producción de cogollo – semilla (t/ha) 2	27,59
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	59,44
Producción de panela (t/ha)	21,80
Rendimiento en panela, %	12,01
Producción de cachaza (t/ha)	10,56
Producción de melote (t/ha)	5,80
Producción de bagazo verde (t/ha)	72,82

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

Tabla 4 Aspectos industriales de la variedad CC 91-1555

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	18,6	92
pH	5,31	5,39
Azúcares Reductores (%)	1,3	10,5
Sacarosa (%)	17,2	80,3
Pureza (%)	92,5	87,3
Fósforo (ppm)	239	821
Humedad (%)		8,7

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

4.9.3 Variedad CC 92-2198

Esta variedad tiene ciclo de maduración tardío con relación a las otras determinantes el cual es de 18 meses aproximadamente, con una capacidad de germinación por debajo del 90% y una tendencia a presentar infestación por Diatrea y demás ataques de plagas o presentar enfermedades foliares aunque se presenta como una variedad susceptible esta también tiene una alta capacidad de adaptación en suelos de baja fertilidad y presenta igualmente tallos rectos y gruesos lo cual permite una producción mucho más alta en comparación de la variedad RD 75 – 11.

Tabla 5 Parámetros agronómicos de la variedad CC 92-2198 a los 17,73 meses

Aspectos Agronómicos	Descripción
Altura promedio de planta, m	2,82
Diámetro de tallo (cm)	3,17
Longitud de entrenudo (cm)	10,06
Índice de crecimiento (cm/mes)	15,93
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,86
Tallos molederos al momento del corte (Nro.)	84,612
Producción de caña (t/ha)	164,1
Producción de cogollo – semilla (t/ha) 2	15,23
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	27,07
Producción de panela (t/ha)	21,70
Rendimiento en panela, %	13,20
Producción de cachaza (t/ha)	4,71
Producción de melote (t/ha)	2,59
Producción de bagazo verde (t/ha)	67,64

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

Tabla 6 Aspectos industriales de la variedad CC 92-2198

Parámetro	Jugos	Panela
<u>°Brix</u>	21,1	92,0
pH	5,62	5,72
Azúcares Reductores (%)	1,0	7,1
Sacarosa (%)	19,7	83,3
Pureza (%)	93,4	90,5
Fósforo (ppm)	154	483
Humedad (%)		8,9

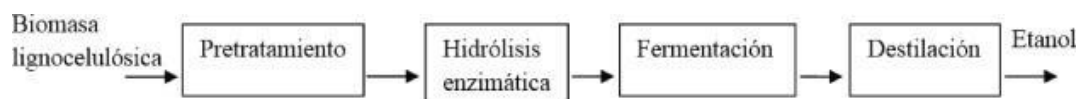
Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Colombia, 2014)

4.10 Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica

Actualmente, según Cárdenas (2002) el constante incremento en el precio del petróleo y derivados comienza a crear conciencia sobre la futura escasez del este combustible de origen fósil, es imperativo entender que posiblemente el usos del mismo se vuelva impracticable por sus altos precios en constante aumento además de que estos han contribuido en gran manera a la generación de gases de efecto invernadero en los que podemos presenciar diariamente la afectación al ecosistema y a la salud pública como tal.

El etanol como combustible renovable se ha convertido en un desarrollo esencial para la generación de combustibles diversos, bajo impacto ambiental y fácil obtención. Como se aprecia en el Ilustración 7, el etanol puede ser obtenido a partir de los azúcares hidrolizados de la celulosa contenida en los residuos lignocelulósicos como el bagazo de la caña (Cárdenas, 2002)

Ilustración 7 Etapas para la obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica



Fuente: (Zumalacárregui, Osney, Rodríguez, & Lombardi, 2015)

Observando la Ilustración 8 se muestra como el proceso de destilación para obtener etanol anhidro es una etapa altamente consumidora de energía, donde se le atribuye entre 45% y 50% de todo el calor generado en la combustión, dependiendo de la tecnología utilizada dicho valor oscila entre el 31% y 64% dando un aproximado de combustión del etanol entre los 21.8 a 23.5 Gj/m³. (Zumalacárregui, Osney, Rodríguez, & Lombardi, 2015)

Ilustración 8 : Energía consumida en la producción de etanol anhidro

Tecnología		MJ/kg de etanol	Fuente
Destilación azeotrópica con	benceno	12.15	Montoya y Quintero, 2005
		15.41	Quintero et al., 2007
		12.28	Sánchez, 2008
		15.49	Kumar et al., 2010
	dietil éter	13.59	Montoya y Quintero, 2005
		12.56	Kumar et al., 2010
	pentano	10.87	Montoya y Quintero, 2005
		10.05	Kumar et al., 2010
	etilenglicol	10.69	Quintero et al., 2007
Destilación extractiva con		10.60	Sánchez, 2008
		18.84	Kumar et al., 2010
	cloruro de calcio	5.02	Kumar et al., 2010
	acetato de potasio	9.27	Montoya y Quintero, 2005
Tamices moleculares			Kumar et al., 2010
		9.73	Quintero et al., 2007
Destilación al vacío		9.65	Sánchez, 2008
		15.28	Sánchez, 2008
		11.72	Kumar et al., 2010
Pervaporación		12.38	Quintero et al., 2007
		4.61	Kumar et al., 2010

Fuente: (Zumalacárregui, Osney, Rodríguez, & Lombardi, 2015)

4.11 Modelos de simulación

Los modelos de simulación son una herramienta básica para comprender las complejidades que caracterizan a los ecosistemas y el medio ambiente. De hecho, son las únicas herramientas que pueden transformar una serie de hogares de procesos ecológicos en una descripción del funcionamiento de todo el ecosistema. Esto le permite analizar los impactos tecnológicos, económicos y ambientales, evaluar las estrategias de producción y predecir los rendimientos de los cultivos. Su uso a menudo se centra en comprender mejor las predicciones del problema real que está considerando.

En el mundo se lleva a cabo diferentes tipos de simulaciones que mejoran y ayudan a los agricultores en la toma de decisiones, algunos ejemplos por país son:

En Uruguay existe una herramienta de simulación llamada Simagri, se utiliza como soporte para toma de decisiones y los modelos que implementa son incluidos en el paquete DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer).

Esta herramienta cumple la función de soporte para el productor o técnico asesor con el fin de ayudar a la planeación de estrategias productivas y los posibles riesgos al implementar nuevas tecnologías, todo esto considerando factores en forma individual como la interacción de varios. La metodología fue desarrollada por el IRI (International Research Institute for Climate and Society / Columbia University) y la implementación por el SNIA (Sistema Nacional de Información Agropecuaria). (IRI & DSSAT Foundation, 2012)

Existe también el simulador CREA, Es también una aplicación web, con ella se pueden calcular márgenes brutos por cultivo, precio equilibrio, rinde equilibrio e indicadores de sustentabilidad. (CREA, Federación Uruguaya de Grupos, s.f.)

En Chile se puede encontrar a SIMPROC este software web nos sirve para evaluar el comportamiento de los cultivos frente a estas variaciones del clima, fue desarrollado por el Centro AGRIMED, integrando los más relevantes procesos eco fisiológicos y su regulación climática. (Carrillo , 2017)

En Argentina la empresa Pioneer desarrolló una herramienta digital llamada Explorador de Cultivos, el cual es un sistema que te permite simular diferentes escenarios, con datos reales del mercado con el fin de realizar una mejor planificación en la siembra. Además, te permite analizar los datos de cada simulación a profundidad y guardar un histórico de las mismas. (Pioneer, Explorador de Cultivos, 2020)

AISco es una empresa de desarrollo en proyectos agrícolas ubicada en España y dispone de un simulador del cultivo del algodón denominado AISCO COTTON PROGRAM SIMULATIONS, con este es posible simular repercusiones del clima los cultivos desde que son sembrados hasta su periodo

de recolección, y permite modificar parámetros como fecha de siembra, tipo de variedad, agua disponible o intensidad de fertilización. (Rey, 2009).

En el caso particular de Colombia los modelos están enfocados en modelos agrometeorológicos. Desde 1980 se han desarrollado una serie de modelos de simulación para varios cultivos: ALSIM (Alfalfa), GOSSYM (Algodón), CERES (Cebada, Maíz, Trigo, Sorgo, Arroz, Millo, Pasto), AUSCANE (Caña de Azúcar, Girasol), POTATOE (Papa), CROPGRO (Soya, Maní, Fríjol, Garbanzo, Tomate, Pasto), CROPSIM-Cassava (Yuca), OILCROP-SUN (Girasol), SUBSTOR (Yuca, Ñame, Piña, Papa), SOYGRO, GLYCIM (Soya), PNUTGRO (Maní), BEANGRO (Fríjol), SUCROS (Crecimiento de cultivos) (Esperanza, 2013)

Hay dos tipos de simuladores de cultivos. El modelado científico ayuda a comprender el comportamiento, la fisiología y la respuesta de las plantas a los cambios en el medio ambiente. Los modelos descriptivos son más funcionales, basados en una combinación establecida de teoría y fuertes relaciones empíricas para apoyar la toma de decisiones. La tecnología de simulación de crecimiento de plantas rara vez se usa en Colombia. (Ospina, 2006)

5 RESULTADOS

En este capítulo son presentados los resultados del proyecto ordenados por los requerimientos, el diseño, la implementación y la verificación.

5.1 Requerimientos

Análisis de requerimientos funcionales y no funcionales con los cuales se puede delimitar el alcance del sistema, su función y las prioridades de desarrollo además de permitir la valoración de su proceso, restricciones, características operacionales, datos y actores vinculados. Y el cumplimiento de estos.

5.1.1 Requerimientos funcionales

A continuación, son presentados los requerimientos funcionales más importantes del software definiendo, entradas, comportamientos y salidas.

5.1.1.1 Generar nueva simulación

Identificación del requerimiento:	RF01
Características	Generar simulación para diferentes variedades de caña
Descripción del requerimiento	Los usuarios podrán realizar una simulación en la cual obtendrán resultados ingresando parámetros específicos para sus cálculos.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.1.2 Generar comparación de resultados por variable

Identificación del requerimiento:	RF02
Características	Comparación de resultados por variedad con respecto a la variedad de control RD 75-11
Descripción del requerimiento	El usuario podrá comparar los distintos resultados obtenidos para la variedad ingresada con la de control RD 75-11, entre las cuales podrá seleccionar las distintas producciones, los rendimientos, índices de crecimiento, entre otros.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.1.3 Gestionar simulaciones

Identificación del requerimiento:	RF03
Características	Presentación de las simulaciones realizadas.
Descripción del requerimiento	<p>Los usuarios podrán visualizar las diversas simulaciones realizadas en el sistema, pero dependiendo del rol de usuario se podrán visualizar de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administrador: acceso a todas las simulaciones. • Asesor: sus simulaciones y la del agrónomo. <p>Agrónomo: solo podrá visualizar las realizadas por él.</p>
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Media.

5.1.1.4 Modificar simulación

Identificación del requerimiento:	RF04
Características	Modificación de una simulación realizada para alguna variedad de caña
Descripción del requerimiento	Los usuarios podrán realizar una actualización a una simulación en la cual podrán obtener nuevos resultados actualizando los parámetros requeridos. Dichos cambios quedaran registrados en un histórico de modificaciones con la fecha y nombre del usuario que la realizo.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Media.

5.1.1.5 Administrar usuarios

Identificación del requerimiento:	RF05
Características	Listado de usuarios y sus simulaciones
Descripción del requerimiento	<p>Los usuarios tendrán un listado en donde podrán visualizar dependiendo del rol los detalles de demás usuarios y las simulaciones vinculadas al mismo, de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none">• Administrador: listado completo.• Asesor: sus datos y la de los agrónomos. <p>Agrónomo: No podrá visualizar ninguno.</p> <p>De igual forma podrán realizar modificaciones en las</p>

	simulaciones de estos usuarios en específico.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.1.6 Visualizar datos del suelo

Identificación del requerimiento:	RF06
Características	Información de los datos de suelo
Descripción del requerimiento	El usuario tendrá acceso a una guía en donde encontrará en forma de listado las características y los
	Parámetros más importantes de los suelos.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Baja.

5.1.1.7 Visualizar panel de ayuda

Identificación del requerimiento:	RF7
Características	Información de soporte para el usuario.
Descripción del requerimiento	Los usuarios podrán acceder a un listado de información para el soporte y uso de las diferentes funciones de las aplicaciones.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Baja.

5.1.1.8 *Modificar perfil de usuario.*

Identificación del requerimiento:	RF08
Características	Listado de la información del usuario sesionado
Descripción del requerimiento	El usuario sesionado podrá visualizar los detalles de su información personal, y en caso de requerirlo, se podrán realizar actualizaciones a la información.
Requerimiento NO funcional	-
Prioridad del requerimiento:	Baja.

5.1.2 **Requerimientos No funcionales.**

Ahora se puede se listan los requerimientos no funcionales más importantes del software definiendo, características generales y restricciones del sistema.

5.1.2.1 *Ingresar.*

Identificación del requerimiento:	RNF01
Características	Permite al sistema ingresar un usuario asignándole permisos de acuerdo con el rol seleccionado.
Descripción del requerimiento	Los usuarios accederán mediante correo electrónico y contraseña, y posteriormente se le asignarán permisos específicos.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.2 Registrar

Identificación del requerimiento:	RNF02
Características	Permite al sistema registrar un nuevo usuario en la base de datos.
Descripción del requerimiento	Los usuarios otorgarán datos personales como el nombre completo, tipo de usuario correo electrónico, contraseña, teléfono, entre otros.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.3 Recuperar de contraseña.

Identificación del requerimiento:	RNF03
Características	Permite al usuario recuperar sus credenciales de acceso.
Descripción del requerimiento	Los usuarios podrán reestablecer su contraseña siempre y cuando el correo electrónico se encuentre en el sistema.
Prioridad del requerimiento:	Media.

5.1.2.4 Cerrar sesión

Identificación del requerimiento:	RNF04
Características	Salida del sistema
Descripción del requerimiento	Los usuarios tendrán la opción de realizar una salida segura de la aplicación.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.5 Controlar datos

Identificación del requerimiento:	RNF05
Características	Control de datos.
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá tener la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos.
Prioridad del requerimiento:	Media.

5.1.2.6 Cifrar contraseñas

Identificación del requerimiento:	RNF06
Características	Seguridad de los datos.
Descripción del requerimiento	Se debe implementar seguridad o encriptación para salvaguardar el manejo de datos.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.7 Estabilizar sistema.

Identificación del requerimiento:	RNF07
Características	Gran capacidad de flujo de información y tiempo de restauración del sistema corto.
Descripción del requerimiento	El sistema debe tener una disponibilidad alta.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.8 Respaldo

Identificación del requerimiento:	RNF08
Características	Capacidad de recuperación y restauración de datos para la trazabilidad de cada estudiante o tutor.
Descripción del requerimiento	Los datos de historial de uso en la plataforma tendrán respaldos para su recuperación y restauración.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

5.1.2.9 Plataforma web.

Identificación del requerimiento:	RNF09
Características	El software debe correr en servidores web.
Descripción del requerimiento	EL desarrollo del sistema de información debe ser en web teniendo soporte para los navegadores comerciales.
Prioridad del requerimiento:	Alta.

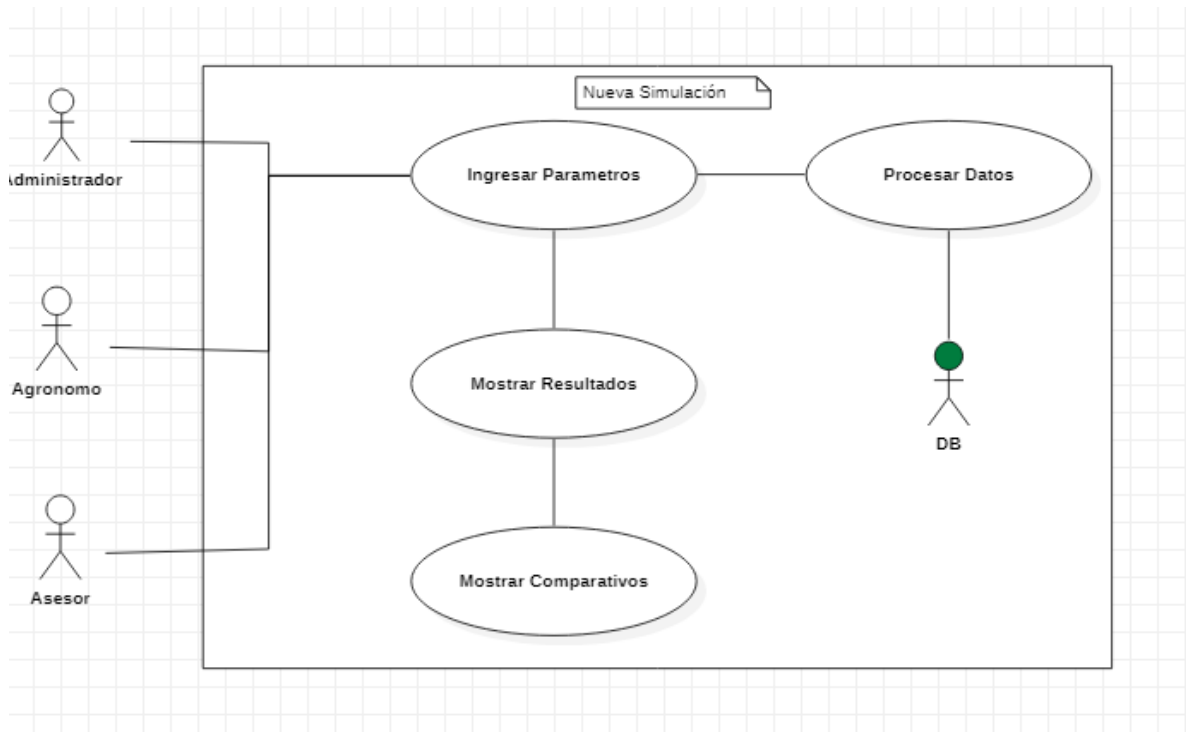
5.2 Diagramas de Casos de Uso

A continuación, se pueden observar los diagramas de casos de uso en los cuales se representa de manera simplificada la interacción entre los diferentes actores y sus diferentes escenarios de acción dentro de software, sustentando la lógica de los procesos del sistema. Un diagrama que resume los requerimientos de software es presentado en la Ilustración 15, posterior a ella, se presentaran los diagramas de casos de uso específico más relevantes para la aplicación

5.2.1 Generar nueva simulación

A continuación, se puede observar en la Ilustración 9 el caso de uso que representa el momento en el que el usuario realiza una nueva situación en el sistema y como este responde realizando las consultas y cálculos correspondientes y en secuencia arrojando los resultados al usuario.

Ilustración 9 Generar nueva Simulación – Caso de Uso

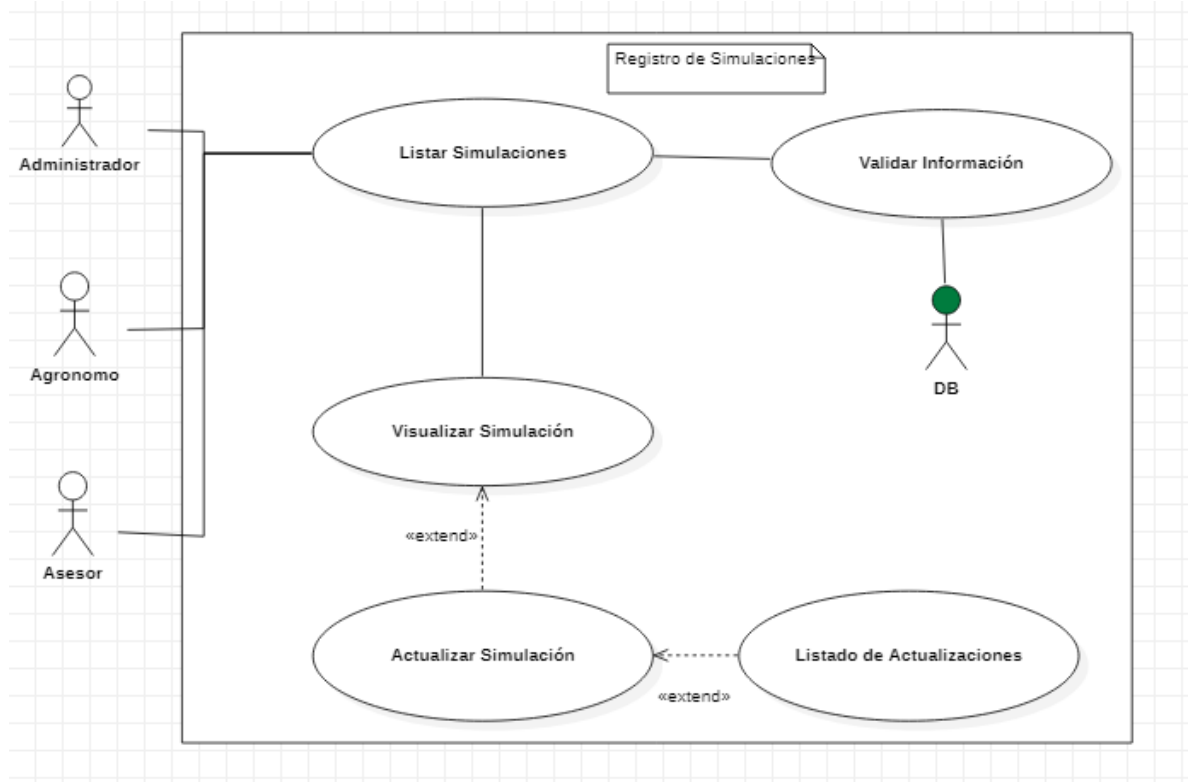


Fuente: Propio

5.2.2 Gestionar simulaciones

En el diagrama que se presenta en la Ilustración 10 se puede observar la interacción en proceso de consultar las simulaciones registradas a nivel individual y posterior actualización de ser requerida.

Ilustración 10 Gestionar simulaciones – Caso de uso

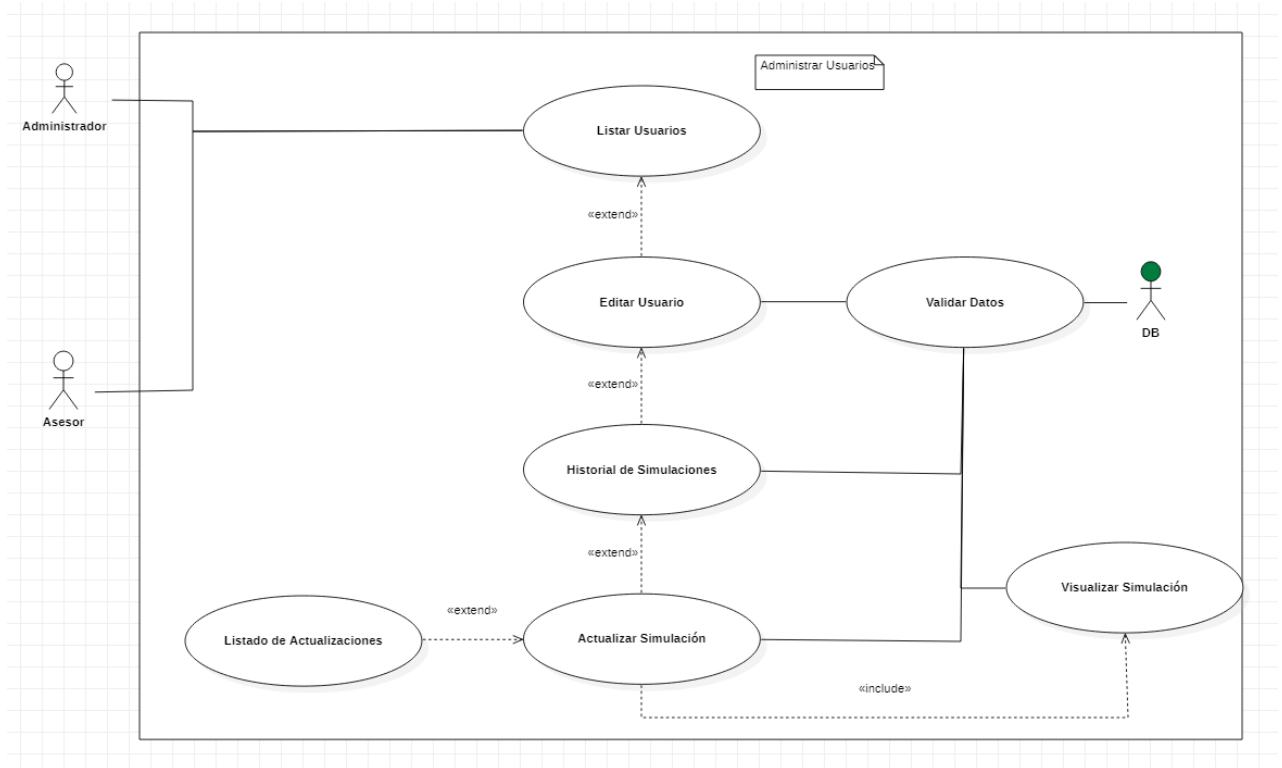


Fuente: Propia

5.2.3 Administrar usuarios

En el siguiente diagrama se puede observar la interacción entre los usuarios con categorías especiales y el sistema de consulta de usuarios de tipo “agrónomo” registrados en el sistema, en la Ilustración 11 podemos ver como dichas categorías tienen la capacidad de modificar los datos de los usuarios registrados, pero siempre conservando un registro histórico de dichas modificaciones para general un control de ser requerido.

Ilustración 11 Administrar usuarios – Caso de uso

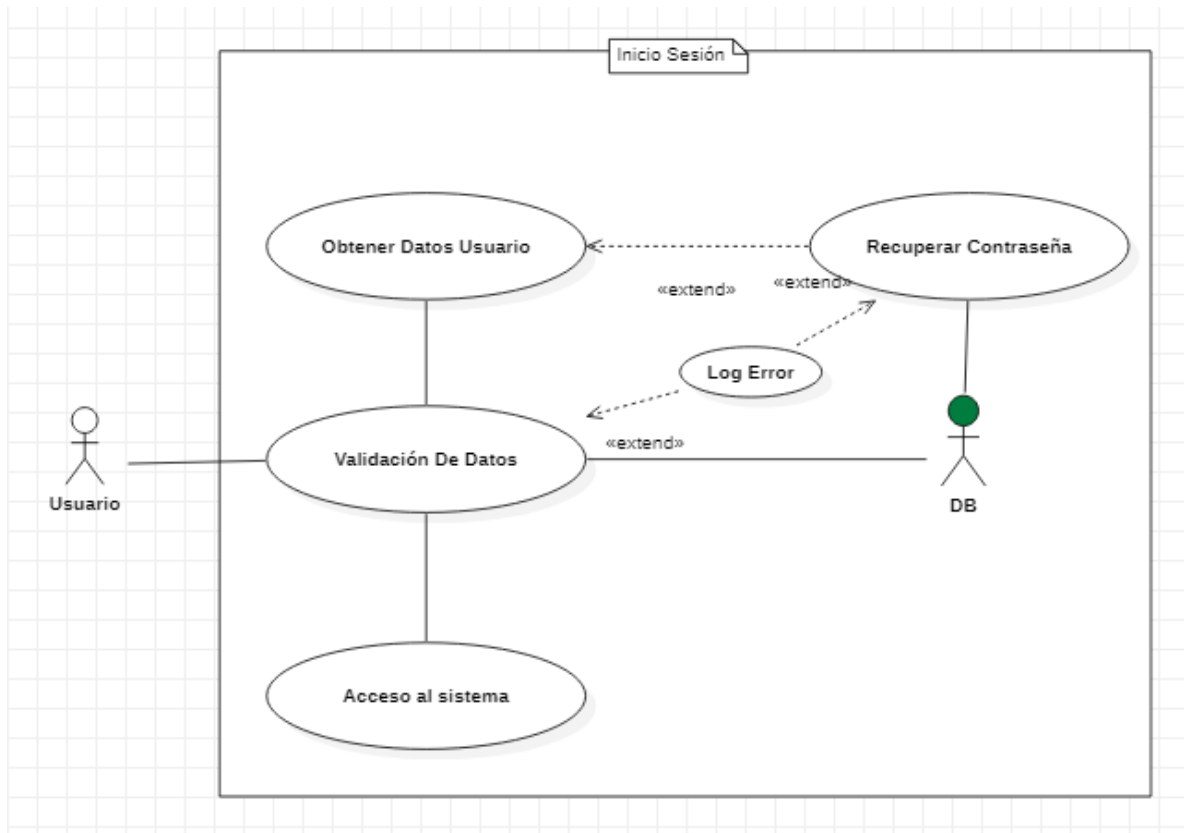


Fuente: Propia

5.2.4 Iniciar de sesión

En la Ilustración 12 se observa el diagrama que representa la interacción de los usuarios aún sin identificar en el proceso de inicio de sesión y las acciones posibles de respuesta.

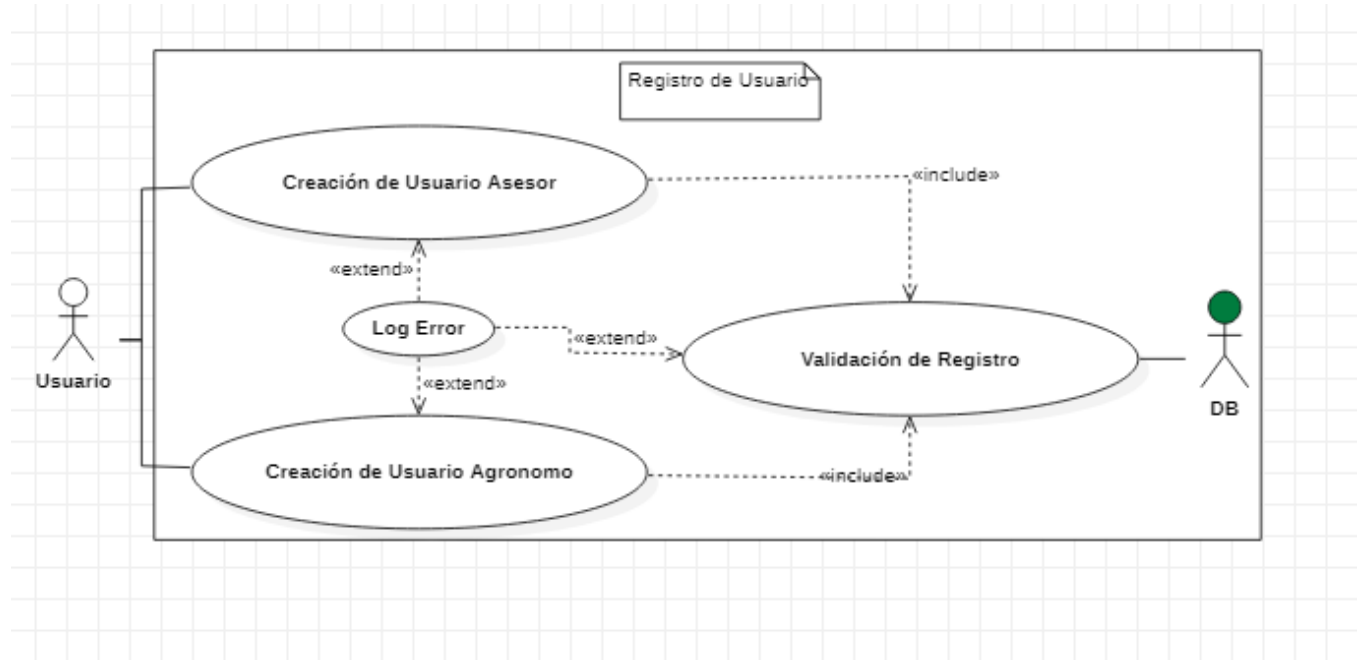
Ilustración 12 : Iniciar sesión – Caso de uso



Fuente: Propia

Igualmente, en la Ilustración 13 podemos observar el proceso general en el momento en que un potencial nuevo usuario procede a realizar su registro en el sistema.

Ilustración 13 Registro de nuevo usuario - Caso de uso



Fuente: Propia

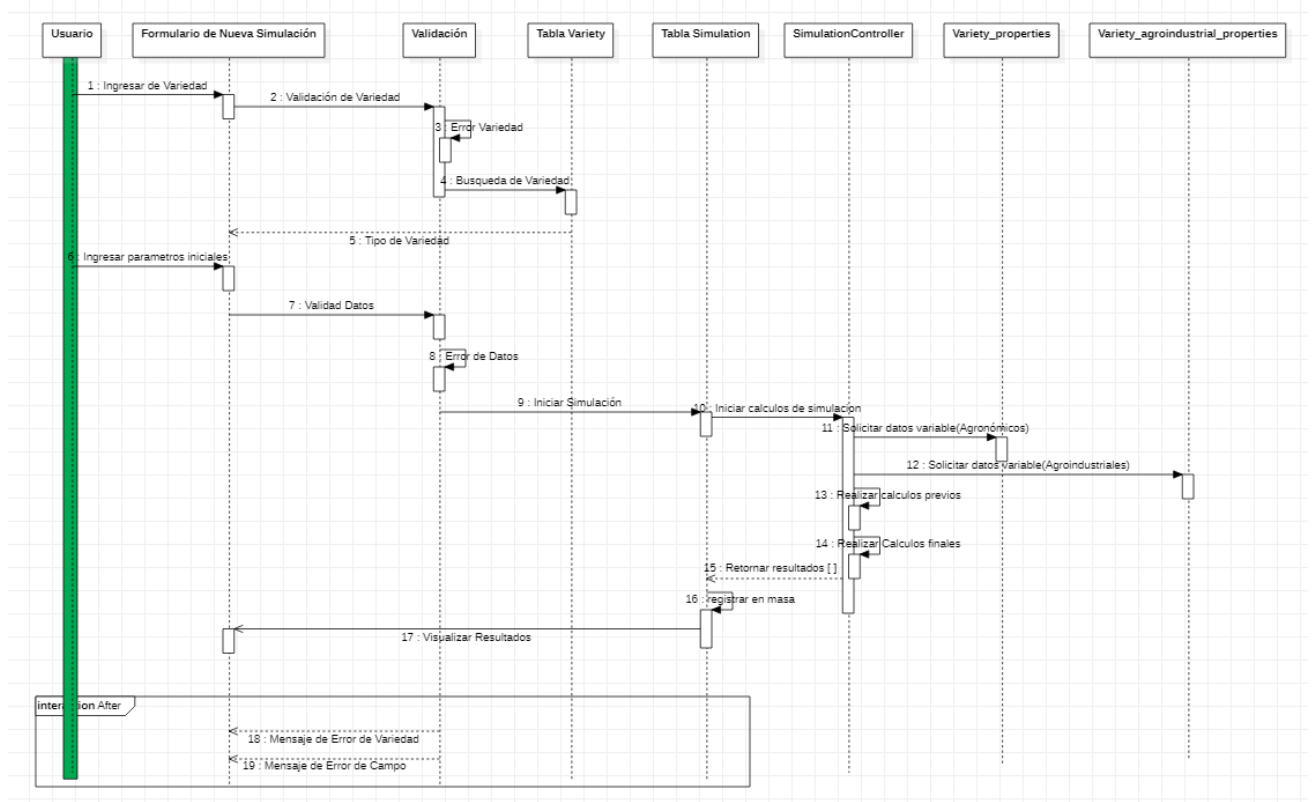
5.3 Diagramas de secuencia

En los siguientes diagramas se presentan los diagramas de secuencia de los principales procesos realizados por el sistema que puede gestionar el usuario y el orden de respuesta de estos con sus posibles caminos de exclusión.

5.3.1 Generar nueva simulación

Generar nueva simulación involucra 8 elementos del software tal y como se aprecia en la Ilustración 14, observe que tras ser validada la información de entrada que compete a la simulación, el software procede a consultar los datos base en las tablas correspondientes para proceder a realizar las operaciones establecidas en el controlador “SimulationController” y retornados a la vista para que el usuario pueda obtener y analizar los resultados finales.

Ilustración 14 Generar nueva simulación – Secuencia

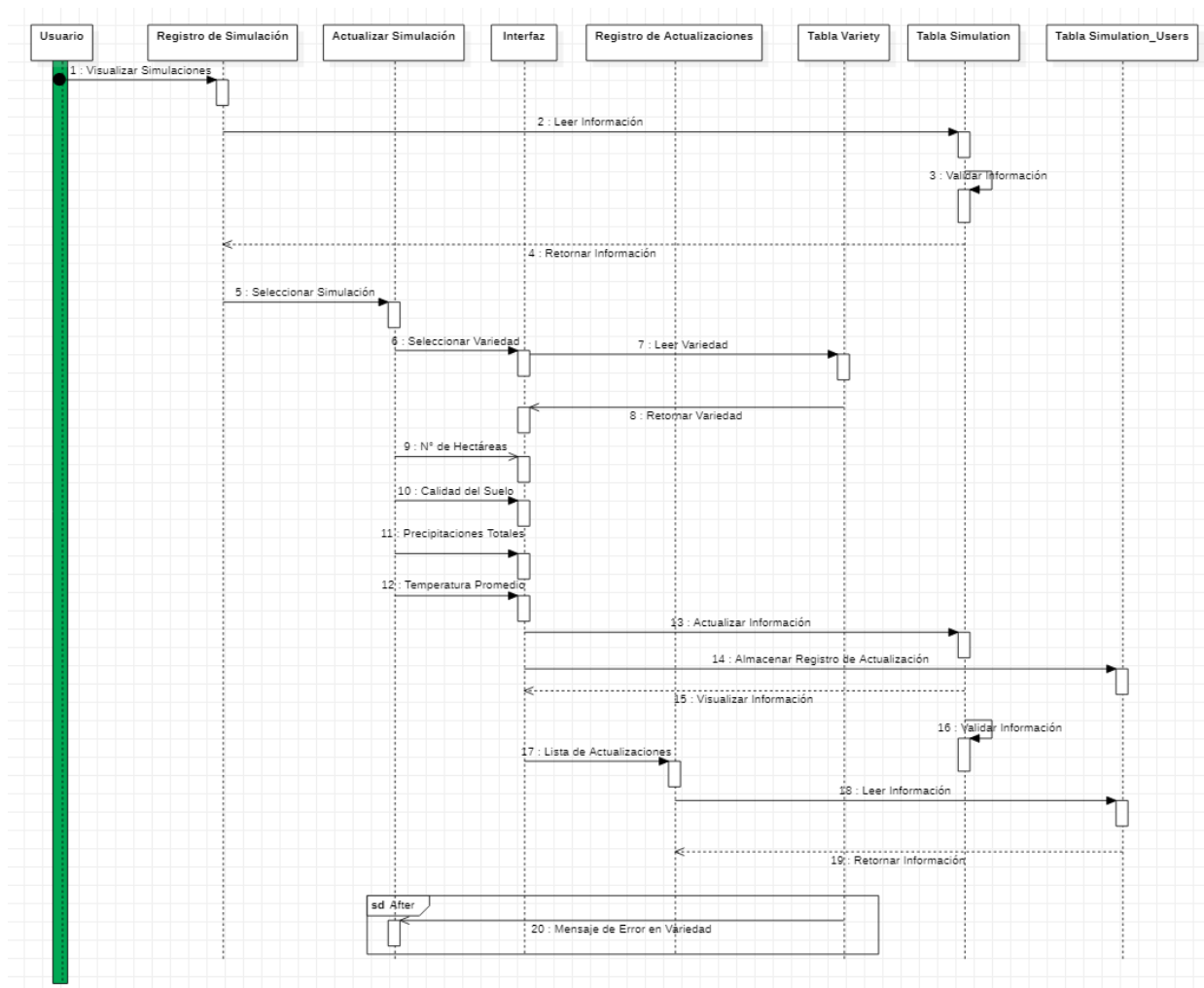


Fuente: Propia

5.3.2 Gestionar simulaciones

En la Ilustración 15 podemos observar la interacción entre el usuario y el sistema en el momento de realizar una consulta sobre el registro histórico del usuario a simulaciones previamente realizadas visualizando las peticiones de datos almacenados en las tablas relacionadas “Tabla Simulation” y “Tabla_Simulation_Users”e igualmente como se comunica el sistema en el momento de realizar actualizaciones de las simulaciones consultadas actualizando los datos y generando registros de dichas actualizaciones.

Ilustración 15 Gestionar simulaciones – Secuencia

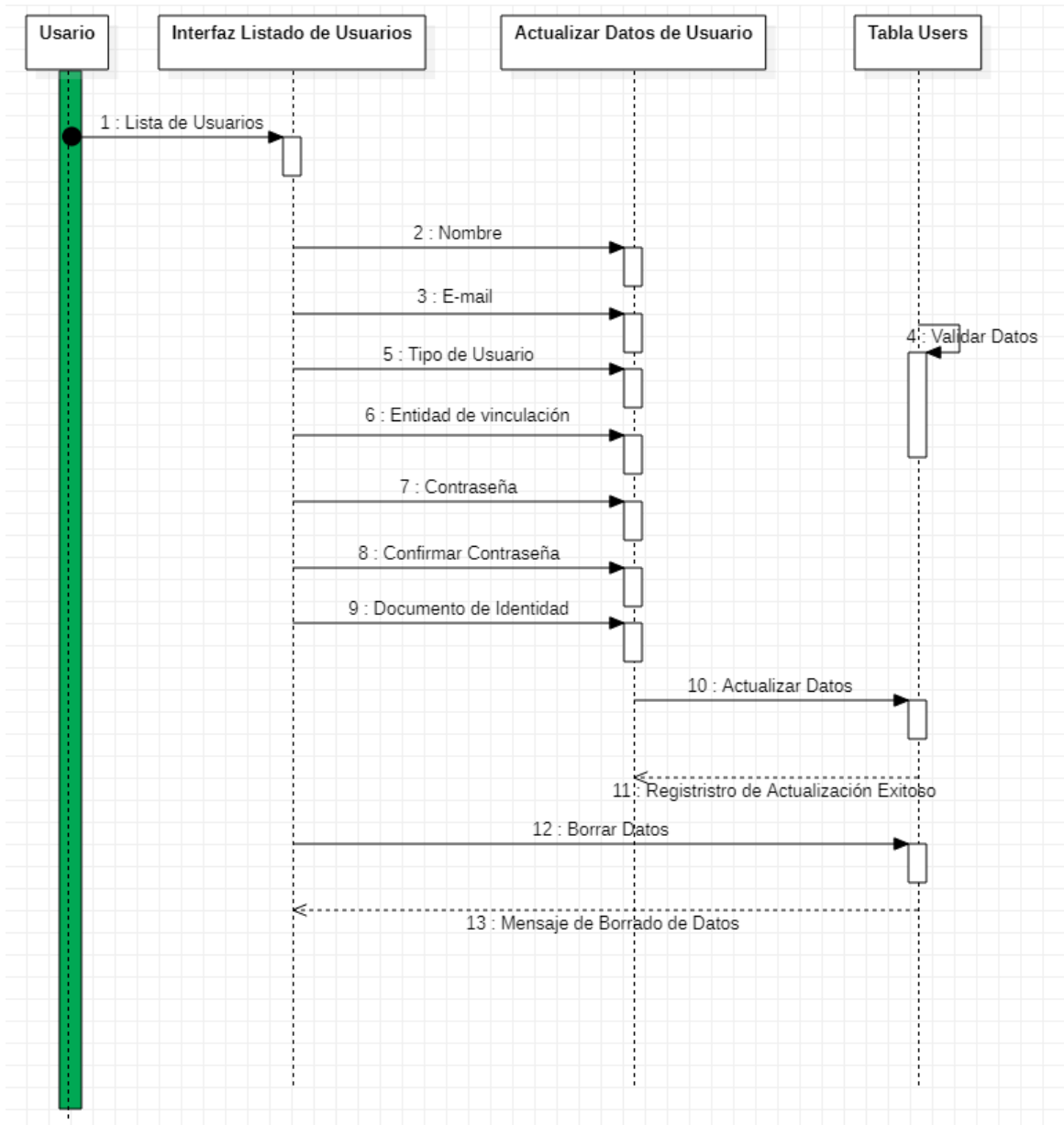


Fuente: Propia

5.3.3 Administrar usuarios

Como se ha mencionado en anteriores referencias la Ilustración 16 hace alusión a la capacidad que brinda el sistema a los usuarios de nivel superior de poder consultar y actualizar los datos referentes los usuarios de tipo agrónomo.

Ilustración 16 Administrar usuarios – Secuencia

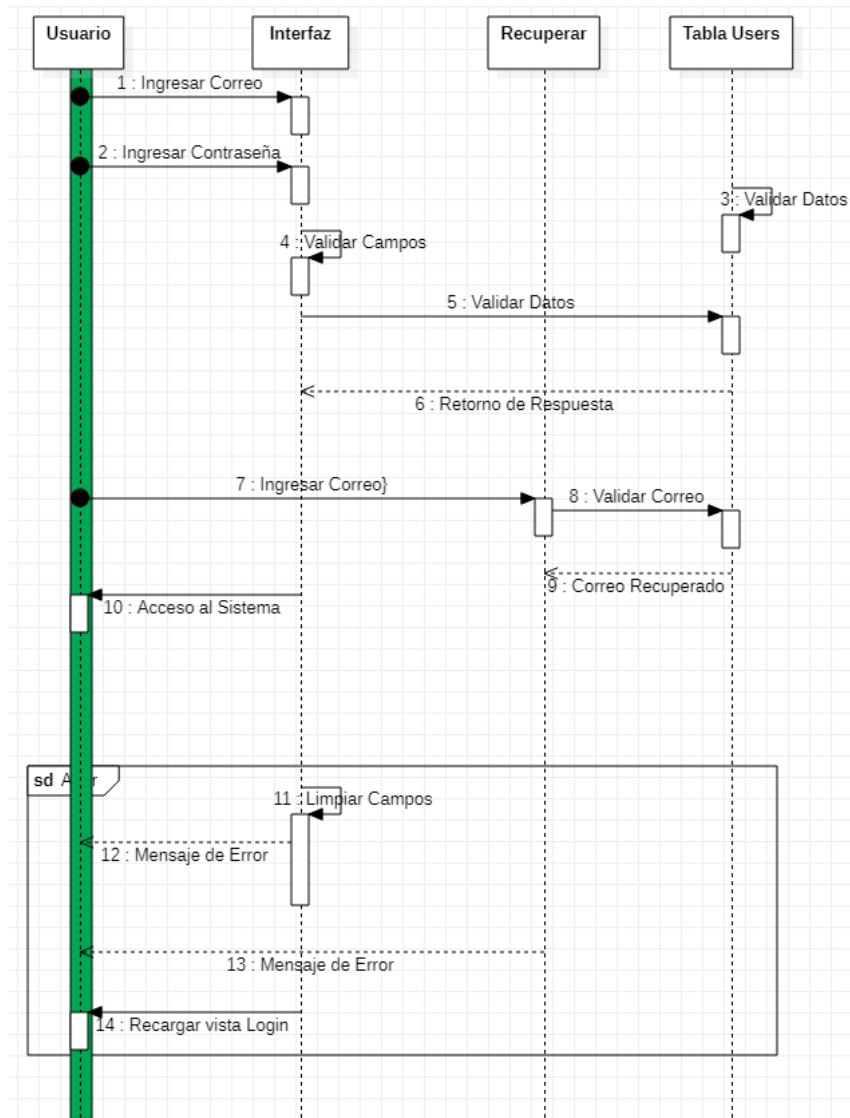


Fuente: Propia

5.3.4 Iniciar sesión

En el diagrama representando en la Ilustración 17 se observan los pasos realizados en el momento de validar el inicio de sesión de un usuario previamente registrado o ya bien el sistema de recuperación de datos en caso olvido.

Ilustración 17 Iniciar sesión – Secuencia

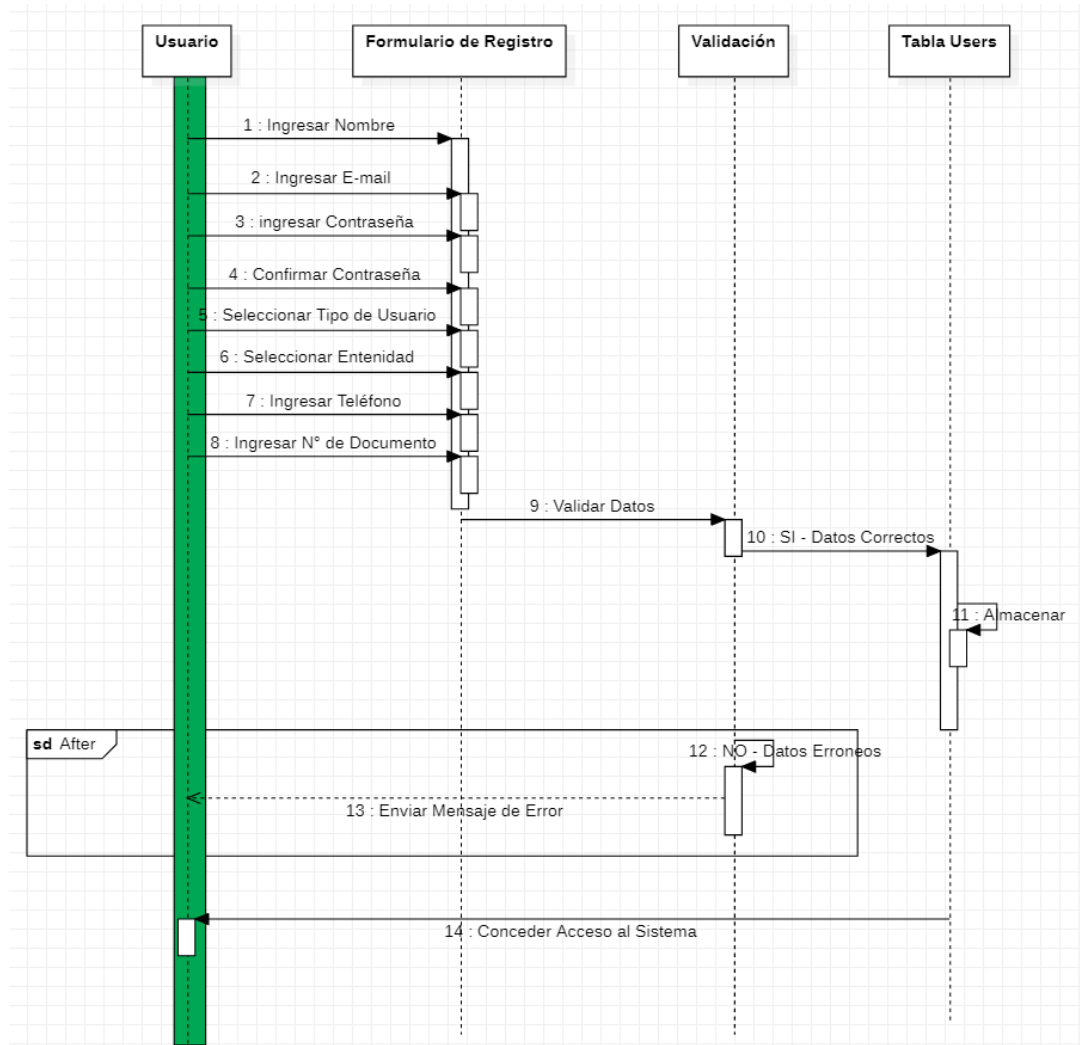


Fuente: Propia

5.3.5 Registrar usuario

En la Ilustración 18 se visualiza como un usuario potencial genera un nuevo registro en el sistema para poder acceder al mismo, mediante el registro de unos pocos datos fundamentales posteriormente almacenados en “Tabla_Users” retornando un mensaje de aceptación y cambiando a la vista principal o enviando un mensaje de error negando el registro por algún error de validación.

Ilustración 18 Registrar usuario – Secuencia



Fuente: Propia

5.4 Diseño de interfaces

Diseño de las interfaces del sistema por vistas enfocado en usabilidad y diagramación intuitiva para que de esta forma sea de fácil uso para cualquier tipo de usuario,

5.4.1 Inicio de sesión, registro y recuperación

En la Ilustración 19 se puede observar el diseño final de los requerimientos de iniciar sesión, registrar a un nuevo usuario o recuperar contraseña.

Ilustración 19 Inicio de sesión - Vista



The screenshot shows a login interface for 'THE SUGARCANE SIMULADOR DE CULTIVO'. At the top left is the logo. Below it, the word 'BIENVENIDO' is displayed in large green letters. A message reads: 'Gracias por regresar, por favor inicie sesión en su cuenta completando este formulario.' There are two input fields: 'E-mail' with the value 'oscartriana66@gmail.com' and 'Contraseña' with masked characters. Below the fields are two buttons: 'INGRESAR' (dark green) and 'REGISTRARME' (light green). A link for '¿Olvidó su contraseña?' is located to the right of the password field.



Fuente: Propia

Se observa en la Ilustración 20 el diseño de la vista en la acción de registrar un nuevo usuario conservando la diagramación de inicio de sesión.

Ilustración 20 Registro – Vista

The screenshot shows a registration form for 'THE SUGARCANE SIMULADOR DE CULTIVO'. The form is organized into two columns. The left column contains: a text input for 'Nombres' (with 'Nombres' as a placeholder), a text input for 'E-mail' (with 'oscartriana66@gmail.com' as a placeholder), a dropdown menu for 'Tipo de usuario' (with '-- Seleccionar uno --' as a placeholder), and a text input for 'Entidad a la que se esta vinculando' (with 'Entidad a la que se esta vinculando' as a placeholder). The right column contains: a password input for 'Contraseña' (with a masked password '*****'), a text input for 'Confirmar contraseña' (with 'Confirmar contraseña' as a placeholder), a text input for 'Teléfono/Celular' (with 'Teléfono/Celular' as a placeholder), and a text input for 'Número de documento de identidad' (with 'Número de documento de identidad' as a placeholder). At the bottom, there are two buttons: a dark green 'REGISTRARME' button and a light green 'INGRESAR' button.

Fuente: Propia

Igualmente, en la Ilustración 21 ilustra una interfaz de recuperación de datos intuitiva y continuando con la estructura demarcada.

Ilustración 21 Recuperar contraseña - Vista

The screenshot shows a password recovery form for 'THE SUGARCANE SIMULADOR DE CULTIVO'. The form features the company logo at the top left. Below the logo, the word 'RECUPERAR' is displayed in large, bold, teal letters. Underneath, a short instruction reads: '¿Haz olvidado tu contraseña? No te preocupes. ingresa el correo electrónico vinculado a tu cuenta y recibirás una nueva:'. A text input field for 'E-mail' (with 'Usuario' as a placeholder) is provided. At the bottom, there are two buttons: a dark green 'RECUPERAR' button and a light green 'INGRESAR' button.



Fuente: Propia

5.4.2 Nueva Simulación

En la vista representada en la Ilustración 22 se puede observar el diseño en la opción “Nueva simulación”, en donde se solicitan las variables más importantes a considerar en los procesos que influyen en un cultivo de caña para que de esta forma poder obtener resultados en el tiempo basados en estos datos, consecuentemente se puede observar la vista de cálculos y resultados, agrupados de manera entendible para el usuario conocedor e igualmente acompañados de una representación gráfica de manera comparativa que funciona dinámicamente dependiendo del dato en el que queramos hacer énfasis, esto con el fin de proporcionar guía y entendimiento de los pros y contras del posible cultivo y las condiciones del mismo.

Ilustración 22 Nueva simulación - Vista

Oscar Mauricio Banderas Triana

NUEVA SIMULACIÓN

REGISTRO DE SIMULACIONES

REGISTRO DE USUARIOS

PARAMETROS DE SUELO

AYUDA

CERRAR SESIÓN

THE SUGARCANE
SIMULADOR DE CULTIVO

Nueva simulación

Variedad
Ingrese la variedad para realizar la simulación

Número de hectareas sembradas
Número de hectareas sembradas

Calidad del suelo (porcentaje 0 - 100)
Calidad del suelo (porcentaje)

Precipitaciones totales
Precipitaciones totales

Temperatura promedio de la zona (centígrados)
Temperatura promedio de la zona (centígrados)

Recoleccion (numero de meses desde el cultivo)
Recoleccion (numero de meses desde el cultivo)

INICIAR SIMULACIÓN

Fuente: Propia

Se puede apreciar en la Ilustración 23 los datos resultantes arrojados por el sistema después de los cálculos correspondientes, acompañados información base de los porcentajes e factibilidad obtenidos.

Ilustración 23 Resultados de simulación - Vista

Porcentaje de temperatura: 1.	Porcentaje de precipitaciones: 0.941	Porcentaje de condiciones del clima: 0.970
Mes apto de cosecha: 15.36	Porcentaje de aptitud de cosecha: 0.976	

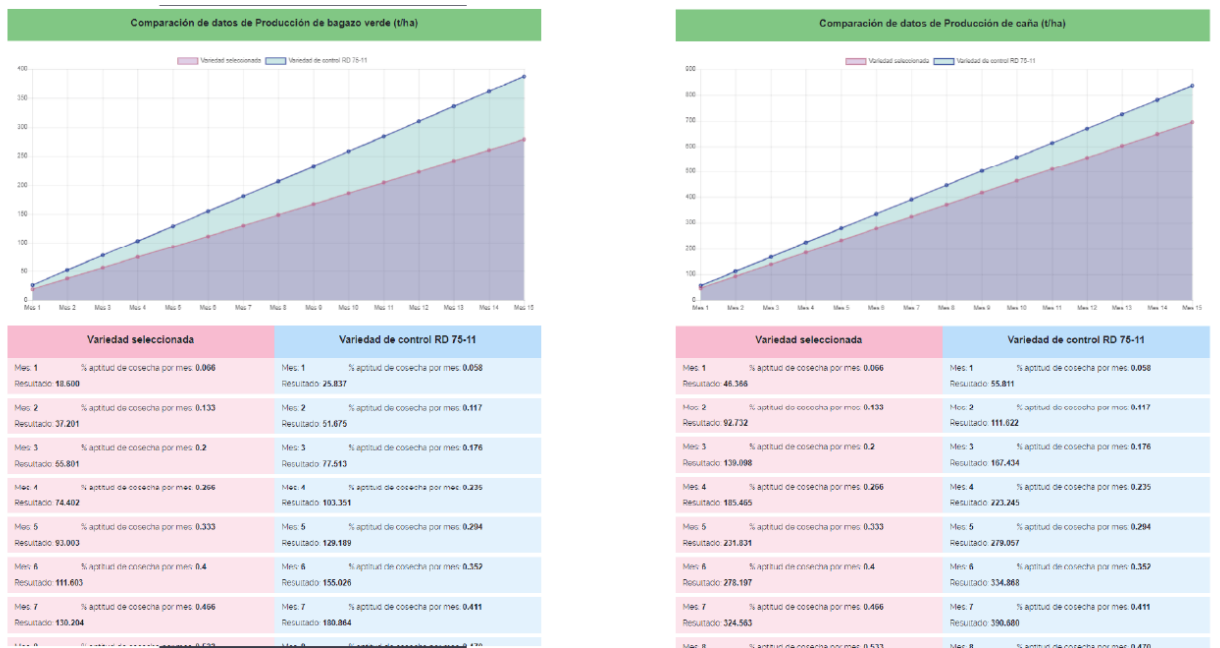
Resultados

Variables Agroindustriales	Variables Agronómicas
Brix	Altura promedio de planta (m) 2.131
Jugos: 13.911 Panela: 68.807	Díametro de tallo (cm) 2.191
pH	Longitud de entrenudo (cm) 7.935
Jugos: 3.971 Panela: 4.031	Índice de crecimiento (cm/mes) 13.873
Azúcares reductores (%)	Índice de crecimiento (entrenudos/mes) 1.316
Jugos: 0.972 Panela: 7.853	Tallos molederos al momento del corte (Nro.) 79581.983
Sacarosa (%)	Producción de caña (t/ha) 135.760
Jugos: 12.864 Panela: 60.057	Producción de cogollo - semilla (t/ha) 20.634
Pureza (%)	Producción de palma - hojas verdes (t/ha) 44.455
Jugos: 69.181 Panela: 65.292	Producción de panela (t/ha) 16.304
Fosforo (ppm)	Rendimiento en panela (%) 8.982
Jugos: 178.750 Panela: 614.033	Producción de cachaza (t/ha) 7.897
Humedad (%)	Producción de melote (t/ha) 4.337
Jugos: 0 Panela: 6.506	Producción de bagazo verde (t/ha) 54.462

Fuente: Propia

Igualmente, como representa la Ilustración 24 acompañado con la información anterior se presenta una gráfica comparativa entre los datos de la variable objetivo contra los de la variable de control en las mismas condiciones de cultivo.

Ilustración 24 Tabla comparativa – Vista

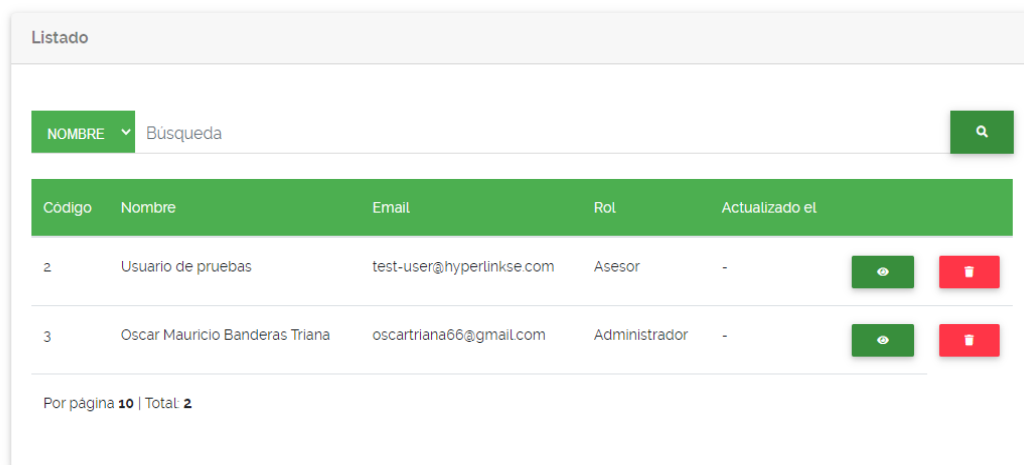


Fuente: Propia

5.4.3 Administrar Usuarios

Se observa en la Ilustración 25 el registro de simulaciones por usuario en el cual se podrá buscar por nombre, id o rol y con ello poder visualizar y modificar registros específicos de simulaciones anteriores,

Ilustración 25 Registro de Usuarios - Asesor y súper usuario - Vista



The screenshot shows a web interface for user management. At the top, there is a search bar with a dropdown menu set to 'NOMBRE' and a search icon. Below the search bar is a table with the following columns: Código, Nombre, Email, Rol, Actualizado el, and two action buttons (eye and trash). The table contains two rows of user data. At the bottom, there is a pagination indicator showing 'Por página 10 | Total: 2'.

Código	Nombre	Email	Rol	Actualizado el		
2	Usuario de pruebas	test-user@hyperlinkse.com	Asesor	-		
3	Oscar Mauricio Banderas Triana	oscartriana66@gmail.com	Administrador	-		

Por página 10 | Total: 2

Fuente: Propia

Adicionalmente se observa en la Ilustración 26 el diseño del registro usuarios en general, el cual esta solo habilitado para los actores de tipo “asesor” en el cual se podrán visualizar u eliminar a otros usuarios de tipo “cañicultor” y sus registros e igualmente modificar de ser necesario, esto siendo acompañado de un histórico de modificaciones para establecer el origen siempre que se realice este proceso.

Ilustración 26 Detalle de usuarios - Vista

THE SUGARCANE
SIMULADOR DE CULTIVO

Usuario De Pruebas
Asesor - ID: 2

Nombres
usuario de pruebas

Contraseña
Contraseña

E-mail
test-user@hyperlinkse.com

Confirmar contraseña
Confirmar contraseña

Tipo de usuario
Asesor

Teléfono/Celular
3222183956

Entidad a la que se esta vinculando
hyperlink se

Número de documento de identidad
123123123

ACTUALIZAR CANCELAR

Historial de simulaciones

Código	Fecha	Hectareas sembradas	Calidad suelo	Precipitaciones	Temperatura promedio	Recoleccion
1	Octubre 08, 2020 a las 12:35:24	142	100 %	1600	20	12

Fuente: Propio

5.4.4 Gestionar Simulaciones

En la Ilustración 27 se puede observar el diseño final de la tabla en donde se listan las simulaciones previamente realizadas, mostrando datos relevantes para que sean fácilmente identificadas y permitiendo una búsqueda de estas ya sea por fecha, tipo de variedad o código de simulación el cual es asignado automáticamente por el sistema en orden cronológico.

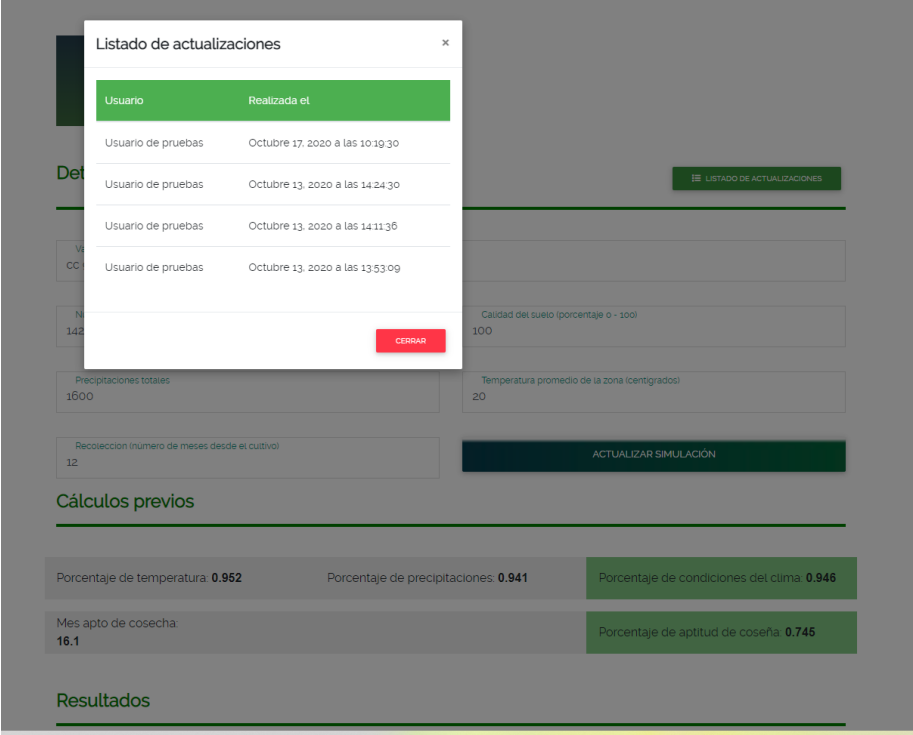
Ilustración 27 Registro de simulaciones - Vista

Código	Variedad	Fecha	Hectareas sembradas	Calidad suelo	Precipitaciones	Temperatura promedio	Recoleccion
4	Cc 92-2198	Dic 18, 2020	45	85 %	1400	22	10
3	Cc 91-1555	Dic 18, 2020	5	79 %	1600	21	15
2	Cc 93-7510	Dic 18, 2020	5	85 %	14000	23	15

Fuente: Propio

En la Ilustración 28 se ve como la interfaz nos permite llevar un control del número de modificaciones realizadas, que usuario las registro y en qué fecha para de esta forma evitar conflictos por cambios inesperados por alguno de los usuarios.

Ilustración 28 Histórico de modificaciones - Vista



Fuente: Propio

5.4.5 Parámetros del escenario

En la Ilustración 29 se muestra el despliegue en la opción de “Parámetros del suelo” el cual es una guía estandarizada para que el usuario tenga una claridad más específica de los factores que determinan la variable de “Calidad del suelo” y de cómo estos afectan su porcentaje.

Ilustración 29 Guía de parámetros del suelo – Vista

Propiedades del suelo

A continuación, podrá consultar una guía general de los elementos a tener en cuenta en el momento de seleccionar el porcentaje de calidad en el suelo a cultivar, si no tiene estos datos específicos, nuestra aplicación tomara un porcentaje de referencia base del 80%.

Lo invitamos a solicitar un análisis completo de sus suelos para cultivo con [Ceñicaña](#) o con el [Laboratorio nacional de suelos](#).

ALTA (MENOS DEL 90%)

MEDIA (80% - 55%)

BAJA (55% - 40%)

NO APTA (MENOS DE 40%)

Condiciones climáticas de la zona

Condiciones climáticas de la zona "hoya del río Suárez" en promedio en de 1 año.

CONDICIONES DEL CLIMA	
Temperatura	20°C - 22°C
Altitud del terreno (msnm)	1117
Precipitaciones totales (mm)	1800 - 1600
Humedad relativa	85%

Fuente: Propia

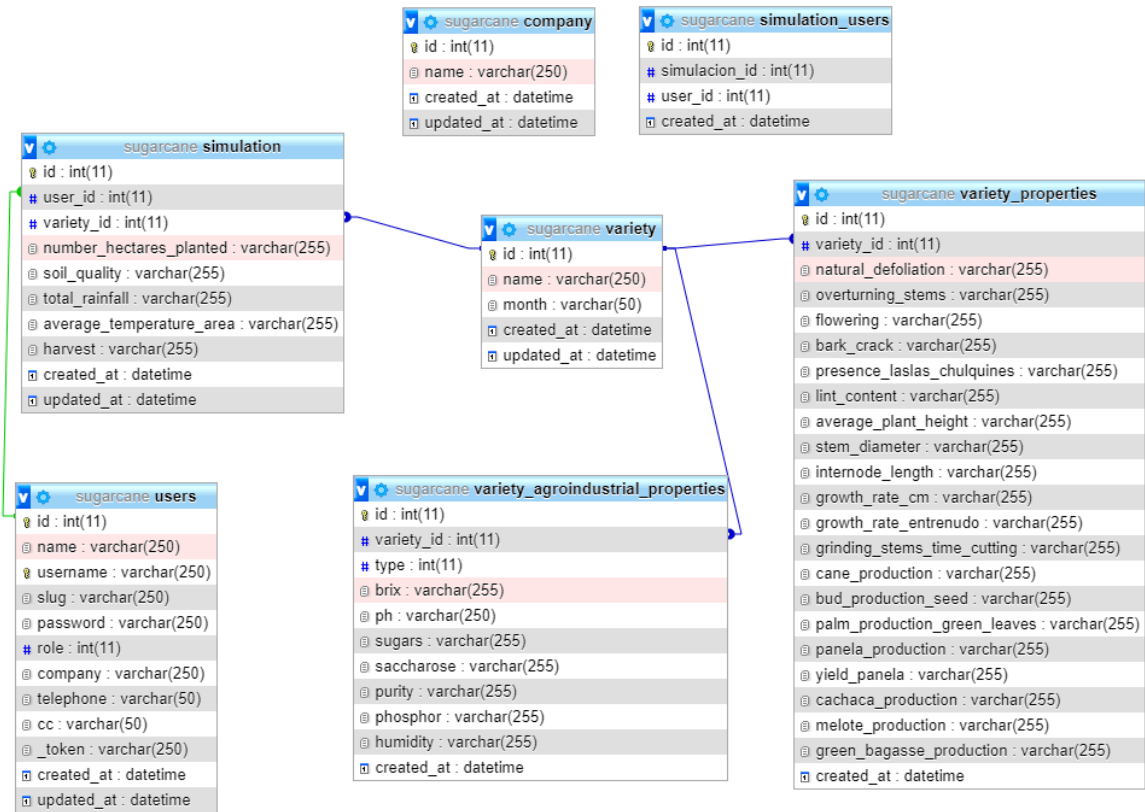
5.5 Diagramas de base de datos

A continuación, en la Tabla 7 es presentado el rol que cumple en el sistema cada una de las tablas que componen la base de datos del software, mas adelante en la Ilustración 30 se observa más a detalle que elementos componen cada una de las tablas y como se relacionan entre ellas.

Tabla 7. Descripción de las tablas de la base de datos

Tabla	-Descripción
Users	Almacena los datos y rol en el sistema de un usuario en específico.
Simulation_users	Almacena las relaciones entre los usuarios y las simulaciones realizadas.
Simulation	Almacena las variables iniciales de cada una simulación en realizadas.
Variety	Contiene la clasificación tipos de variedad que se pueden evaluar en el sistema y su mes apto de cosecha.
Variety_properties	Almacena las propiedades agronómicas propias de una variedad en específico.
Variety_agroindustrial_properties	Almacena las propiedades agroindustriales propias de una variedad en específico.
Company	Almacena una lista de posibles compañías vinculadas a un usuario asesor.

Ilustración 30 Modelo de base de datos

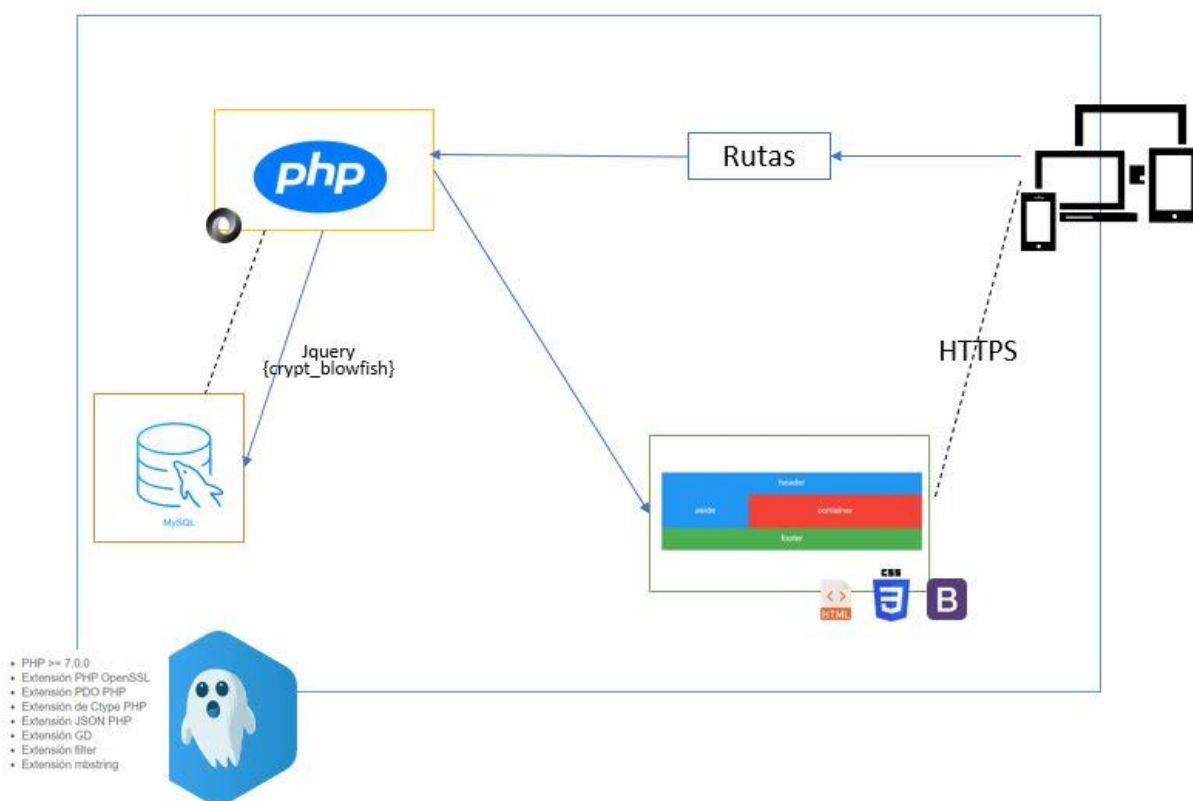


Fuente: Propia

5.6 Implementación del software

Sugar Cane utiliza el modelo de arquitectura MVC el cual se representa en la Ilustración 31, se representa en esta como se busca mantener las estructuras separadas y ordenadas de tal manera que sea fácilmente comprensible y permita escalabilidad e independencia en los procesos, para ello se trabaja sobre un framework de tipo privado llamado “BlueGhost” presentando rutas generales, funciones pre implementadas y variables de entornos globales fácilmente comprensibles, apoyadas por las librerías y dependencias propias del lenguaje PHP y Composer.

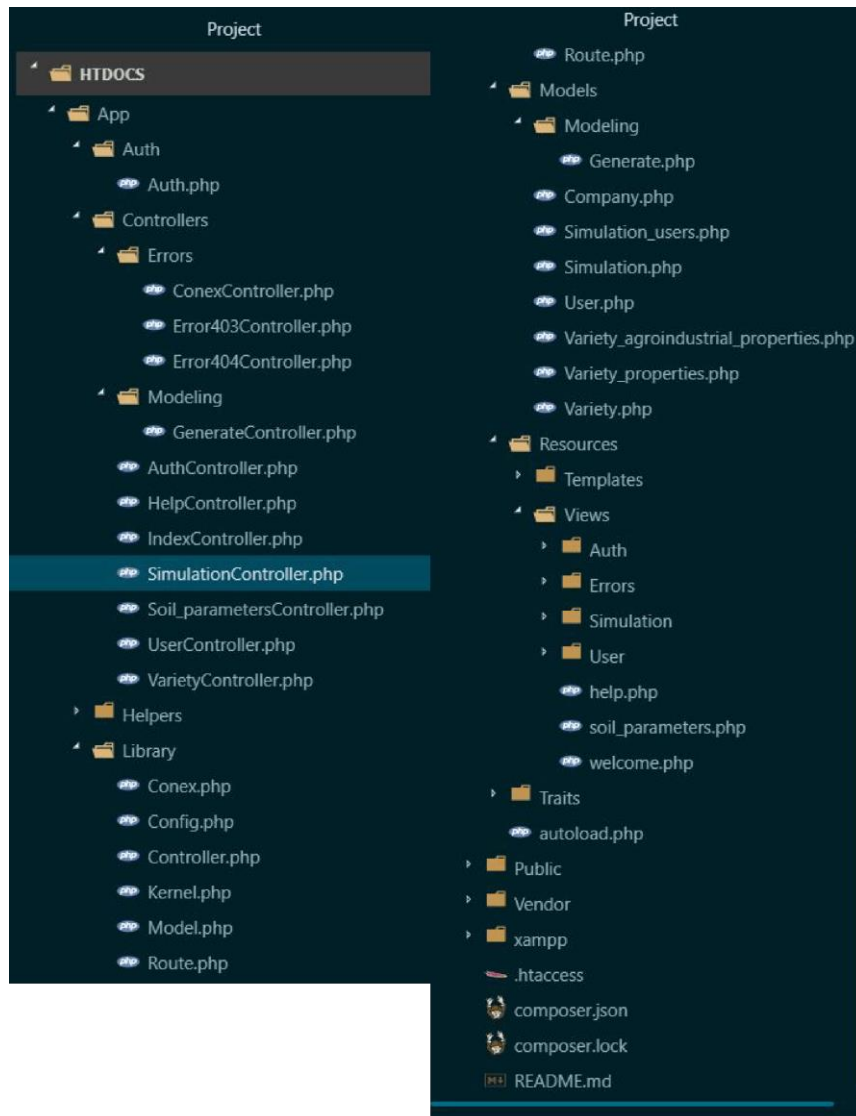
Ilustración 31 Arquitectura del software



Fuente: Propia

En la Ilustración 32 muestra una parte donde se aprecia en la vista del proyecto, los elementos que componen el controlador, las librerías y el modelo. Se puede observar en detalle como del directorio “App” se desglosan los elementos que contienen el código central de la aplicación.

Ilustración 32 Estructura de implementación del framework



Fuente: Propia

Aunque “BlueGhost” es un framework de tipo privado en esta figura podemos observar elementos primordiales de la implementación tales como “Auth.php” es la clase que se encarga todo el proceso de control de sesiones, así como la creación de nuevos usuarios y validación de los datos de login en generales.

Se observa también el directorio “controller” en el cual se realizan todas las peticiones por eventos al modelo, en estos archivos se controlan y asignan los valores a los atributos, se crean las instancias de

los modelos que se requieran para cada controlador y se realiza un control de los datos y funcionalidades del usuario en sesión, los controladores propios del software son presentados en la Tabla 8.

Tabla 8. Descripción de los controladores del sistema

Controllers	Descripción
GenerateController	Controlador de la vista principal de la página y mensajes emergentes.
AuthController	Controlador de sesiones, controla las vistas de inicio de sesión e interfaz.
HelpController	Controlador de la vista de ayuda.
IndexController	Controlador de la vista de bienvenida.
SimulationController	Contiene las funciones para la obtención, cálculo, procesamiento y encapsulamiento de los datos en una nueva situación y el control de actualizaciones de estas.
Soil_parametersController	Controlador de la vista sobre parámetros del suelo.
UserController	Controlador de usuarios, contiene las funciones de obtención, actualización, control de roles y demás datos asociados con un usuario específico y sus simulaciones vinculadas.
VarietyController	Controlador que valida el tipo de variedad a ser evaluada en la simulación.
Errors – ConexController Error403Controller 404Controller	elementos de respuesta a los errores más generales del sistema, como errores de conexión con el servidor, error 404 (Elemento no encontrado) y error 403 (Acceso denegado).

También existen diferentes librerías listadas en la propias del framework que heredan de controladores y modelos permitiendo realizar funciones primordiales para el funcionamiento del software, las librerías implementadas son:

Tabla 9 Librerías BlueGhost

Library	Descripción
Conex	conexión a la base de datos y ejecutar las consultas con PDO
Config	Manejo de variables de configuración y modo de ejecución: Develoment: muestra los mensajes de error con ejecución de peticiones MySQL en entorno de desarrollo. Production: elimina los mensajes de error con ejecución de peticiones MySQL en entorno de producción.
Controller	carga el modelo que se desea desde el controlador hijo, carga las vistas después de realizar alguna acción a la base de datos y valida campos de la base de datos.
Kernel	Realiza los llamados a las variables globales del sistema, archivos de configuración, generación de rutas
Model	Manejo de datos y funciones propias del modelo, ejecución de las sentencias SQL personalizadas.
Route	Validar, generar y cargar rutas específicas de los controladores y sus parámetros,

En el directorio “Models” se realiza todo lo referente a la gestión de la información y la interacción con los datos de la aplicación. Con los elementos descritos en la Ilustración 32 Estructura de implementación del framework] se puede acceder a la información de cualquier tabla como también actualizar y realizar depuraciones de los datos, siendo cada uno de esto una referencia directa a una tabla existente en la base de datos.

Al ser una clase contiene distintos atributos y para aumentar la seguridad e integridad de los datos almacenados se declaran para evitar el acceso a ellos. En la Ilustración 33 se puede observar un estándar en la implementación de atributos propios del modelo y las funciones implementadas en el mismo. Algunos ejemplos de estos son:

1. Table: variable para declarar el nombre de la tabla al cual pertenece.
2. fillable: variable que contiene los datos que se pueden registrar en masa.
3. hidden: variable que contiene los campos que no se dejaron ver en la aplicación.

4. `primary_key`: variable que contiene el campo primario de la tabla a la cual pertenece.

Ilustración 33 Estructura del modelo

```
class Variety_agroindustrial_properties extends Model
{
    // función constructor de la clase
    public function __construct()
    {
        // llamamos el constructor de la clase padre
        parent::__construct();
        // variable para declarar el nombre de la tabla al cual pertenece
        $this->table = "variety_agroindustrial_properties";
        // llenamos la variable que contiene los datos que se pueden registrar en masa
        $this->fillable = [ "variety_id", "type", "brix", "ph", "sugars", "saccharose", "purity", "phosphor", "humidity", "created_at" ];
        // variable que contiene los campos que no queremos dejar ver
        $this->hidden = [ ];
    }

    // función para guardar un usuario
    public function all( $input = 'id', $order = 'asc' )
    {
        return parent::all( $input, $order );
    }

    // función para buscar por id
    public function store( $request )
    {
        return parent::store( $request );
    }

    // función para buscar por id
    public function update( $request )
    {
        return parent::update( $request );
    }

    // función para buscar por id
    public function find( $primary_key )
    {
        return parent::find( $primary_key );
    }

    // función para buscar por id
    public function delete( $primary_key )
    {
        return parent::delete( $primary_key );
    }

    // función para buscar una variedad por nombre
    public function find_by_variety_id_and_type( $variety_id, $type )
    {
```

Fuente: Propia

En la línea 544 del código en el archivo “SimulationController” se puede apreciar la función para calcular mes por mes el “porcentaje de actitud de cosecha” de determinada variedad hasta el mes específico en el que usuario pretende cosechar del cultivo simulado, esto como parte de los cálculos previos que realiza el sistema, definiendo entradas como `haverst` (mes que ingresa el usuario para definir los mes que se calcularan), `mes_cosecha` (mes óptimo de cosecha de cada variedad), `soil_quality` (calidad del suelo), `variety_property` (valor de la propiedad a evaluar), `number_hectares_planted` (número de hectáreas ingresadas por el usuario, por defecto se establecer en 1) y retornando un arreglo del porcentaje de actitud de cosecha mes a mes, tal y como se muestra en la Ilustración 34

Ilustración 34 Funciones del controlador

```
544 public function calcular_meses_siembra( $harvest, $mes_cosecha, $soil_quality, $variety_property, $porcentaje_clima, $number_hectares_planted = 1
545 {
546     // arreglamos la calidad del suelo
547     $soil_quality = ( $soil_quality / 100 );
548     // aproximamos la cantidad de meses de cosecha hacia abajo
549     $harvest = floor( $harvest );
550     // aproximamos el mes de cosecha hacia abajo
551     $mes_cosecha = floor( $mes_cosecha );
552     // variable que contendra los datos de los meses
553     $months = [];
554     // recorremos la cantidad de meses
555     for ( $i = 1; $i <= $harvest; $i++ )
556     {
557         // calculamos el porcentaje de aptitud de cosecha
558         $harvest_fitness_percentage = $i / $mes_cosecha;
559         // calculamos el valor del mes
560         $value = $this->fix_value( ( ( ( $variety_property * $soil_quality ) * $porcentaje_clima ) * $harvest_fitness_percentage ) * $number_hectare
561         // asignamos el porcentaje de de aptitud por mes de cosecha
562         $months[ $i ][ 'harvest_fitness_percentage' ] = $this->fix_value( $harvest_fitness_percentage );
563         // asignamos el porcentaje de de aptitud por mes de cosecha
564         $months[ $i ][ 'value' ] = $value;
565     }
566     return $months;
567 }
568
569 // función para calcular los resultados de la simulación
570 private function calculate_results_simulation( $variety_property, $calculos_previos )
571 {
572     return ( ( $variety_property * $calculos_previos['soil_quality'] ) * $calculos_previos['porcentaje_clima'] ) * $calculos_previos['porcentaje_apt
573 }
574
575 // función para arreglar un valor
576 private function fix_value( $value )
577 {
578     // validamos si es 0
579     if( $value == 0 )
580         // retornamos el 0
581         return 0;
582 }
```

Fuente: Propia

La información previamente calculada que se presenta en la Ilustración 35 será reutilizada por otras funciones de la clase y también se verá reflejada en la vista antes de los resultados finales.

Ilustración 35 Cálculos previos – Vista

Cálculos previos

Porcentaje de temperatura: 1.047	Porcentaje de precipitaciones: 0.647	Porcentaje de condiciones del clima: 0.847
Mes apto de cosecha: 16.1	Porcentaje de aptitud de coseña: 0.124	

Fuente: Propia

También se puede observar en la línea 570 del código la función principal que realiza los cálculos finales agrupando los cálculos previamente realizados a cada una de las variables propias de la variedad a ser evaluada.

Apoyando al sistema controlados existen conexiones con una base de datos de tipo relacional como es “MySQL” a través de consultar Query implementando los parámetros de \$query y \$fetch para generar las consultar y encapsular y convertir los parámetros de respuesta, desarrollando una estructura lógica global.

Además de esto observando la Ilustración 36 se puede apreciar cómo se implementan estructuras Bootstrap apoyadas con estilos propios y modificados para el desarrollo de una interfaz intuitiva para el usuario y adaptable a dispositivos.

Ilustración 36 Estructura de código – Vista

Vista

```
<form class="form-edit" method="post" action="<?php echo URL; ?>/Dashboard/Category/Update">
  <?php echo $this->__csrf_field(); ?>
  <div class="errors-edit">
    <?php echo $this->errors(); ?>
  </div>
  <div class="row">
    <div class="col-md-6 form-group d-none">
      <label for="id">ID:</label>
      <input type="hidden" value="<?php echo $params['category']['id']; ?>" id="id" name="id">
    </div>
    <div class="col-md-6 form-group">
      <label for="name">Nombre:</label>
      <input type="text" value="<?php echo $params['category']['name']; ?>" id="name" name="name">
    </div>
    <div class="col-12 text-right">
      <button type="submit" class="btn btn-primary btn-sm">
        Guardar
      </button>
    </div>
  </div>
</form>
<script type="text/javascript" src="<?php echo JS; ?>/form.js"></script>
```

Fuente: Propia

5.6.1 Aspectos técnicos del sistema

Para poder desarrollar un proyecto dentro del sistema se deben cumplir con requerimientos mínimos listados en la Tabla 10, usualmente suministrados por cualquier servidor local.

Tabla 10 Requerimientos mínimos del sistema

Requerimiento	Descripción
PHP >= 7.0.0	Versión del lenguaje utilizado
Extensión PHP OpenSSL	Librería de encriptación/ Protocolo SLL
Extensión PDO PHP	Manejo de datos
Extensión de Ctype PHP	Extensión
Extensión JSON PHP	Manejo e intercambio de datos
Extensión GD	Procesamiento de imágenes
Extensión filter	Extensiones de archivo

Requerimiento	Descripción
Extensión mbstring	Esquemas de codificación multibyte

Gracias a la implementación de framework base no es necesaria la instalación de ninguna de estas dependencias.

5.7 Verificación del software

Mediante una evaluación detallada del sistema estableciendo los parámetros unitarios de cada variedad e igualmente contemplando un ambiente óptimo para el cultivo en la misma como se representa en la Ilustración 37, podemos hacer una comparación entre los datos que nos presentan las tablas que describen las propiedades intrínsecas de cada una de las variedades a presentadas en el sistema y los datos obtenidos al generar una simulación en las condiciones ideales.

Ilustración 37 Evaluación del sistema - Entradas

Variedad CC 93-7510	
Número de hectareas sembradas 1	Calidad del suelo (porcentaje 0 - 100) 100
Precipitaciones totales 1600	Temperatura promedio de la zona (centigrados) 22
Recoleccion (número de meses desde el cultivo) 16	INICIAR SIMULACIÓN

Cálculos previos

Porcentaje de temperatura: 1.047	Porcentaje de precipitaciones: 0.941	Porcentaje de condiciones del clima: 0.994
Mes apto de cosecha: 16.1	Porcentaje de aptitud de coseña: 0.993	

Fuente: Propia

Se observa en la Ilustración 38 la comparación entre los datos unitarios base presentados en la Tabla 1, bajo las mismas condiciones climáticas y parámetros del suelo establecidos en el estudio base y en los cálculos matemáticos del software, verificando los datos finales arrojados por el mismo, se puede establecer que aunque efectivamente los datos aunque no son exactamente igual su diferencia es solo de milésimas lo cual presenta que el sistema funciona de la manera planificada.

Ilustración 38 Evaluación del sistema - Comparativo datos agronómicos - CC 93-7510

Tabla 1 Parámetros agronómicos de la variedad CC 93-7510 a los 16,1 meses.

Aspectos Agronómicos	Descripción
Altura promedio de planta, m	2,91
Diámetro de tallo (cm)	2,97
Longitud de entrenudo (cm)	11,43
Índice de crecimiento (cm/mes)	18,05
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,59
Tallos molederos al momento del corte (Nro.)	133.328
Producción de caña (t/ha)	208,8
Producción de cogollo – semilla (t/ha) 2	21,41
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	34,79
Producción de panela (t/ha)	26,5
Rendimiento en panela, %	12,69
Producción de cachaza (t/ha)	11,76
Producción de melote (t/ha)	6,57
Producción de bagazo verde (t/ha)	120

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia, 2014)

Variables Agronómicas	
Altura promedio de planta (m)	2.872
Diámetro de tallo (cm)	2.931
Longitud de entrenudo (cm)	11.281
Índice de crecimiento (cm/mes)	17.816
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1.569
Tallos molederos al momento del corte (Nro.)	131600.335
Producción de caña (t/ha)	206.094
Producción de cogollo – semilla (t/ha) 2	21.132
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	34.339
Producción de panela (t/ha)	26.166
Rendimiento en panela (%)	12.625
Producción de cachaza (t/ha)	11.607
Producción de melote (t/ha)	6.484
Producción de bagazo verde (t/ha)	118.445

Fuente: Propia

Igualmente se puede ver en la Ilustración 39 como los datos de tipo agroindustriales cumplen los mismo para metros de igualdad que los agronómicos.

Ilustración 39 Evaluación - Comparativo datos agroindustriales - CC 93-7510

Variables Agroindustriales	
Brix	
Jugos: 21.023	Panela: 90.018
pH	
Jugos: 5.448	Panela: 5.675
Azúcares reductores (%)	
Jugos: 0.888	Panela: 5.922
Sacarosa (%)	
Jugos: 19.740	Panela: 83.108
Pureza (%)	
Jugos: 92.683	Panela: 91.103
Fósforo (ppm)	
Jugos: 129.302	Panela: 443.181
Humedad (%)	
Jugos: 0	Panela: 9.179

Tabla 2 Aspectos industriales de la variedad CC 93-7510

Parámetro	Jugos	Panela
<u>°Brix</u>	21,3	91,2
pH	5,52	5,75
Azúcares Reductores (%)	0,9	6
Sacarosa (%)	20	84,2
Pureza (%)	93,9	92,3
Fósforo (ppm)	131	449
Humedad (%)		9,3

Fuente: (Durán, Burbano, & Valens, Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia, 2014).

Fuente: Propia

6 CONCLUSIONES

El desarrollo del simulador web orientado a la productividad de la caña de azúcar y las alternativas de utilización de los productos y subproductos comprendió inicialmente la fase de análisis de los requisitos del sistema, mediante la cual se incluye información referente al producto como lo es la caña de azúcar, la zona, usuarios, validación de datos y el acceso a los diferentes módulos que ofrece el simulador. Esta herramienta permitir a los cañicultores, a partir de las variables agroeconómicas y agroindustriales, pronosticar la productividad de su cultivo comparándolas con otras variedades y los beneficios que podría obtener si se transformara en un subproducto de tercera generación.

Respecto a aspectos de diseño, el simulador web cuenta con la arquitectura completa del sistema y una completa estructura de la base de datos y atributos tales como ubicación, atributos físicos como volumen, extensión, material, color, pesos, cantidad entre otros, atributos conceptuales y atributos de valor. Toda la estructura se elaboró pensando en proporcionar la mejor experiencia y productividad al usuario.

Dentro de las bondades que caracteriza a este simulador web se encuentran que es posible que los usuarios visualicen una gráfica que compara la caña preferida versus la seleccionada por el cañicultor, la cual esta expresada en crecimiento, a su vez tendrá la posibilidad de observar una gráfica de análisis después de haber brindado una serie de información que aparece antes de simular con base a la información particular de cada cañicultor. Así mismo, la interfaz del simulador web está diseñada pensando especialmente en generar una relación armoniosa con los usuarios y la plataforma.

La implementación del simulador web está dirigida a la disminución de la complejidad, documentación adecuada de datos, verificación y funcionamiento de estándares. Las pruebas y/o verificación se realizaron por el administrador. El mantenimiento del simulador está ligado a los cambios que el cliente vaya solicitando y cuenta con políticas de uso que dan respuesta a preguntas planteadas durante el estudio lo cual permite ofrecer resultados consistentes a la problemática que se busca solucionar.

7 BIBLIOGRAFIA

- ASOCAÑA. (2017). Las cifras del sector agroindustrial de la caña de azúcar colombiano y la producción de BioEtanol a base de caña de azúcar. Obtenido de <https://cutt.ly/cnNwzrp>
- ASOCAÑA. (2019). Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña 2018-2019. Obtenido de <https://cutt.ly/fnNwkJP>
- Cárdenas, M. (2002). Estudio de la inhibición de la fermentación de hidrolizados de bagazo de caña de azúcar para la producción de etanol. Estudio de la inhibición de la fermentación de hidrolizados de bagazo de caña de azúcar para la producción de etanol. Cuba: Universidad de Matanzas.
- Carrillo, M. (17 de 12 de 2017). SIMPROC: Una iniciativa local de Agricultura Climáticamente Inteligente. Obtenido de <https://cutt.ly/9yxXKju>
- Chaves, M. (2006). La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante. Obtenido de <https://cutt.ly/CnNwcF0>
- CREA, Federación Uruguaya de Grupos. Simulación de Cultivos de Invierno/Verano. Obtenido de hiedra.lit: <https://cutt.ly/wyxZgPs>
- DANE. (2016). Tercer Censo Nacional Agropecuario. Obtenido de www.dane.gov.co: <https://cutt.ly/0yxKYKN>
- de Lucas, I., del Peso, C., Rodríguez, E., & Prieto, P. (2012). Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad. Obtenido de sostenible.palencia.uva.es: <https://cutt.ly/QyxMvhT>
- Domínguez, P. (2019). ¿En qué consiste el modelo en cascada? Obtenido de <https://cutt.ly/nnNwxAh>
- Durán, J., Burbano, O., & Magda, M. (2014). Variedades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera de Colombia. Barbosa: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica.
- Durán, J., Burbano, O., & Valens, A. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 15(2), 183-195.
- EcuRed. (2010). Caña de azúcar. Obtenido de <https://acortar.link/vmSlr>
- Esperanza, M. (4 de 2013). Diagnóstico de modelos agroclimáticos. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>: <https://cutt.ly/YyxCCVg>
- FAO. (2004). Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos

en áreas rurales de América Latina. Obtenido de <https://acortar.link/FLugf>

Fedepanela. (4 de Julio de 2019). Comunicado de fedepanlea frente a la crisis del sector panelero. Obtenido de fedepanela.org.co: <https://acortar.link/ZddMR>

García Galindo, F., & Rezeau, A. (2010). Energías de la biomasa (Volumen I). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Grupo Novelec. (2014). ¿Qué es el bioetanol? Obtenido de <https://acortar.link/mTDfP>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAC). (2009). Zona de vida o formaciones vegetales de Colombia. Bogotá: Subdirección agrícola.

IRI & DSSAT Foundation. (2012). Simagri. Obtenido de Simulador de cultivo: <https://cutt.ly/lyxL1aO>

López, J. M. (2019). En 3 años, el precio de la panela cayó más del 40% y llegó a \$1662 por kilo. Agronegocios, 1.

MINAGRIVULTUTA. (2014). Censo Nacional Agropecuario.

Ministerio de Agricultura. (2018). Cadena Agroindustrial de Panela. Obtenido de <https://acortar.link/Emhs9>

Murcia, M., & Ramírez, J. (2017). Reconversión del sistema regional de producción de semilla de caña para la agroindustria. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 14.

Olave, W. R. (2018). Análisis de alternativas económicas a partir de los productos derivados de la caña de azúcar diferentes a la panela, para los pequeños cultivadores de caña de azúcar.

Ospina, J. (2006). Validación del modelo DSSAT en diferentes condiciones agroecológicas de Colombia, una herramienta para optimizar las prácticas de manejo del cultivo del maíz. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Pioneer. (2020). Explorador de Cultivos. Obtenido de <https://www.pioneer.com/landing>

Procaña. (2017). Sub productos y derivados de la caña de azúcar. Obtenido de www.procana.org: <https://cutt.ly/zyxMERJ>

Ramírez, J., Insuasty, O., & Viveros, C. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. Obtenido de <https://acortar.link/gR7hA>

Revista Semana. (2019). Más del 90 por ciento de los municipios santandereanos tienen vocación netamente agrícola. Revista Semana, 2.

- Rey, F. (2009). Simuladores del cultivo. Obtenido de www.aiscosolutions.com:
<https://cutt.ly/5yxCPyD>
- Sánchez, O., Cardona, A., & Sánchez, D. (2007). Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol, REVISTA Universidad EAFIT, 59-79. Obtenido de <https://acortar.link/dsk4E>
- Vanguardia. (16 de 9 de 2018). Crisis panelera de Santander: valor de kilo está \$1.000 por debajo de los costos. Vanguardia, pág. 1.
- Zumalacárregui, M., Osney, P., Rodríguez, P., & Lombardi, G. (2015). Potencialidades del bagazo para la obtención de etanol frente a la generación de electricidad. Cuba: Ingeniería Investigación y Tecnología.