

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

Ambiente Web para el aprendizaje de la asociatividad y la sustentabilidad en la
agroindustria

Andrea Jimena Morales Osma y Karina Sequeda Castillo

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingenieras De Sistemas

Director:

Urbano Eliécer Gómez Prada

Magíster en Ingeniería Área Informática y Ciencias de la Computación

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A nuestros padres Jairo y Amilde, Luis y Damaris, quienes nos han apoyado durante todo el proceso de nuestra carrera y nos han impulsado a dar lo mejor de nosotras cada día.

Agradecimientos

A Dios por habernos permitido culminar esta etapa de educación para nuestra vida profesional, por darnos las habilidades y sabiduría necesaria para enfrentar cada reto, por el amor que nos ha demostrado en cada paso de este proceso.

A nuestros padres Jairo y Amilde, Luis y Damaris, por todo el apoyo que nos brindaron, la motivación y palabras de aliento para perseverar a pesar de las dificultades, por todo el amor que nos han demostrado y la disciplina que nos han inculcado.

A nuestro director de trabajo de grado Urbano Gómez por su acompañamiento, instrucción y guía durante el desarrollo de este proyecto, por sus consejos para llegar a ser mejores profesionales.

A cada uno de los profesores los cuales nos aportaron el conocimiento necesario para llevar a cabo este proyecto y el desarrollo de toda nuestra carrera.

Tabla de Contenido

Introducción 10

1 Generalidades del proyecto..... 14

1.1 Planteamiento y justificación del problema..... 14

1.2 Metodología..... 15

1.2.1 Fase Uno: Construcción del modelo en Dinámica de Sistemas..... 15

1.2.2 Fase Dos: Construcción del Ambiente Web con el Proceso Unificado Racional (RUP)..... 17

1.2.3 Fase Tres: Documentación..... 21

2 Objetivos 21

2.1 Objetivo general..... 21

2.2 Objetivos específicos 21

3 Marco de referencia 23

3.1 Marco Teórico..... 23

3.1.1 Dinámica de Sistemas..... 23

3.1.2 Diagramas UML 24

3.1.3 Proceso Unificado Racional Aplicado (RUP)..... 24

3.1.4 Ambiente de aprendizaje..... 25

3.1.5 Ambiente de Aprendizaje virtual 25

3.1.6 Asociatividad 26

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

3.1.7Sustentabilidad.....	26
3.1.8Agroindustria	26
3.1.9 Sistemas productivos agrícolas.....	27
3.2Marco Tecnológico	28
3.2.1Software Evolución.....	29
3.2.2Modelo Cliente-Servidor	29
3.2.3Framework Laravel.....	30
3.2.4MySql	30
3.2.5Ajax	30
3.2.6Javascript	31
3.2.7 Servidor de AWS.....	31
3.3 Antecedentes.....	31
3.3.1 El juego de la cerveza	32
3.3.2 Ambiente Virtual de Aprendizaje Pesca 2.0.....	32
3.3.3SAMI: Videojuego serio de ganadería bovina en Unity apoyado en Dinámica de Sistemas	33
3.3.4Juego 'African Highland Farmer'	33
3.3.5Plan de acondicionamiento Profruit Perú SAC.....	33
4Resultados.....	34
4.1Modelo en Dinámica de Sistemas.....	35

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

4.1.1 Identificación y análisis del alcance del Ambiente Web	35
4.1.2 Modelo Cualitativo	35
4.1.3 Modelo Cuantitativo	37
4.1.4 Validación	38
4.2 Análisis y Diseño del Ambiente Web	44
4.2.1 Requerimientos	45
4.2.2 Diseño del Ambiente Web	49
4.3 Implementación del Ambiente Web	56
4.3.1 Vistas de usuario	57
4.3.2 Transición	59
4.4 Experiencia de Uso	59
4.4.1 Pruebas Unitarias	60
4.4.2 Pruebas Alfa	63
5 Conclusiones	72
6 Recomendaciones	73
Referencias Bibliográficas	74

Lista de tablas

Tabla 1 Requerimientos Funcionales..... 45

Tabla 2 Requerimientos No Funcionales..... 48

Tabla 3 Prueba de validación para la función sembrar..... 60

Tabla 4 Prueba de validación de las funciones Regar y Abonar..... 61

Tabla 5 Prueba de validación de la funcionalidad cosechar..... 62

Tabla 6 Prueba de validación de la funcionalidad vender..... 62

Lista de figuras

Figura 1 Metodología de la Dinámica de Sistemas	16
Figura 2 Metodología RUP	18
Figura 3 Diagrama de Influencias del modelo cualitativo de la estructura del Ambiente Web propuesto.....	37
Figura 4 Diagrama Flujo-Nivel del modelo cuantitativo del Ambiente Web.....	38
Figura 5 Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo de la Altura	39
Figura 6 Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo de la Producción acumulada de una planta.....	40
Figura 7 Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo del Inventario	41
Figura 8 Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo del Precio	42
Figura 9 Fragmento de código de la Función Crecimiento.....	43
Figura 10 Fragmento de código de la Función Mercado	44
Figura 11 Diagrama de Casos de Uso.....	50
Figura 12 Diagrama de Clases	51
Figura 13 Diagrama de Actividades para la función de Registrarse e Ingresar al Ambiente Web	52
Figura 14 Diagrama de Actividades para Interactuar con la Página Inicial	54
Figura 15 Diagrama de Actividades de la función de Simular Siembra y Venta de Cultivos	55
Figura 16 Arquitectura.....	56
Figura 17 Vista de Ingreso.....	57
Figura 18 Vista de la Página Inicial.....	58
Figura 19 Vista Principal	58

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

Figura 20 Instancia en el servidor AWS	59
Figura 21 Usuarios en la Vista de Entrada del Ambiente Web	63
Figura 22 Usuarios en la Vista de Registro	64
Figura 23 Usuarios en la Vista de la Página Inicial	65
Figura 24 Usuarios en la Vista Principal del Ambiente Web	66
Figura 25 Usuarios en la Vista Principal del Ambiente Web	67
Figura 26 Usuarios en la Vista Principal del Ambiente Web	68
Figura 27 Cantidad de Partidas realizadas	69
Figura 28 Consulta de la cantidad de registros generados en la partida	70
Figura 29 Informe de la partida tres realizada por los usuarios	71

Resumen

Título: Ambiente Web para el aprendizaje de la asociatividad y la sustentabilidad en la agroindustria.*

Autores: Andrea Jimena Morales Osma, Karina Sequeda Castillo. **

Palabras clave: agroindustria, Ambiente Web, aprendizaje, asociatividad, sustentabilidad.

Descripción:

En este proyecto se desarrolló un Ambiente Web para el aprendizaje sobre la producción que se da en pequeños invernaderos que están ubicados en un mismo piso térmico y que no cuentan con una infraestructura en tecnologías de la información. El propósito fue brindar una herramienta que facilite la comprensión y el manejo de recursos para tres tipos de cultivos, pimentón, lechuga y tomate, de manera que el agricultor logre conocer tiempos de siembra, cosecha, riego, abono y el movimiento que se genera en el mercado respecto a la oferta y demanda. El Ambiente Web se debe utilizar en sesiones que cuenten en paralelo con participantes que realizan las mismas actividades para que puedan comprender la asociatividad entre los agricultores y los efectos que generan la forma en que se administran los cultivos. Las sesiones de utilización de la herramienta están mediadas por un tutor o administrador que puede consultar los informes que el ambiente consolida para hacer retroalimentación de los resultados. Se encontró, después de las pruebas realizadas con seis usuarios, sin mayores conocimientos en el sector y con diferentes edades, que el ambiente si promueve el aprendizaje de cómo es la operación de un sistema productivo en invernadero.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Urbano Eliécer Gómez Prada. Magíster en Ingeniería Área Informática y Ciencias de la Computación.

Abstract

Title: Web Environment for learning associativity and sustainability in agribusiness. *

Authors: Andrea Jimena Morales Osma, Karina Sequeda Castillo. **

Keywords: agribusiness, Web Environment, learning, associativity, sustainability.

Description:

The Project described developing a Web Environment for learning small hothouses locating in the same thermal floor that have a basic technological infrastructure. The purpose was giving a tool that facilitates understanding of three types of bells, pepper, lettuce and tomato crop resource management so farmer can know about sowing time, harvesting, irrigation, fertilization and movement in respect of supply and demand market. The Web Environment should be used in parallel sessions with participants doing the same activities so that they can understand the associativity among farmers and the effects generated by the way crops are managed. The sessions using the tool are mediated by a tutor or system administrator who can consult the reports that the environment consolidates to provide feedback on the results. It was found, after testing with six users, these users didn't have any kind of knowledge about this sector and with different ages that the environment does promote learning about the operation of a greenhouse production system.

*Degree Work

**Faculty of Physical-Mechanical, School of Systems Engineering and Informatics. Advisor: Urbano Eliécer Gómez Prada. Master in Engineering field Informatics and Computer Science.

Introducción

Satisfacer las necesidades alimenticias en una población implica ciertas fases dentro de las cuales se tiene la producción de alimentos naturales, que se puede clasificar en dos fases, el cultivo y la cosecha. Teniendo en cuenta que diariamente se recibe una gran demanda de productos alimenticios, es fundamental optimizar este proceso lo mejor posible para evitar pérdidas. (Editorial Etecé, 2021)

Ayudar a que las personas comprendan las fases que se dan en los procesos de producción de alimentos mostrando su complejidad, es una forma de incentivar el crecimiento en el sector agrícola en productos de corto periodo. Para favorecer la comprensión de esta complejidad, este proyecto desarrolló un Ambiente Web orientado al aprendizaje de la agroindustria que genera experiencias de cultivos mediante la simulación de actividades como sembrar, regar, abonar, cosechar y vender. El Ambiente Web es llamado *Greenhouse Crops*, el cual es similar a dos propuestas útiles para el aprendizaje sobre el manejo de los procesos de producción y comercialización. Estas propuestas son: (1) Un ambiente de ganadería bovina (Gómez & Gómez, SAMI: Videojuego serio de ganadería bovina en Unity apoyado en Dinámica de Sistemas, 2019), y (2) un software para aprender sobre el Juego de la cerveza (Arrizabalaga Consulting, 2016), los cuales simulan procesos específicos como la ganadería bovina y la cadena de suministro de cerveza, respectivamente, aunque lo representativo del software, no es la cerveza sino los procesos de suministro.

El Ambiente Web se desarrolló siguiendo la metodología RUP por fases, las cuales son inicio, elaboración, construcción y transición, generando desde ellas cinco versiones (en este libro

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

se presentan solo dos) y se soporta en un modelo de simulación del crecimiento y producción de una planta desarrollado con la metodología de Dinámica de Sistemas la cual consta de cuatro fases, identificación y análisis, modelo cualitativo, modelo cuantitativo y validación.

El Ambiente Web tiene cinco funcionalidades para simular el sembrar, regar, abonar, cosechar y vender. El Ambiente requiere de la presencia de varios usuarios al tiempo, simulando el proceso de producción, lo cual varía el mercado y esa variación hace que fluctúen los precios según una demanda estimada, pues se pretende generar un espacio para visualizar un ejemplo de asociatividad respecto a las decisiones tomadas por cada usuario y los recursos compartidos, en este caso el agua; además, genera informes que faciliten la gestión y el proceso de aprendizaje que está formando un administrador en niños o grupo de personas interesadas en aprender sobre el sector productivo.

En este libro se presenta las generalidades del proyecto, los objetivos que se plantearon, el marco de referencia requerido, la metodología y los resultados de acuerdo con los objetivos, es decir, describe los requerimientos, el diseño del ambiente, la implementación, la experiencia de prueba, las conclusiones, las recomendaciones y las fuentes de información.

1 Generalidades del proyecto

1.1 Planteamiento y justificación del problema

Colombia es un país que cuenta con grandes recursos naturales, por ende, uno de los campos de acción más dominantes es la agroindustria, es considerado por la FAO como el séptimo país con mayor potencial para el desarrollo de áreas cultivables (Finagro, 2012). La agricultura es un sector de primacía gracias a la necesidad que representa a nivel nacional e internacional, teniendo en cuenta la riqueza con la que cuenta el país, sin embargo, hay cierta falta de conciencia al momento de administrar los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades agrícolas, debido al desconocimiento que se ha presenciado por parte de ciertos miembros de este sector.

Los procesos agrícolas requieren de tecnologías de información que les permita optimizar su funcionamiento, aumentando la rentabilidad y productividad. Los servicios que se brinden deben abastecer las necesidades del sector ampliando oportunidades de aprendizaje sobre la administración de los recursos disponibles (Gómez & Gómez, Ambiente de aprendizaje para la asociatividad y sustentabilidad en la agroindustria, 2020), pues es necesario analizar el manejo dado a los recursos.

Conocer las limitaciones presentes en los procesos agrícolas permitirá plantear estrategias que mitiguen el daño en el medio ambiente en cuanto al uso de recursos, sin afectar la existencia a lo largo del tiempo del sistema productivo; es decir crear un plan de acción que permita acercarse a la sustentabilidad. Ejemplos de las estrategias que se pueden plantear son presentadas en la sección 3.3.

Otro factor a tener en cuenta en la producción agrícola es el proceso de oferta y demanda generado a partir de la toma de decisiones dentro del mercado al cual se están enfrentando, pues si fincas contiguas tienen un mismo tipo de cultivo y un mismo centro de acopio, se ocasiona una competencia que conlleva a una baja en el precio del producto, por tanto se requiere ayudar a comprender la importancia de generar una asociatividad con aquellos agricultores cercanos, de tal manera que surjan beneficios mutuos entre los productores (Policonomics, 2017).

En ocasiones no se realiza un planteamiento ni análisis adecuado que permita evitar desperdicio de recursos, aumento en la producción y ganancias. Es por ello que se pretende crear este Ambiente Web para el aprendizaje con el cual muchos agricultores podrán observar la dinámica que se presentará al momento de realizar el proceso de siembra de tres tipos de cultivos indicados en la sección 3.1.9, teniendo en cuenta los recursos disponibles (agua y abono), los cultivos cercanos y la variación de la oferta y la demanda, visualizando el impacto que tienen las decisiones tomadas y algunas alternativas que se pueden aplicar para mejorar el funcionamiento de estos procesos.

1.2 Metodología

El proyecto combinará la metodología de Dinámica de Sistemas y el Proceso Unificado Racional (RUP). Durante el desarrollo del proyecto propuesto se realizarán las fases que se muestran a continuación según las metodologías mencionadas anteriormente.

1.2.1 Fase Uno: Construcción del modelo en Dinámica de Sistemas

La Dinámica de Sistemas brinda la oportunidad de estudiar el comportamiento y los efectos de las múltiples interacciones entre los componentes de un sistema en el transcurso del tiempo. Esto hace que sea muy útil para el estudio de diferentes fenómenos tales como sociales, políticos, económicos, ambientales, entre otros. Con esta disciplina podemos representar matemáticamente los modelos mentales propuestos. La metodología de la Dinámica de Sistemas difiere de otras técnicas de modelado, pues en esta los modelos no se basan en esquemas matemáticos previos, sino por el contrario se establece estudiando y entrevistando a expertos en el área (Santa Catalina, 2010) .

El proceso de modelado inicia con el planteamiento y comprensión de problema a tratar, cuando se construye un modelo que esté de acuerdo con las necesidades, se inician las pruebas, donde se buscan datos relevantes para la validación del prototipo. Este ciclo se repite las veces necesarias hasta estar conforme con el modelo.

La metodología de Dinámica de Sistemas comprende las fases expuestas en la Figura 1, las cuales se describen a continuación:

Figura 1

Metodología de la Dinámica de Sistemas



1.2.1.1 Identificación del problema y análisis del comportamiento. Investigación de conceptos, en esta fase se plantea estudiar los conceptos relacionados al marco de referencia y estado del arte, para identificar las variables que abarcan el área de estudio.

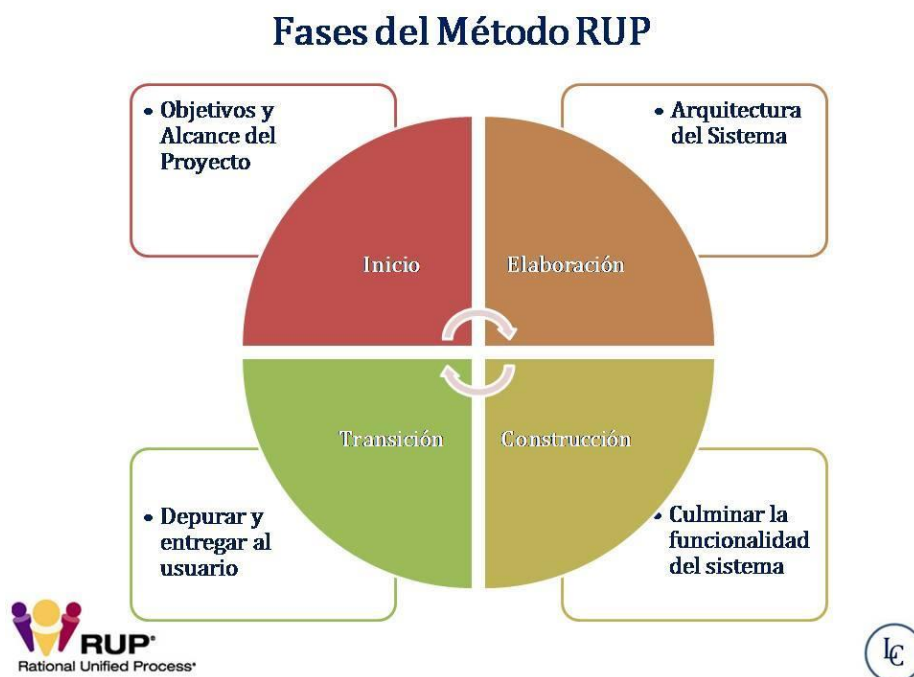
1.2.1.2 Modelado cualitativo, o causal, del sistema. Se crea la hipótesis dinámica, o causal, que encerrará las influencias presentes entre los diversos componentes del sistema. En este se define un primer modelo mental que se podrá visualizar en un diagrama de influencias.

1.2.1.3 Modelado cuantitativo. Se desarrolla el modelo matemático del sistema el cual será simulado en un computador y así obtener las ecuaciones matemáticas requeridas a partir de plasmar el modelo en un diagrama de flujo-nivel.

1.2.1.4 Validación del modelo. Esta fase se enfoca en generar confianza en el modelo. Una vez el modelo haya sido adaptado a las condiciones necesarias se continuará con la validación, es decir a partir de ciertos datos se verificará su comportamiento.

1.2.2 Fase Dos: Construcción del Ambiente Web con el Proceso Unificado Racional (RUP)

Los autores de RUP resaltan las tres características esenciales que involucran el proceso de software: ser dirigido por los Casos de Uso, tener una arquitectura y ser iterativo e incremental. La Figura 2 muestra las fases de esta metodología, las cuales se describen a continuación:

Figura 2*Metodología RUP*

Nota: Modelo RUP. Tomado de: <https://bit.ly/3CVGHyO>

El proceso que muestra la Figura 2 está dirigido por casos de uso: un caso de uso se define como una parte de la funcionalidad del sistema que le otorga al usuario un resultado significativo. Representan los requisitos funcionales, es decir aquellos que contestan a la pregunta ¿Qué debería hacer el sistema? Describiendo la táctica de los casos de uso al agregar tres palabras al finalizar esta pregunta ¿... para cada usuario? Pues precisan la importancia de pensar en el usuario, en su comodidad y no solo en una funcionalidad adecuada. Además de ello los casos de uso orientan el diseño, implementación y prueba: es decir, el proceso de desarrollo.

El proceso está centrado en la arquitectura: el concepto de arquitectura software involucra los factores estáticos y dinámicos del sistema, además de verse influida por otros aspectos, como

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

la plataforma que soporta el proceso de desarrollo de software, la arquitectura hardware, el sistema operativo, el sistema gestor de base de datos, los diferentes protocolos que comunican la red, los bloques de construcción reutilizables que disponen consideraciones de implantación, los sistemas heredados y los requerimientos no funcionales.

El proceso es iterativo e incremental: el proceso unificado se repite a través de una serie de ciclos que forman la vida de un sistema. Cada ciclo termina con una versión del producto abordando cuatro fases, siendo estas: inicio, elaboración, construcción y transición (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP), 2000).

El ciclo de vida de RUP comprende 4 FASES secuenciales, cada una de ellas finaliza con un producto intermedio. Es importante realizar una evaluación una vez termine cada fase, pues de esta manera se puede determinar si se cumplió con los objetivos propuestos para esta.

Las fases se harán de la siguiente manera:

1.2.2.1 Inicio. Se plantearán las principales funciones que requerirá el sistema, estudiando así y redefiniendo los requerimientos funcionales y no funcionales a partir de los cuales cumpliremos el objetivo del proyecto.

1.2.2.2 Elaboración. Se realizará un diagrama UML de casos de uso donde se represente la participación de los diferentes actores del software que se hayan observado en el modelo, a partir de este diagrama se tendrá una guía para la construcción de la arquitectura (cliente – servidor) de manera que diferentes usuarios puedan acceder al ambiente de aprendizaje que se desarrolle.

1.2.2.3 Construcción. Se implementará un Ambiente Web para el aprendizaje, clasificando los diferentes requisitos que cumplan con el modelo, una de las partes principales del RUP es que el desarrollo debe ser iterativo e incremental, por lo que en esta fase se requerirá de al menos tres iteraciones a partir de las cuales se completen las siguientes actividades:

Diseñar e implementar la base de datos que requiere el programa, las ecuaciones obtenidas con base al modelo y una interfaz inicial donde se visualicen los primeros datos del cultivo.

Complementar la interfaz realizada de manera que el usuario pueda efectuar actividades como registrarse e iniciar sesión, además de tomar decisiones a partir de la información inicial, logrando observar el comportamiento de su cultivo y su influencia en el mercado e insumos.

Procurar que el ambiente suministre información sobre la producción futura estimada para que con base en esta el usuario decida lo que debe sembrar y se puedan establecer estrategias de asociatividad, donde dos usuarios puedan interactuar en el Ambiente para el aprendizaje de manera que las decisiones tomadas se vean reflejadas en los insumos y el comportamiento del mercado, pues los primeros al ser compartidos afectan de manera positiva o negativa el trabajo mutuo.

1.2.2.4 Transición. Una vez se termine el desarrollo de la página web, se deberá llevar esta al servidor para cumplir la arquitectura establecida y alcanzar el objetivo de asociatividad. Se realizará un seguimiento a las pruebas correspondientes de la página de manera que se pueda medir la calidad y verificar que los requerimientos sean cumplidos.

1.2.3 Fase Tres: Documentación

Se realiza la documentación necesaria, complementado cada iteración de manera que se obtenga un documento final completo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar un Ambiente Web para el aprendizaje agrícola haciendo uso de Dinámica de Sistemas, que facilite la comprensión del manejo de los recursos para los cultivos y el ejercicio de la asociatividad en una comunidad de cultivadores.

2.2 Objetivos específicos

- Proponer un Modelo en Dinámica de Sistemas
 - Manejo de los recursos: representar la operación de pequeños invernaderos con los insumos necesarios y las condiciones en el mercado que represente las actividades de siembra (selección de producto), crecimiento y suministro de agua e insumos para los productos (tomate, pimentón y lechuga), según lo expresado en 3.1.9, teniendo en cuenta que se encuentren en un mismo piso térmico.

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

- Precios y Capacidad de producción: representar la producción, recolección (venta) y variación de precios de acuerdo con el mercado.

- Asociatividad: apoyar la representación del efecto de las actividades de producción realizadas entre usuarios.

- Diseñar en UML las funcionalidades principales del Ambiente Web que integre el modelo en Dinámica de Sistemas. El Ambiente Web para el aprendizaje debe tener los siguientes requerimientos:
 1. Registrar usuarios.
 2. Identificar al menos dos usuarios en línea para iniciar la ejecución (el Ambiente Web permite desde una página inicial acceder a las partidas disponibles).
 3. Permitir que el usuario tome decisiones a partir del escenario inicial (cultivo a sembrar, cantidad de agua a suministrar, cantidad de abono a suministrar)
 4. Mostrar las decisiones tomadas por cada uno de los usuarios en cada una de las partidas.
 5. Simular la toma de decisiones a partir de los resultados y las actividades realizadas (continuar cultivando, realizar venta).
 6. Visualizar el comportamiento de la oferta y demanda de los cultivos simulados.
 7. Realizar un informe final donde se muestre el comportamiento de los cultivos simulados por los usuarios durante la sesión. (puede ser con gráficas).
 8. Generar informes sobre las asociaciones presentadas entre los usuarios en cada partida.

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

- Migrar el modelo al Ambiente Web para el aprendizaje que represente el manejo de un invernadero con los controles para siembra, suministro de agua e insumos y recolección de la cosecha, y la simulación del crecimiento, la producción y la variación de precios de los productos según la cantidad de usuarios.

- Generar una experiencia de usabilidad con diferentes usuarios que permita la validación del Ambiente Web para el aprendizaje.

3 Marco de referencia

3.1 Marco Teórico

El marco teórico de este proyecto involucra la Dinámica de Sistema como metodología para el diseño de los modelos a realizar, la metodología RUP para la implementación del Ambiente Web, los diagramas UML y conceptos como asociatividad, sustentabilidad y agroindustria para una mejor comprensión del proyecto.

3.1.1 *Dinámica de Sistemas*

Es una metodología empleada en el análisis y resolución de problemas, elaborada por Jay Forrester, con base al pensamiento sistémico abordando situaciones complejas, a través de la observación del todo y sus partes, diferenciándose del método analítico el cual realiza lo inverso, es decir su análisis va desde las partes del sistema sin enfocarse en las relaciones presentes en cada parte del sistema.

La Dinámica de Sistemas contiene reglas precisas que disminuyen la ambigüedad en aspectos complejos. Hace uso de diagramas causales con flujos positivos y negativos, siendo los primeros aquellos que indican la influencia en crecimiento de una variable y los segundos quienes explican mediante la influencia inversa, el control de la variable.

Otro aspecto presente en la Dinámica de Sistemas es la posibilidad de emplear la simulación de modelos por medio de experimentos, cuyas variables adquieren valores reales, recreando varios escenarios que proporcionan una percepción sistémica acerca del mundo real y su dinámica (Vasquez, 2012).

3.1.2 Diagramas UML

El Lenguaje Unificado de Modelado o UML (“Unified Modeling Language”) es un lenguaje de modelado visual utilizado para la especificación, visualización, construcción y documentación de los artefactos de un sistema de software, permitiendo capturar las decisiones y conocimientos sobre los sistemas a construir. Se utiliza para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener, y controlar la información de estos sistemas. Está pensado para emplearse con cada método de desarrollo, etapas de ciclo de vida, dominios de aplicación y medios. (Jacobson, Booch, Rumbaugh, & Ja, El Lenguaje Unificado De Modelado. Manual De Referencia, 2011).

3.1.3 Proceso Unificado Racional Aplicado (RUP)

RUP es una metodología de desarrollo de software orientado a objeto que instaura las

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

bases, plantillas, y ejemplos para todos los aspectos y fases de desarrollo del software. RUP es una herramienta de la Ingeniería de Software que combina las propiedades del proceso de desarrollo tales como fases definidas, técnicas, y prácticas, con otros componentes de desarrollo como documentos, modelos, manuales, código fuente, etc, dentro de un framework unificado (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP), 2000).

Dado que se quiere lograr utilizar tic en agroindustria para aprendizaje, contemplamos los conceptos de ambiente de aprendizaje y se plantean los sistemas productivos agrícolas que trabajarán.

3.1.4 Ambiente de aprendizaje

Escenarios creados para beneficiar intencionalmente situaciones de aprendizaje, involucrando factores como la distribución del espacio, los recursos didácticos y su disposición, el tiempo empleado y las interacciones. Sus propósitos y objetivos son claramente definidos los cuales se utilizan para evaluación y el análisis de los resultados (Guerrero, 2020).

3.1.5 Ambiente de Aprendizaje virtual

Es un espacio virtual sincrónico y asincrónico, que permite el desarrollo del proceso educativo. Es necesario que el profesor cuente con la capacidad de identificar las características y necesidades presentes en los estudiantes, para que con ellas se diseñen estrategias y material interactivo que enriquezca el aprendizaje autónomo (Guerrero, 2020).

Es importante mencionar que se hará con el fin de lograr asociatividad en el sector, en este caso pequeñas veredas del área metropolitana, para poder obtener sustentabilidad en los recursos.

3.1.6 Asociatividad

Es una estrategia empleada para lograr la competitividad, permitiendo a los productores obtener mayor dominio de negociación, convirtiéndose así en un modelo eficiente para ingresar a nuevos mercados, conseguir oficializar el trabajo y el progreso en las capacidades empresariales. Es una estrategia clave en el incremento de la competitividad dentro de cada eslabón de las cadenas productivas agropecuarias (Agronegocios, 2018).

3.1.7 Sustentabilidad

Es un proceso que permite encontrar un equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales. La humanidad a lo largo del tiempo ha dejado una huella en el planeta que ha degradado los recursos naturales a tal magnitud que actualmente es inevitable abordar y planear cuidadosamente el consumo de estos para certificar su existencia en las generaciones futuras (CCGS, 2013).

3.1.8 Agroindustria

Es un sector económico que envuelve las actividades relacionadas a elaborar, transformar y comercializar productos de tipo agropecuario. La agroindustria corresponde a la transformación de productos procedentes de la agricultura, la actividad forestal y la pesca; en otras palabras, a

partir de estos productos adquiridos de la tierra, de ríos y de mares, se fabrican materias primas y derivados del sector agrícola (Vargas, 2015).

3.1.9 Sistemas productivos agrícolas

Son grupos de explotaciones agrícolas particulares con recursos básicos, modelos empresariales, mecanismos de sustento familiar y condiciones similares, a los cuales conciernen tácticas de desarrollo y operaciones parecidas (FAO, 2001).

Los sistemas productivos agrícolas de este proyecto se enfocan en invernaderos de tres clases de cultivo, tomate, pimentón y lechuga, tomando solo una variedad para cada uno. A continuación, se realiza una pequeña descripción de estos:

3.1.91 Invernadero También conocido como invernáculo, es un espacio cerrado, estático que se emplea para el cultivo de plantas, ya sean decorativas u hortícolas, protegiéndolas de muy bajas temperaturas durante las épocas del año. Normalmente está provisto por una cubierta exterior de vidrio o de plástico translúcida, que inspecciona la humedad, temperatura y otros componentes ambientales, utilizados para favorecer el desarrollo de los cultivos (Wikipedia, 2021).

3.1.9.2 Cultivo tomate. El tomate puede ser cultivado en cualquier tipo de huerto. Es posible sembrar las semillas directamente en la tierra o bien optar por un almácigo, el tipo de riego es esencial para el buen crecimiento del tomate debe ser generoso, pero no muy constante. La cosecha del tomate comienza hacia las 10 o 12 semanas luego de la siembra. Es escalonada y se realiza a medida que los tomates comienzan a madurar. El tipo de tomate a manejar será el Rio grande, el

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

cual debe regarse una o dos veces a la semana con abundante agua, debe fertilizarse en cada etapa de crecimiento, su altura máxima es de 2m a 3m, período de maduración de 110-120 días, recolección a los 4-5 meses (Punchalo, 2017). Los datos anteriormente mencionados fueron soportados por una persona con experiencia en la siembra de este cultivo.

3.1.9.3 Cultivo pimentón. Es uno de los cultivos más populares, tanto en la producción al aire libre, como en invernadero, es una planta herbácea, con un ciclo de cultivo anual, de tamaño variable entre 0,5 m hasta los 2m. El pimiento seleccionado es el California, se recomienda un sistema de riego por goteo, poca agua frecuentemente se debe fertilizar cada 15 días además de ciertos nutrientes que acompañen el riego, la cosecha se produce entre 90 y 150 días, su longitud es de 10 a 15 cm (Dane, 2015).

3.1.9.4 Cultivo lechuga. La lechuga es una planta que prospera en un suelo rico en nutrientes y bien drenado, las plantas de lechuga tienen un sistema de raíces poco profundas. El tipo de lechuga a manejar será la lechuga Batavia, la cual debe tener sesiones de riego poco abundantes pero frecuentes, mínimo tres veces por semana, debe fertilizarse frecuentemente, sin embargo, una semana antes de la recolección no se aplica ningún fertilizante, esta toma de 45 a 100 días desde la cosecha dependiendo del clima (Wikifarmer, 2019).

3.2 Marco Tecnológico

Los modelos fueron realizados en software de libre distribución, la arquitectura del proyecto se basó en el modelo Cliente-Servidor, los modelos se programaron en web, igualmente con tecnologías de libre distribución, en este caso en el framework Laravel con base de datos en MySQL.

3.2.1 Software Evolución

Evolución es una herramienta para construir modelos soportado en Dinámica de Sistemas, la cual fue elaborada por el grupo SIMON de la UIS. Evolución permite la implementación del diagrama de Influencias como base para el Diagrama de Flujo-Nivel, desde el cual se generan las ecuaciones en diferencias finitas que se evalúan en diferentes circunstancias y generan comportamiento con respecto al tiempo de elementos seleccionados por el usuario, para apoyar la toma de decisiones (Grupo Simon, 2010).

3.2.2 Modelo Cliente-Servidor

Es un concepto que posibilita la distribución de las tareas entre los ordenadores haciéndolas accesibles de manera independiente para más de un usuario final. Cada servicio habilitado a través de una red será brindado por un servidor o software el cual está de continuo en espera. De esta se asegura que tanto el navegador web y los clientes siempre cuenten con la posibilidad de acceder al servidor activamente y puedan utilizar este servicio de acuerdo con sus necesidades (Schiaffarino, 2019).

Un servidor basado en software es un programa que proporciona un servicio diferente a otros programas conocidos como clientes empleados a través de una red o a nivel local. El tipo de servicio depende del tipo de software del servidor. La comunicación se basa en el modelo cliente-servidor y, el intercambio de datos, en los protocolos específicos para la transmisión del servicio

(Ionos, 2019).

3.2.3 *Framework Laravel*

Es una estructura que se establece y aprovecha para el desarrollo y organización de un software, es un entorno que actualmente facilita la programación de cualquier aplicación o herramienta (NeoAttack, 2018).

El framework seleccionado es Laravel, el cual se soporta en PHP y permite la creación de aplicaciones web de elevada calidad totalmente personalizadas. Laravel se considera bastante moderno, ofreciendo a los desarrolladores diversas utilidades, que agilizan el desarrollo de las aplicaciones web. Enfatiza en la calidad del código, la escalabilidad y facilidad de mantenimiento, permitiendo elaborar proyectos tanto pequeños como grandes. Además, promueve las mejores prácticas y el trabajo colaborativo (Laravel, 2015).

3.2.4 *MySql*

MySQL Database Service es un servicio de base de datos totalmente administrado donde las organizaciones pueden implementar aplicaciones nativas de la nube mediante la base de datos de código abierto más conocida a nivel mundial. El equipo de MySQL es quien se encarga de desarrollarla, administrarla y respaldarla (MySQL, 2021).

3.2.5 *Ajax*

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

Es una tecnología utilizada en el desarrollo de aplicaciones web que permite realizar consultas HTTP asincrónicas, intercambiando paquetes de datos con el servidor quien procesa las solicitudes y retorna al cliente una página HTML, la cual no se necesita recargar una vez el usuario haya realizado algún cambio de entrada. (IBM, 2014).

3.2.6 *Javascript*

Es un lenguaje de programación o de secuencias de comandos que permite a los desarrolladores implementar en las páginas web, funciones para crear contenido dinámico, multimedia, animación de imágenes, además de facilitar la interacción con el dispositivo ejecutado por el navegador mediante APIs y la manipulación de datos con Ajax e IndexedDB. (MDN Contributors, 2021).

3.2.7 *Servidor de AWS*

Amazon EC2 o Amazon Elastic Compute Cloud, es un servicio en la nube segura y de tamaño modificable que provee capacidad informática. Fue creado para facilitar a los desarrolladores el uso de la nube informática. Su interfaz sencilla genera una complejidad de configuración mínima, permite un completo control en los recursos informáticos y puede ser ejecutado en el entorno acreditado de Amazon. (AWS, 2021).

3.3 Antecedentes

Algunas de las herramientas con propósitos similares a este proyecto que están actualmente

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

en el mercado, es decir, que tienen como factor común la simulación de un proceso específico dentro de una industria o sector determinado, se presentan a continuación.

3.3.1 El juego de la cerveza

Es un juego de simulación fundado durante los primeros años de la década de 1960, por un grupo de profesores del Sloan School of Management del MIT , el propósito es mostrar una serie de principios fundamentales en la gestión de la cadena de suministro. Consiste en recrear una cadena de suministro de cerveza distinguiendo cuatro roles: El minorista, mayorista, distribuidor y fábrica. Cada uno posee un inventario de cerveza, realizar pedidos y enviar embarques de cerveza al sector superior e inferior de la cadena, respectivamente. Al finalizar se realizan sesiones de retroalimentación, revisando los resultados provenientes de cada equipo y lo que aprendieron en el proceso(Sterman, 2019).

3.3.2 Ambiente Virtual de Aprendizaje Pesca 2.0

Pesco 2.0 es un ambiente virtual de aprendizaje propuesto por el grupo SIMON de la Universidad Industrial de Santander, se integra mediante un sitio web, una aplicación de escritorio y un juego para celulares, estos interactúan entre sí con el fin de emprender el desarrollo de las competencias y procesos de aprendizaje, los cuales, para este caso, involucran las decisiones tomadas en la gestión del sistema productivo que comprende la crianza y dinámica del mercado piscícola. Este ambiente virtual proporciona una experiencia simulada cercana a la realidad de un sistema productivo de peces, aplicando los conocimientos respectivos y los lenguajes de la Dinámica de Sistemas. (Grupo Simon, 2012) .

3.3.3 SAMI: Videojuego serio de ganadería bovina en Unity apoyado en Dinámica de Sistemas

Es un videojuego desarrollado con Unity a partir de un modelo de Dinámica de Sistemas que proporciona un aprendizaje respecto al sistema de producción de ganado bovino. En este el jugador toma decisiones y realiza acciones que conllevan a la mejor forma de administrar una granja. Esas operaciones se almacenan en un sitio web y se comparan con las ideales para proporcionar una realimentación y facilitar el aprendizaje (Gómez & Gómez, SAMI: Videojuego serio de ganadería bovina en Unity apoyado en Dinámica de Sistemas, 2019).

3.3.4 Juego 'African Highland Farmer'

El jugador se encuentra ubicado en las tierras altas de África Oriental interactuando como un pequeño agricultor, teniendo como objetivo la administración de una hectárea de tierra para su familia y él, de manera que sea sostenible, teniendo en cuenta varios aspectos, como el económico viabilidad, producción, seguridad y protección. El juego busca sensibilizar a los responsables políticos de los problemas que tiene los pequeños agricultores de esta región (Wageningen University and Research, 2021).

3.3.5 Plan de acondicionamiento Profruit Perú SAC

Plantea que los agricultores de aguacate y mandarina de la ciudad de Chincha, Ica (Perú),

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

logren asociarse y adquieran acceso a una planta de acondicionamiento, que les procese sus propias frutas, reservadas para exportación. Este con el fin de buscar que se incremente considerablemente el valor económico de los agricultores, consiguiendo mejores precios negociando con los Traders directamente, y albergar beneficios como: ser eximidos del Impuesto General a las Ventas (IGV) de la compra de materiales e insumos directos e indirectos para los cultivos y la obtención del subsidio del Estado por medio del Drawback, que corresponde al 5% sobre las ventas. En este punto como modelo de asociatividad aparece el Consorcio, con el objetivo de obtener los beneficios mencionados, de acuerdo con la exportación directa (Romero, 2015).

4 Resultados

En este capítulo, siguiendo los objetivos específicos planteados se presentan los resultados de acuerdo con el modelo de simulación, la propuesta de análisis y diseño del Ambiente Web denominado *Greenhouse Crops*, su implementación y la experiencia de uso. A partir del modelo de simulación, se crearon las ecuaciones que permiten implementar en el Ambiente Web los requerimientos propuestos. De aquí en adelante se llamará Ambiente Web. Se realizó un video para facilitar su comprensión el cual se encuentra consultando el siguiente enlace https://youtu.be/Wo0faVa_HPM y otro para mostrar como configurar una partida <https://youtu.be/OODtIZCM2-Q>. Para obtener más información acerca del desarrollo del Ambiente Web, se puede dirigir al repositorio donde se encuentra alojado el código del proyecto: <https://github.com/andreamora13/Proyecto-GHC>. Para revisar la aplicación ingrese a la url <http://greenhousecrops.ga/> y regístrese, pero debe tener en cuenta que el Ambiente Web requiere para operar que al momento de ingreso haya partidas configuradas y que haya dos usuarios conectados al tiempo tal y como se describe en la sección 4.2.2.3.

4.1 Modelo en Dinámica de Sistemas

En esta sección se presenta el modelo desarrollado con la metodología de Dinámica de Sistemas, el cual contribuye a la implementación de las reglas de producción requeridas en el Ambiente Web que corresponden a las ecuaciones del modelo.

4.1.1 Identificación y análisis del alcance del Ambiente Web

Para el desarrollo del Ambiente Web se analizó el problema mediante la elaboración de un modelo en el cual se identificaron tres componentes a considerar:

1. El cultivo
2. Los recursos que requiere
3. La oferta y demanda.

Estos componentes se integran para representar el proceso de crecimiento, producción y venta de una planta.

4.1.2 Modelo Cualitativo

El modelo cualitativo propuesto representa las variables y las relaciones entre estas, que definen la estructura del Ambiente Web, esta estructura se compone de tres subsistemas que son recursos, cultivo y mercado, los cuales se presentan en la Figura 3 y se describen a continuación:

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

Recursos: la producción de cultivos requiere de recursos naturales, en este caso se tiene en cuenta el agua y el abono, dos recursos necesarios para el desarrollo normal de las plantas. Es importante mencionar la falta de conciencia respecto a estos, especialmente el agua, su desmesurado gasto puede generar un impacto negativo y posteriormente un agotamiento.

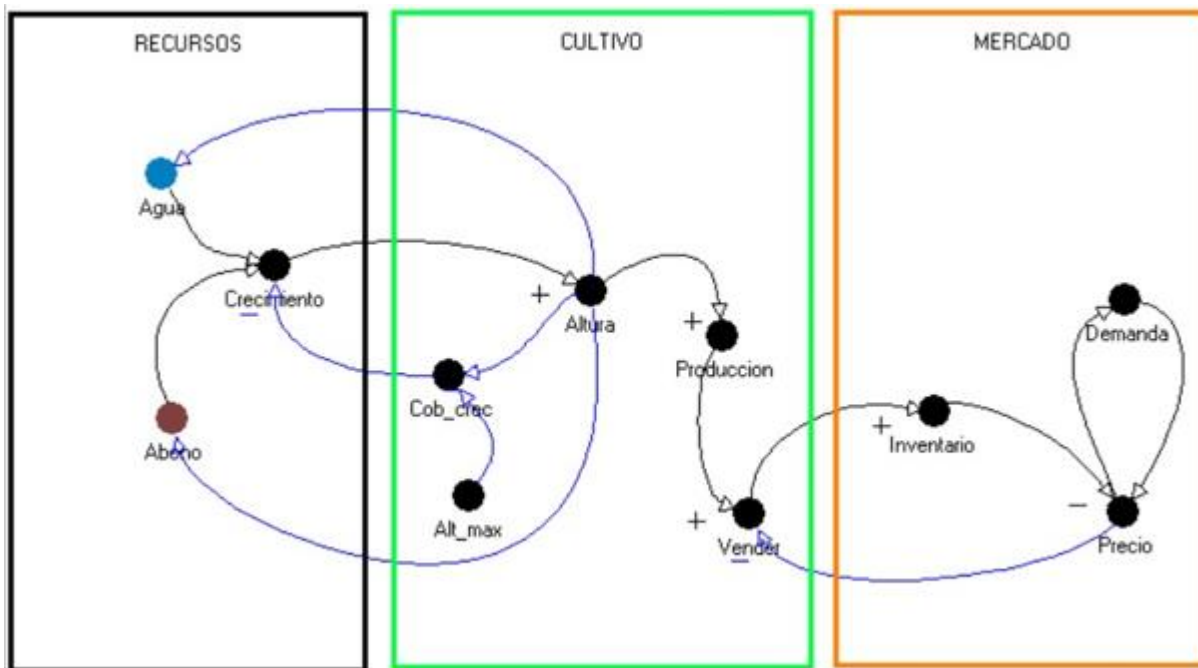
Cultivo: El objetivo es el manejo del cultivo, se identifican variables en las que se evidencia el impacto en el mercado según el cultivo, así como el aporte de los recursos, teniendo en cuenta que el suministro de estos conlleva al buen crecimiento y producción de la planta.

Mercado: es un factor importante para la toma de decisiones en base al cambio del precio, el volumen del inventario y la necesidad de adquirir los alimentos.

En la Figura 3 se pueden apreciar relaciones como la del crecimiento y la altura, la planta al ser regada y abonada crece, aumentando así su altura, esta a su vez genera un aumento en la cantidad de kilos producidos, pues entre más alta la planta mayor producción tendrá. Al vender lo producido, se aumenta el inventario y a su vez la demanda, la cual afecta el precio de manera negativa, es decir, a mayor demanda, menor es el precio del producto, lo que conlleva a tomar la decisión de si este se vende o no a un bajo precio.

Figura 3

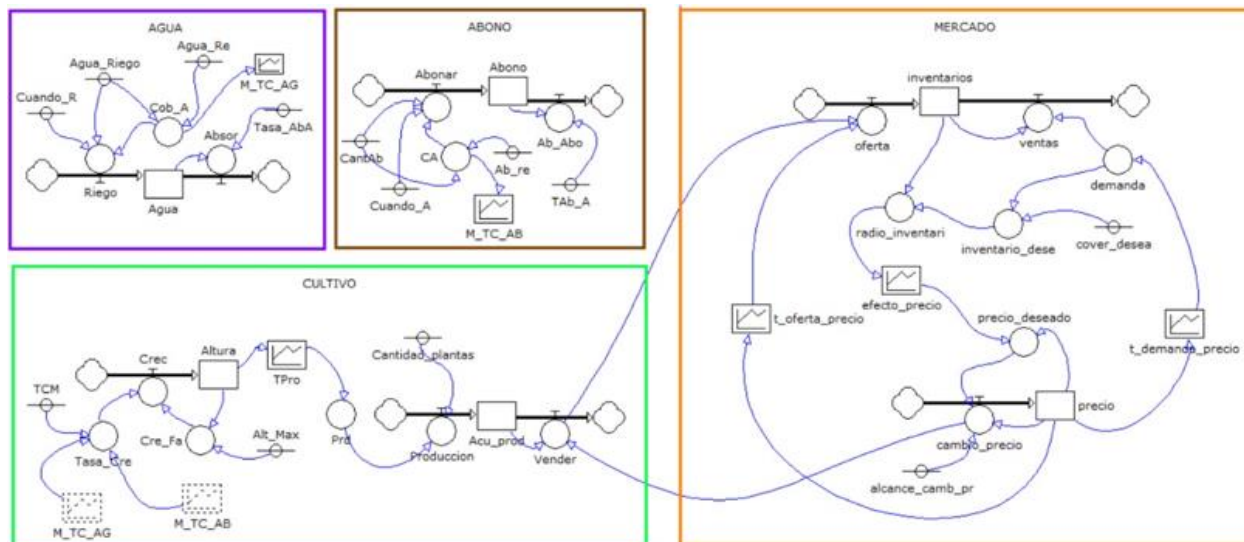
Diagrama de Influencias del modelo cualitativo de la estructura del Ambiente Web propuesto



4.1.3 Modelo Cuantitativo

El modelo cuantitativo permite determinar las ecuaciones matemáticas que al ser evaluadas en función del tiempo permiten simular funcionalidades del cultivo tales como regar, abonar, cosechar, y del mercado como la fluctuación de precios del producto.

En la Figura 4 se observan las variables, constantes y multiplicadores que permiten simular el proceso crecimiento, y producción de una planta, además de la fluctuación del precio en el mercado.

Figura 4*Diagrama Flujo-Nivel del modelo cuantitativo del Ambiente Web*

Nota: Diagrama flujo-nivel. Tomado de: (Andrade & Gómez, Apuntes del curso de Modelado Estructural, 2010-2021)

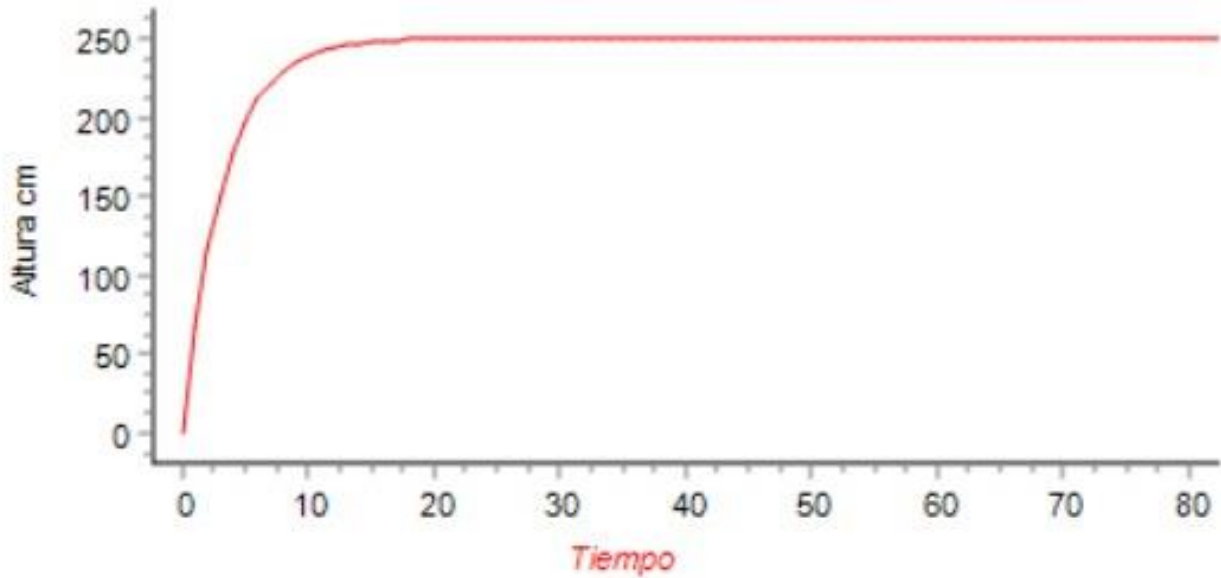
4.1.4 Validación

Validar el modelo permite generar confianza en él, por tanto, se seleccionaron ciertos datos para campos como altura, cantidad de agua, cantidad de abono, kilos producidos y el precio de un tipo de planta, para probar su correcto funcionamiento, el cual se evidencia mediante las siguientes gráficas generadas:

En la Figura 5 se observa el comportamiento de la altura, inicialmente se tiene un aumento acelerado, hasta llegar a un punto donde sería constante. El valor de ingresado para la altura del tipo de planta seleccionado, la cual fue tomate, es de 250 cm (Prodac, 2021).

Figura 5

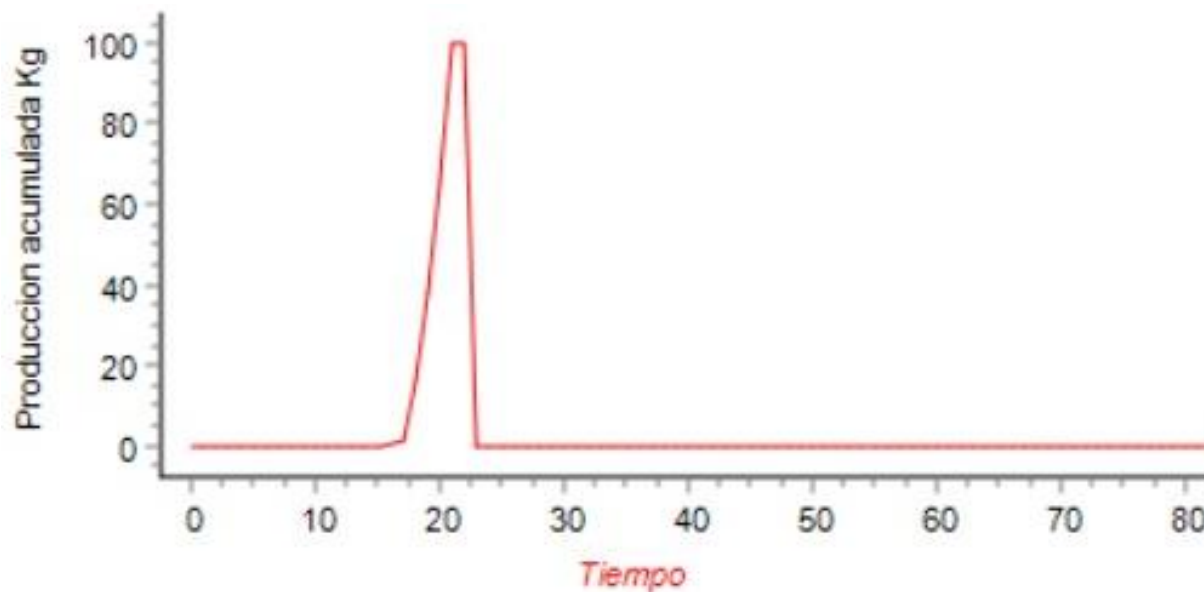
Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo de la Altura



En la Figura 6 se observa el comportamiento de la producción que da la planta, la cual inicia en cero Kg y a partir de cierta altura de la planta, comienza a producir poco a poco hasta no obtener más producción. El valor ingresado para la cantidad de kilogramos producidos por la planta de tomate fue de 100 kg (Farmer, 2020).

Figura 6

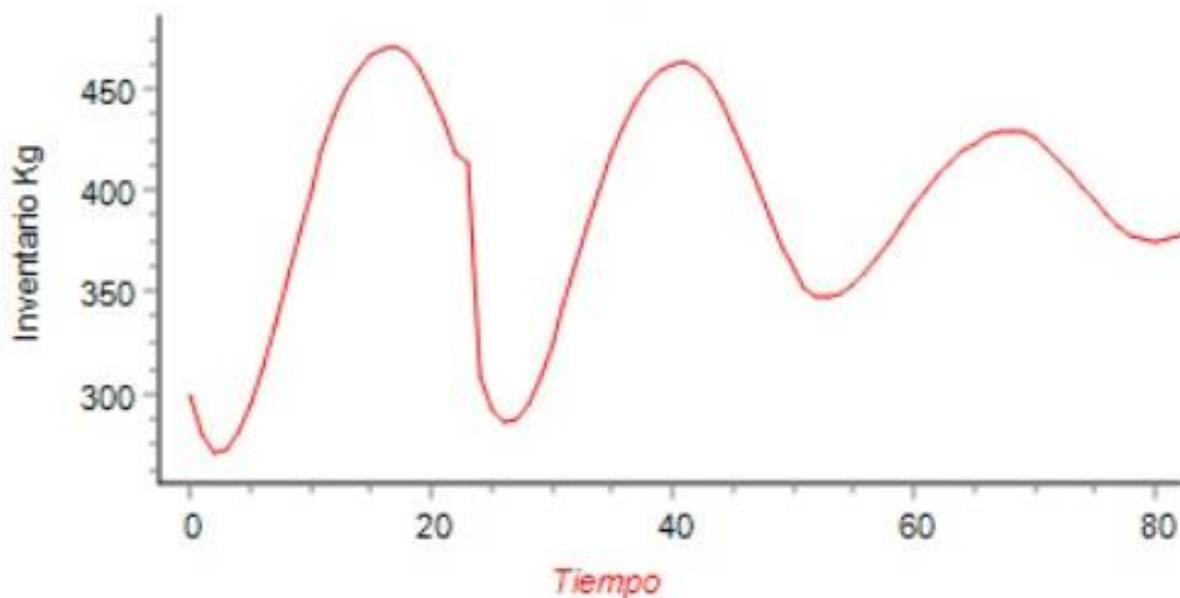
Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo de la Producción acumulada de una planta



En la Figura 7 se observa el comportamiento en el inventario del tomate, el cual inicia aumentando a medida que se van cosechando los cultivos, luego oscilando de acuerdo con la venta y nuevas recolecciones, llegando a un movimiento casi constante.

Figura 7

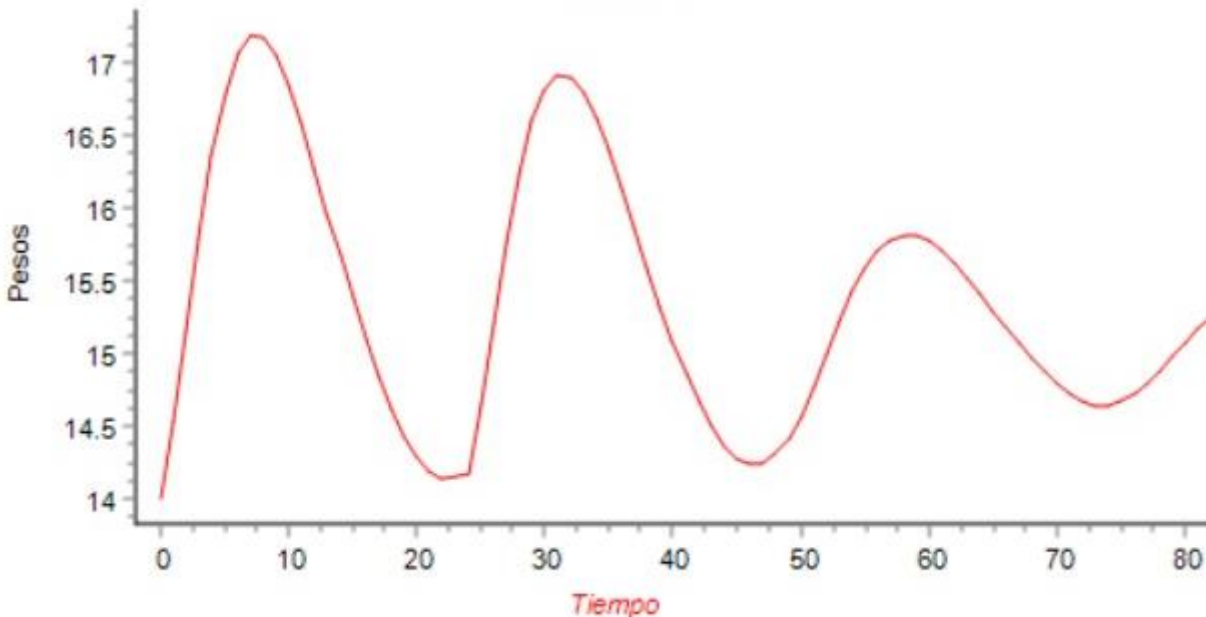
Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo del Inventario



En la Figura 8 se observa la fluctuación en el precio, la cual se da según el comportamiento que se presente en el mercado, regulando la variación hasta mostrar un comportamiento constante. El valor del precio ingresado para la planta de tomate fue de \$1400 (Centroabastos S.A, 2021).

Figura 8

Gráfica de la simulación del modelo cuantitativo del Precio



Los valores de altura, cantidad de producción y precio del tomate, ingresados al modelo de simulación hacen parte de la configuración de la partida que hace el usuario en el Ambiente Web, el cual se describe en la sección 4.2.1 y 4.2.2, junto con un video descrito al inicio del capítulo 4.

Las ecuaciones generadas en el modelo de simulación son migradas al Ambiente Web como parte de las funciones que representan las actividades a realizar en cada partida. La Figura 9 presenta un fragmento de código en php correspondiente a los cálculos realizados dentro de la función Crecimiento, el cual es un método dentro del diagrama de clases descrito en la sección 4.2.2.2.

Figura 9

Fragmento de código de la Función Crecimiento

```

393
394 $cob_a=$agua_riego/$agua_re; //Cálculo de la Cobertura del Agua requerida por la planta
395 $absor=$aguabd*$tab_ag; //Cálculo de la Absorción de Agua por la planta.
396 $agua=$aguabd+$agua_riego-$absor; //Cálculo de Agua disponible para la planta.
397
398
399 if($cob_a<=0) //Tasa de Crecimiento de la planta según la cobertura del agua
400 {
401     $M_tc_a=0.001;
402 }
403 else if($cob_a>0 and $cob_a<=0.5)
404 {
405     $M_tc_a=0.4333;
406 }
407 else if($cob_a >0.5 and $cob_a<1)
408 {
409     $M_tc_a=0.9666;
410 }
411 else if($cob_a==1)
412 {
413     $M_tc_a=1;
414 }
415 else if($cob_a>1 and $cob_a<=2)
416 {
417     $M_tc_a=1;
418 }
419 else if($cob_a>2 and $cob_a<=3)
420 {
421     $M_tc_a=0.0015;
422 }
423 else if($cob_a>3)
424 {
425     $M_tc_a=0.001;
426 }
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495 $tasa_cre=$tcm*$M_tc_a*$M_tc_ab; //Cálculo de la Tasa de Crecimiento de la planta
496 $cre_fal=$alt_max-$item->altura; //Cálculo del Crecimiento Faltante.
497 $cre=$tasa_cre*$cre_fal; //Cálculo del Crecimiento de la planta.
498 $altura=$item->altura+$cre; //Cálculo de la Altura acumulada de la planta

```

En la Figura 10 se presenta un fragmento de código de los cálculos realizados dentro de la función Mercado codificados en php, tomando como base las ecuaciones planteadas en el modelo de simulación.

Figura 10

Fragmento de código de la Función Mercado

```

618 | if($precio<=$precio_Inibd-2 )           //Demanda según el precio
619 | {
620 |     $demanda= $produ+( $produ*0.75);
621 | }
622 | else if($precio>$precio_Inibd-2 and $precio<=$precio_Inibd-1 )
623 | {
624 |     $demanda= $produ+( $produ*0.3);
625 | }
626 | else if($precio>$precio_Inibd-1 and $precio<=$precio_Inibd)
627 | {
628 |     $demanda= $produ;
629 | }
630 | else if($precio>$precio_Inibd and $precio<=$precio_Inibd+1)
631 | {
632 |     $demanda= $produ-( $produ*0.4);
633 | }
634 | else if($precio>$precio_Inibd+1 and $precio<=$precio_Inibd+2 )
635 | {
636 |     $demanda= $produ -( $produ*0.5);
637 | }
638 | else if($precio>$precio_Inibd+2 and $precio<=$precio_Inibd+3)
639 | {
640 |     $demanda= $produ -( $produ*0.6);
641 | }
642 | else if($precio>$precio_Inibd+3)
643 | {
644 |     $demanda= $produ -( $produ*0.7);
645 | }
646 | $inv_deseado=$demanda*$cover_des;       //Cálculo del inventario deseado
647 | $inventarios=$inv_acum+$sum_Prod-$demanda; //Cálculo del inventario acumulado

```

4.2 Análisis y Diseño del Ambiente Web

En esta sección se presentan los resultados del análisis, describiendo los requerimientos y diseño de software, indicando los diagramas de casos de uso, clases, actividades y el diagrama con la arquitectura implementada.

4.2.1 *Requerimientos*

En esta fase de desarrollo, se definen los requerimientos funcionales y no funcionales correspondientes al alcance del proyecto, el cual está orientado a tres tipos de cultivo, tomate, lechuga y pimentón, cinco funcionalidades, sembrar, regar, abonar, cosechar y vender, e identificar cuántos usuarios están en línea y cuántos pueden ser admitidos según la partida establecida.

Los requerimientos fueron obtenidos de la primera fase del proyecto, partiendo del modelo de simulación y el alcance previsto para el Ambiente Web.

4.2.1.1 Requerimientos Funcionales. En la Tabla 1 son presentados los requerimientos funcionales del Ambiente Web (Greenhouse Crops) detallados por identificador, nombre, descripción y actores a los que aplican. Además, de una última columna en la cual se denota con un dos, aquellos que requirieron ajustes en la segunda versión.

Tabla 1

Requerimientos Funcionales

ID	Nombre	Descripción	Actor	V2
RF01	Registro usuario	El usuario registra su id y contraseña para el ingreso al ambiente.	Usuario	
RF02	Usuarios en línea	El Software verifica que se encuentren al menos dos usuarios en línea y que el administrador haya creado una partida.	Software	2

ID	Nombre	Descripción	Actor	V2
		En la segunda versión se agregó el control de cantidad máxima de usuarios conectados, la cual depende de la partida en curso.		
RF03	Toma de decisiones	El usuario podrá tomar decisiones tales como: sembrar, regar, abonar, cosechar y vender los cultivos que desee.	Usuario	
RF04	Reflejar decisiones	El Software le muestra al usuario los cambios generados a partir de sus decisiones tomadas. En la segunda versión se corrigió la visualización de algunos cambios generados.	Software	2
RF05	Cálculos	El Software realiza los cálculos necesarios para evidenciar las decisiones tomadas. En la segunda versión se ajustaron los cálculos.	Software	2
RF06	Comportamiento oferta y demanda	El usuario visualiza el comportamiento de la oferta y demanda de los cultivos simulados. En la segunda versión se ajustó la visualización del cambio en el precio.	Usuario	2

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

ID	Nombre	Descripción	Actor	V2
RF07	Informe final	El Software realiza un informe final para mostrar el comportamiento de los cultivos simulados por los usuarios durante la sesión	Software	
RF08	Informe asociaciones	El Software genera un informe sobre las asociaciones presentadas entre los usuarios durante la partida	Software	
RF09	Inicializar partida	El administrador inicializa los datos de la partida a través de un formulario. En la segunda versión se agregó la opción de iniciar la partida con datos por defecto	Administrador	2
RF09	Visualizar actividad usuario	El administrador visualiza los resultados de las partidas e identifica cuando, a qué hora y qué hizo cada usuario	Administrador	

4.2.1.2 Requerimientos No Funcionales. En la Tabla 2 son presentados los requerimientos no funcionales del Ambiente Web (Greenhouse Crops) detallados por identificador, nombre, descripción y actores a los que aplican, además de una última columna la cual denota con un dos aquellos que requirieron ajustes en la segunda versión.

Tabla 2

Requerimientos No Funcionales

ID	Nombre	Descripción	Actor	V2
RNF01	Vista amigable	Las vistas del ambiente para el aprendizaje deben ser amigables a los usuarios	Software	
RNF02	Efectividad	Las actividades que los usuarios pueden realizar deben tener el correcto funcionamiento	Software	
RNF03	Fiabilidad	Durante la partida el usuario no debe tener problemas para realizar las actividades bajo las condicionales iniciales puestas por el sistema y las efectuadas por los cambios que se hayan generado por sus decisiones	Software	

4.2.2 *Diseño del Ambiente Web*

En este apartado se presentan en su última versión el diagrama de Casos de Uso, el diagrama de Clases y los diagramas de Actividades realizados durante el diseño del software.

4.2.2.1 Diagrama de Casos de Uso. En esta sección se presenta el diagrama de casos de uso final excluyendo los casos registrarse e ingresar, teniendo en cuenta que son obligatorios para los dos actores y que se quiere simplificar el diagrama. En el software participan tres actores y el diagrama es presentado en la Figura 11.

Usuario: es la persona que ingresa al Ambiente Web teniendo acceso únicamente a la ejecución de actividades previstas para él, tales como sembrar, cosechar, regar, abonar y vender.

Administrador: es la persona que se encarga de orientar la forma de operar el ambiente y de supervisar las acciones de los usuarios, cuándo entraron, qué hicieron, además de colocar los parámetros iniciales para el inicio de cada partida.

Software: se encarga de ejecutar los cálculos necesarios para el movimiento de cada actividad realizada por el usuario, además de realizar el informe con el resumen de cada partida.

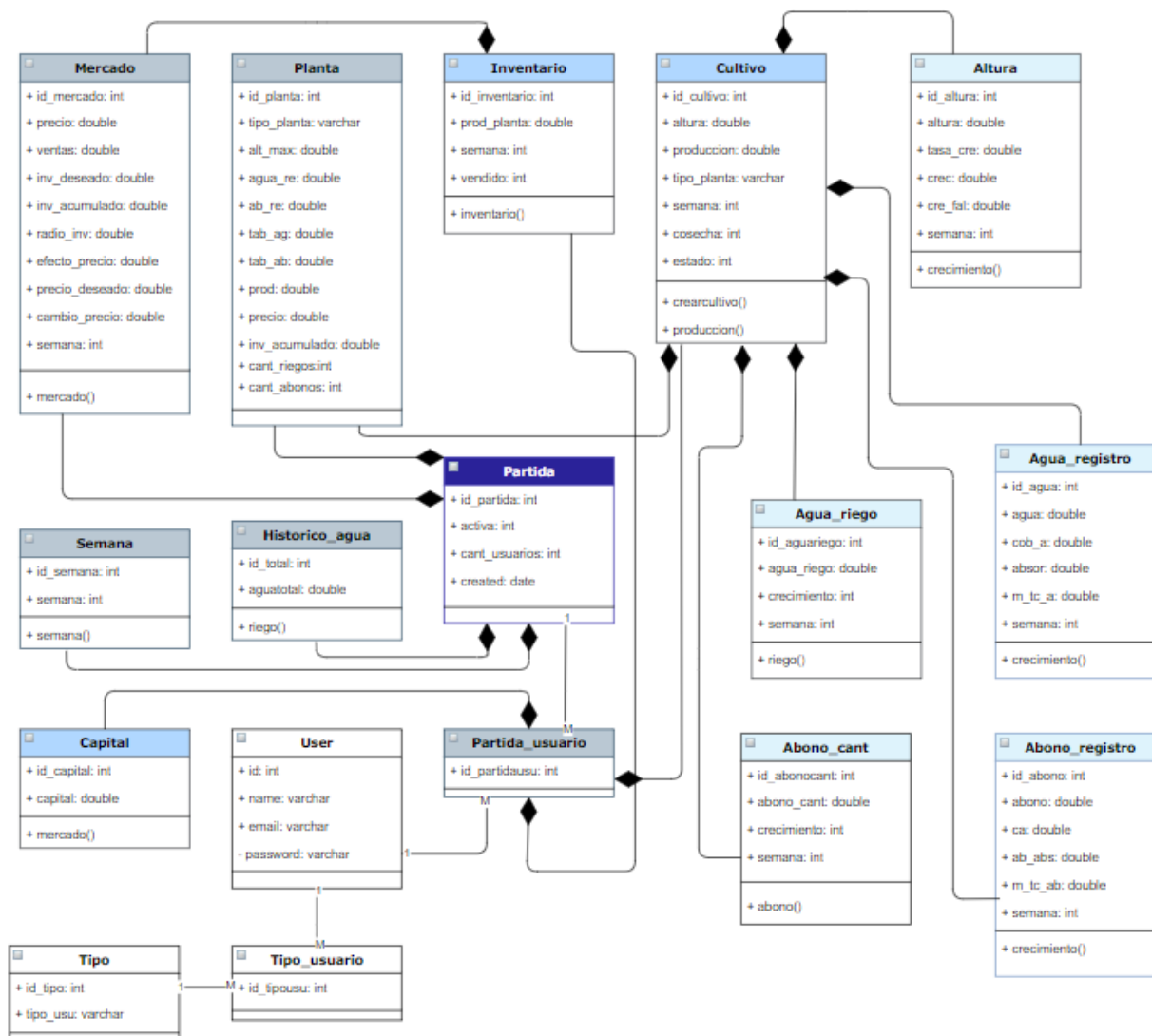
Figura 11*Diagrama de Casos de Uso*

4.2.2.2 Diagrama de Clases. Es un tipo de diagrama de estructura estática el cual describe la distribución de un sistema, mostrando sus clases, atributos, métodos y relaciones entre los objetos.

En la Figura 12 es presentado el diagrama de clases final, el cual muestra la relación entre los objetos del Software, sus atributos y métodos, con el fin de comprender la interacción entre las clases creadas.

Figura 12

Diagrama de Clases

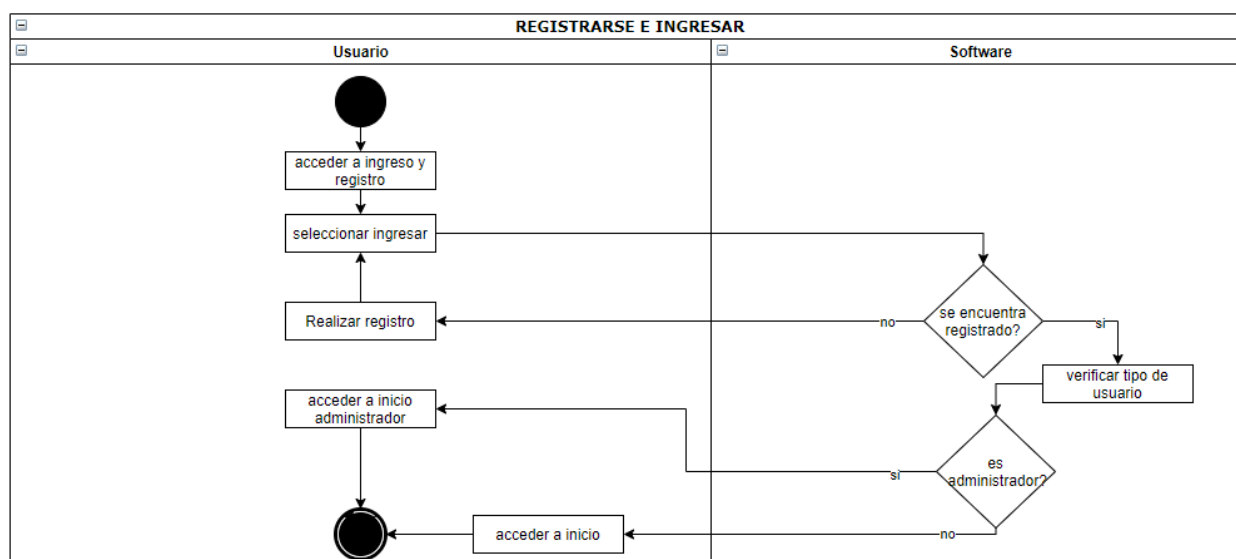


4.2.2.3 Diagramas de Actividades. En esta sección se presentan los diagramas de actividades finales para la función de registrarse e ingresar al Ambiente Web, interactuar con la página inicial y la función de simular siembra y venta de cultivos, indicando las condiciones correspondientes para garantizar un correcto funcionamiento en el desarrollo de cada partida.

El diagrama de la Figura 13 representa la función de Registrarse e Ingresar al Ambiente Web, el cual muestra la verificación del registro de un usuario y el rol con el que cuenta, puesto que esas condiciones le indican al software a cuál vista de inicio debe dirigirlo y cuáles son sus funciones disponibles. Este diagrama finaliza dirigiendo al usuario a la página inicial, interacción que se describe en la Figura 14; cuando el usuario que ingresa es un administrador, la envía a la opción de configurar partida.

Figura 13

Diagrama de Actividades para la función de Registrarse e Ingresar al Ambiente Web



El diagrama de la Figura 14 representa la Interacción con la Página Inicial para un usuario

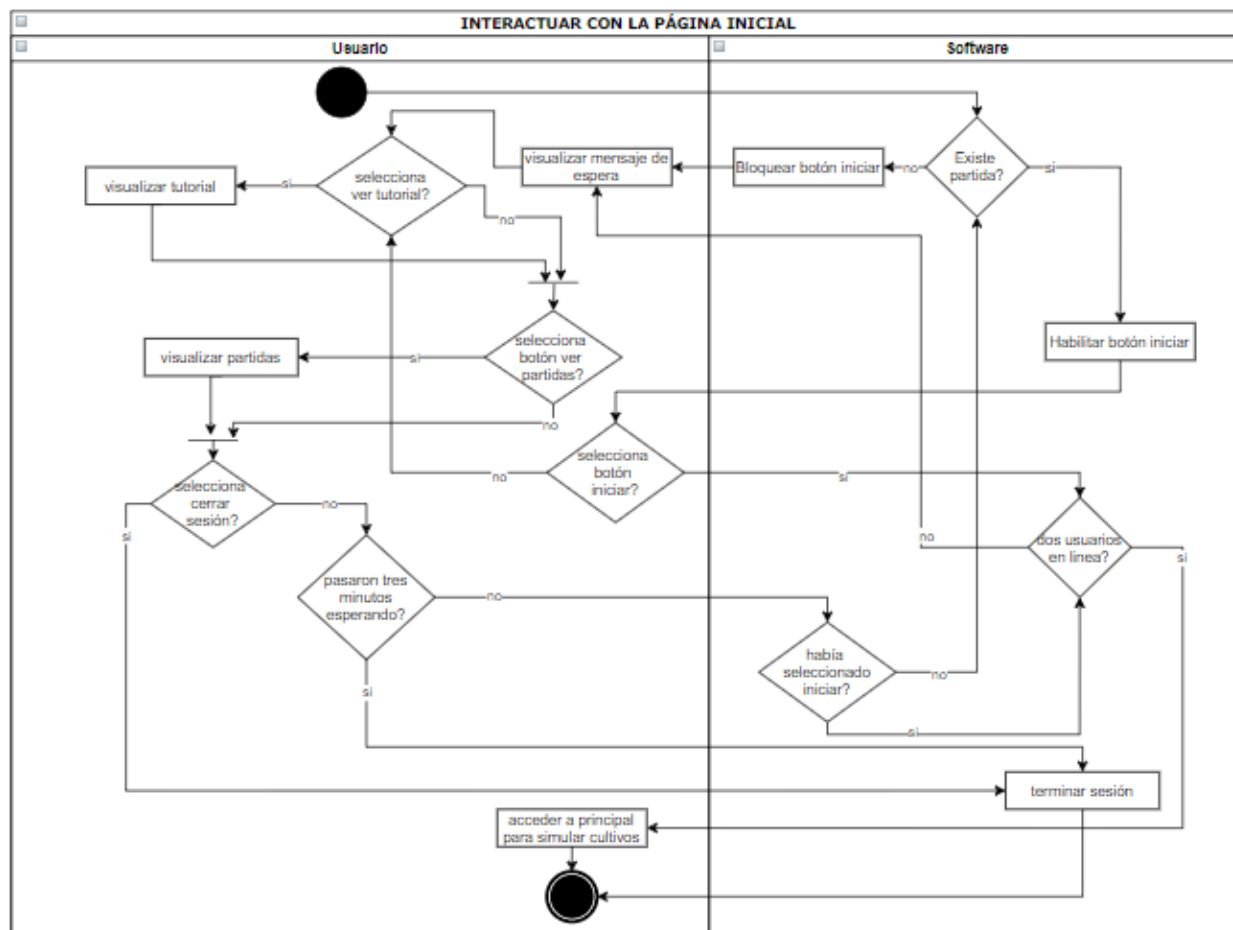
AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

que no cuenta con el rol de administrador. Una vez se haya realizado el registro, el software dirige al usuario a la página inicial la cual contiene tres botones, el primero es Iniciar, que le permite ingresar a la vista principal una vez se haya inicializado una partida y se hayan verificado al menos dos usuarios en línea, el segundo es Ver tutorial, donde puede obtener las instrucciones y pasos a seguir para utilizar el Ambiente Web, y el tercero es Ver partidas, donde puede observar los informes de las diferentes partidas en las que ha participado. En el diagrama también se muestra el tiempo de espera estimado para ingresar a la página principal, pues no es conveniente que el usuario aguarde tanto para iniciar.

El software una vez valida las condiciones para el ingreso redirige al usuario a la página principal, siendo esto la culminación de esta actividad y el punto de partida de la siguiente funcionalidad (Figura 15).

Figura 14

Diagrama de Actividades para Interactuar con la Página Inicial



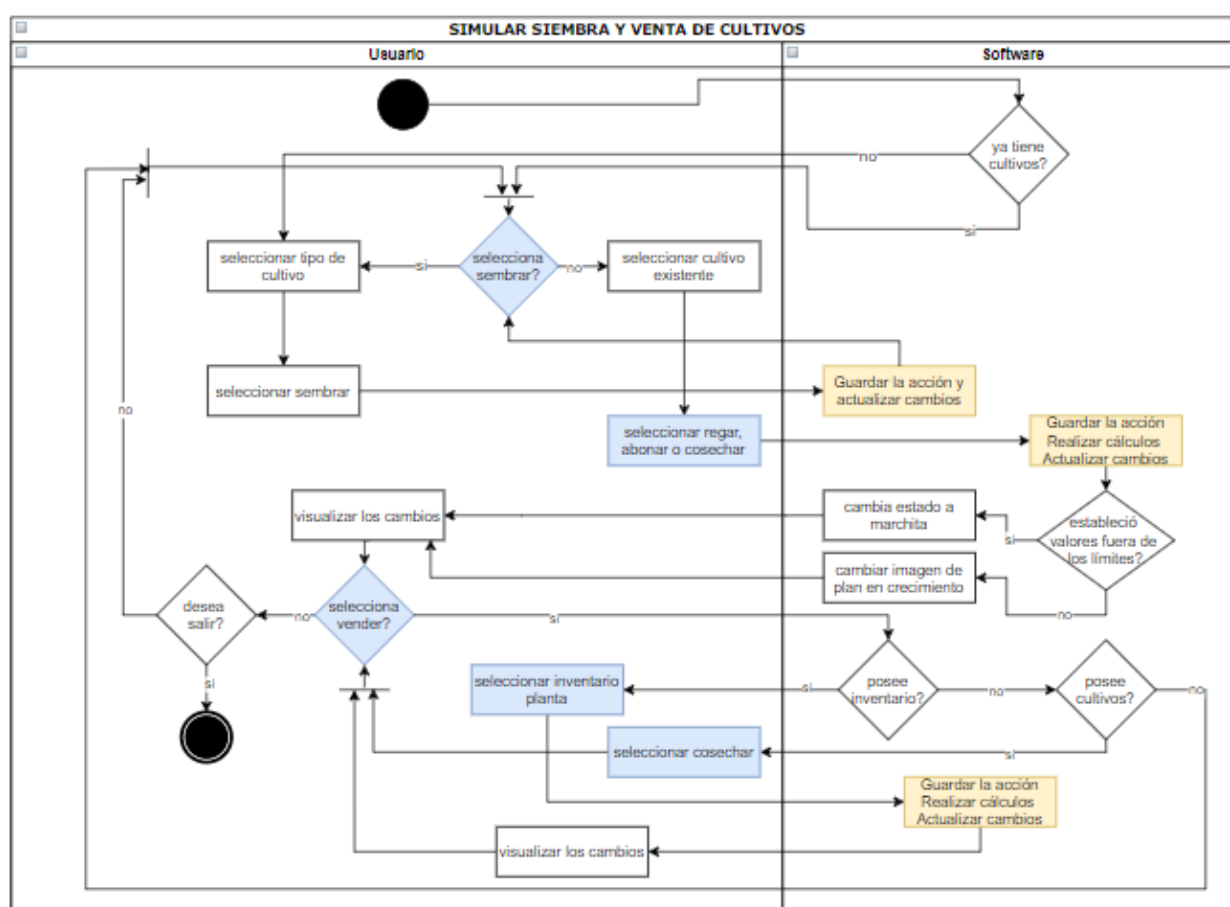
El diagrama de la Figura 15 representa la función de Simular Siembra y Venta de Cultivos, la cual inicia una vez se hayan validado las condiciones de ingreso a la vista, es decir, el administrador ha inicializado los datos de la partida y existen dos o más usuarios en línea. En el diagrama se indica el proceso que se lleva a cabo durante cada partida, qué acciones realiza el usuario (selecciona sembrar, regar, abonar, cosechar, vender) y cómo responde el software antes ellas, es decir, va guardando las decisiones que toma el usuario, realiza los cálculos necesarios de acuerdo con las funciones creadas y genera los cambios correspondientes (cultivos sembrados,

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

cultivos regados y abonados, agua gastada, inventario de cada tipo de planta, variación en los precios). La información que se almacena se emplea posteriormente para generar los informes de resultados que se muestran al usuario una vez la partida haya finalizado.

Figura 15

Diagrama de Actividades de la función de Simular Siembra y Venta de Cultivos

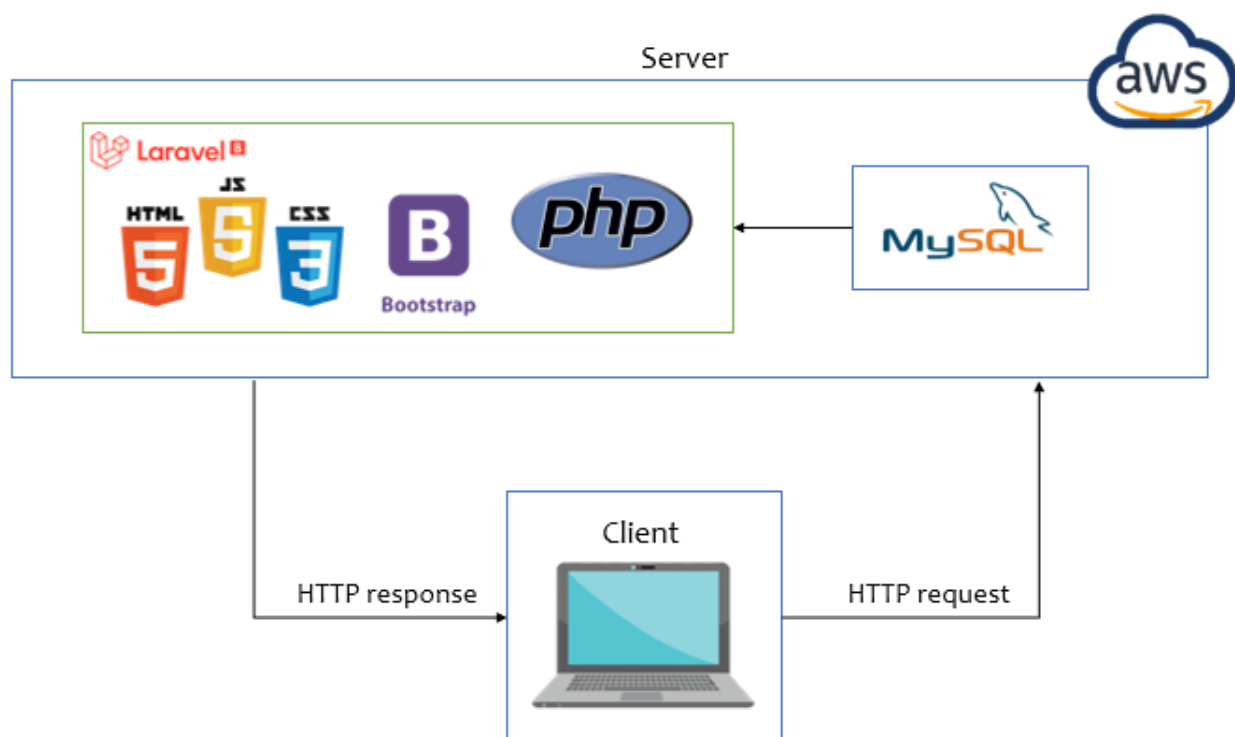


AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

4.2.2.4 Arquitectura. La Figura 16 muestra la arquitectura utilizada en el desarrollo del Ambiente Web siguiendo el modelo cliente servidor, en ella se implementó el framework, Laravel, utilizando html, css, Bootstrap y javascript en el diseño de la página y MySQL como base de datos, esto alojado en una instancia del servidor de AWS, la cual permite recibir una petición y devolver una respuesta al usuario vía HTTP.

Figura 16

Arquitectura



4.3 Implementación del Ambiente Web

En esta sección se describe la versión final del Ambiente Web Greenhouse Crops,

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

presentando algunas vistas de usuario y la transición realizada hacia la instancia del servidor de AWS. Fragmentos de código correspondientes a algunas funcionalidades del Ambiente Web se encuentran en la sección 4.1.4

4.3.1 Vistas de usuario

En esta sección se presentan algunas vistas de usuario correspondientes a la página de Ingreso, la página Inicial y la página Principal del Ambiente Web Greenhouse Crops.

Figura 17

Vista de Ingreso



AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

Figura 18

Vista de la Página Inicial



Figura 19

Vista Principal

Tiempo: 39 | Semana: 1 | Agua Total: 1600 | Precio Tomate: 1400 | Precio Pimenton: 1900 | Precio Lechuga: 3000 | Mercado Tomate: 300 | Mercado Pimenton: 60 | Mercado Lechuga: 30

Usuario: Karina | Cultivos: 3 | Agua utilizada: 0 | Abono utilizado: 0 | Inventario: Tomate 0 | Pimenton 0 | Lechuga 0 | **Vender**

Cultivos
 Tomate Pimenton Lechuga

<input type="checkbox"/>	Planta	Altura	Producción	Semana	Ilustración
<input type="checkbox"/>	Tomate	0.00	0	1	
<input type="checkbox"/>	Pimenton	0.00	0	1	
<input type="checkbox"/>	Lechuga	0.00	0	1	

Regar **Abonar** **Cosechar**

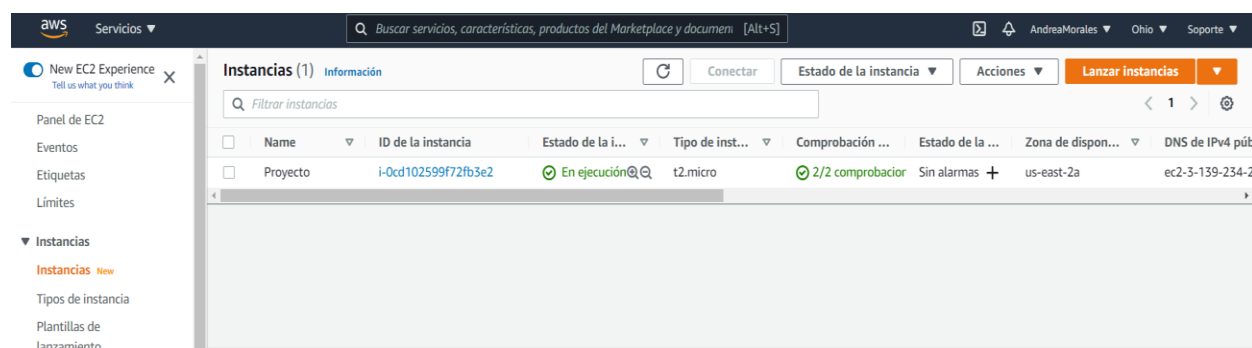
Cultivos Usuarios:
 Andrea
 Tomate 0 | Pimenton 0 | Lechuga 0

4.3.2 Transición

El Ambiente Web fue migrado a una instancia del servidor web de AWS (Figura 20), dentro de la cual se seleccionó la configuración disponible para la capa gratuita. Este fue un paso importante ya que al alojar la página en el servidor fue posible realizar las pruebas necesarias para validar no solo el correcto funcionamiento del Ambiente Web en la nube, sino los usuarios en línea, y su interacción dentro de la partida.

Figura 20

Instancia en el servidor AWS



4.4 Experiencia de Uso

En esta sección se presentan las pruebas unitarias y pruebas alfa, las cuales permitieron realizar mejoras en el Ambiente Web y validar su correcto funcionamiento.

4.4.1 Pruebas Unitarias

Se realizaron las pruebas unitarias del Ambiente Web en las cuales se encontraron ciertos errores en la simulación de las funcionalidades sembrar, regar, abonar y vender, pues el último cultivo seleccionado era el que siempre se sembraba, los cultivos fallidos podían seguir siendo regados y abonados, el cambio en el precio solo era reflejado en el tipo de cultivo vendido, lo que llevó a realizar cambios en los requerimientos RF04, RF05 y RF06 de la Tabla 1. A continuación, se presentan las tablas correspondientes a las pruebas unitarias de las cinco funcionalidades simuladas en el Ambiente Web.

Tabla 3

Prueba de validación para la función sembrar

#	Usuario	Software	Datos	Revisar
1	-	Mostrar tipos de cultivos a sembrar	-	-
2	Seleccionar el cultivo que desea sembrar	Identificar el cultivo seleccionado y guardarlo en la base de datos	Id_planta	El id guardado corresponde al tipo de planta seleccionado
3		Mostrar el cultivo sembrado		
4	Visualizar la siembra del cultivo	-	-	-

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

#	Usuario	Software	Datos	Revisar
	seleccionado			
#	Errores-Descripción		Corregido	Fecha de Corrección
1	Sembrar siempre el último cultivo seleccionado, no el deseado		si	2/08/2021

Tabla 4

Prueba de validación de las funciones Regar y Abonar

#	Usuario	Software	Datos	Revisar
1	Seleccionar el cultivo a regar	Descotar agua total, incrementar agua utilizada, marcar riego en el cultivo seleccionado	Id_cultivo	Descuento en el agua total, y aumento en el agua utilizada, aumento en el contador de riego en el cultivo seleccionado
2	Seleccionar el cultivo a abonar	Aumentar la cantidad de abono utilizado, marcar abonado en el cultivo seleccionado	Id_cultivo	Aumento en el abono utilizado, aumento en el contador de abonado en el cultivo seleccionado
#	Errores-Descripción		Corregido	Fecha de corrección
1	Los cultivos fallidos podían seguir siendo regados o abonados		si	12/08/2021

Tabla 5*Prueba de validación de la funcionalidad cosechar*

#	Usuario	Software	Datos	Revisar
1	Seleccionar el cultivo a cosechar	Aumentar el inventario del cultivo cosechado	Id_cultivo	Suma de los kilos producidos en el inventario del tipo de planta cosechada
#	Errores-Descripción		Corregido	Fecha de corrección
1	-		-	-

Tabla 6*Prueba de validación de la funcionalidad vender*

#	Usuario	Software	Datos	Revisar
1	Seleccionar inventario de un tipo de cultivo y la opción vender	Realizar cambio en el precio de acuerdo con el producto vendido	Id_planta	Cambio en los precios e inventario del mercado
#	Errores-Descripción		Corregido	Fecha de corrección
1	El cambio del precio se efectúa solo en el tipo de cultivo vendido, no en todos los tipos de cultivos		si	28/09/2021

4.4.2 Pruebas Alfa

Después de que el Ambiente Web fue avalado por las autoras de este documento, se procedió a buscar una comunidad la cual está conformada por personas entre 10 y 50 años, a quienes se les realizó una pequeña capacitación sobre el modo de operación del Ambiente Web y se les pidió que empezaran a interactuar con la herramienta. Se hizo un proceso de acompañamiento para que se familiarizaran y se crearon tres partidas, en las cuales los usuarios fueron mostrando conocimiento en el uso de la herramienta. A continuación, son presentadas algunas imágenes como evidencia. En la Figura 21 se muestran dos usuarios en la vista de entrada al Ambiente Web Greenhouse Crops.

Figura 21

Usuarios en la Vista de Entrada del Ambiente Web

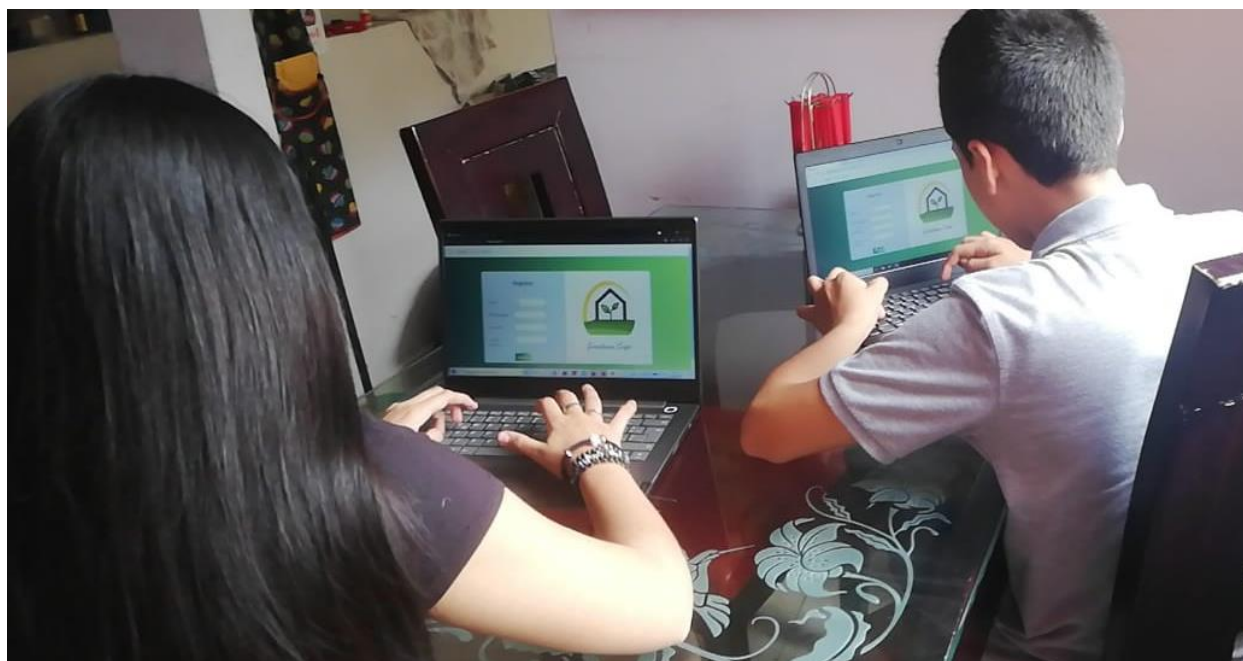


AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

En la Figura 22 se aprecian dos de los usuarios realizando el registro a la página.

Figura 22

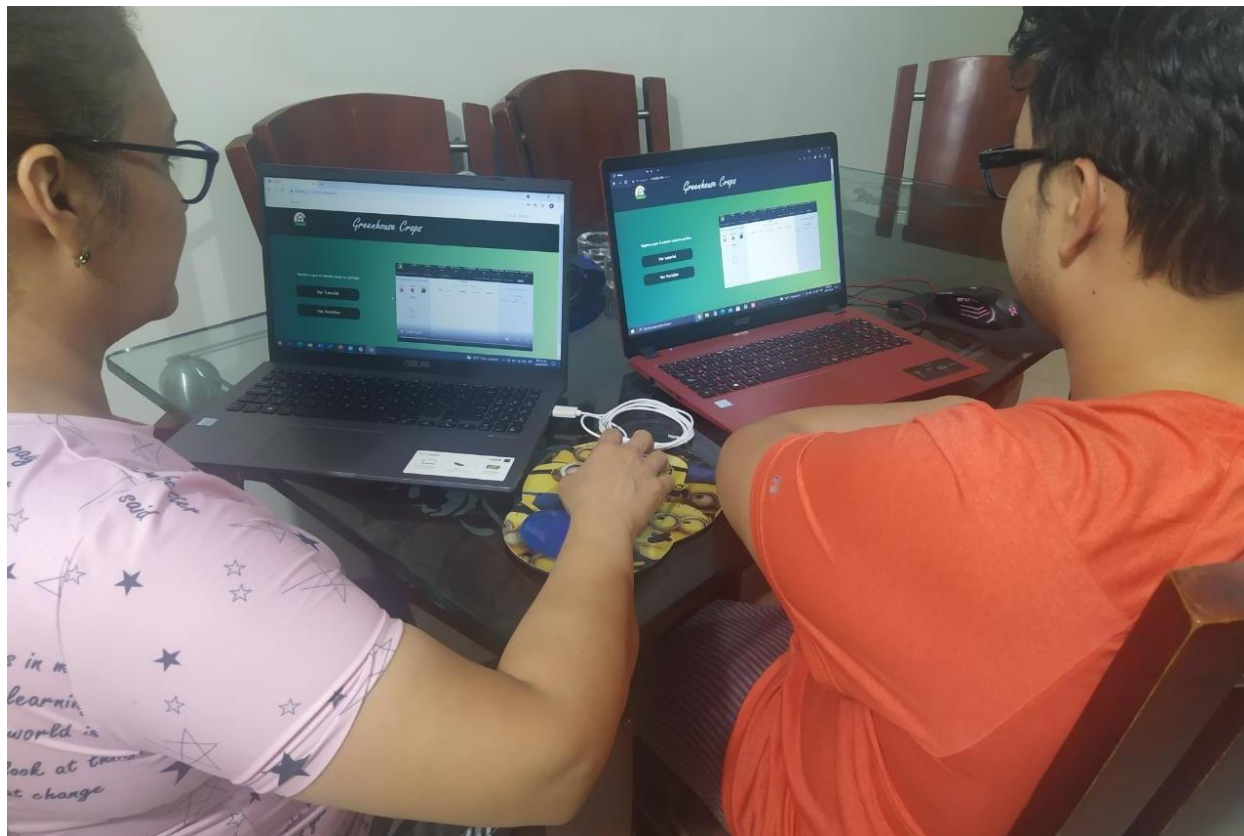
Usuarios en la Vista de Registro



En la Figura 23 se aprecian dos usuarios visualizando el tutorial que se encuentra en la página inicial.

Figura 23

Usuarios en la Vista de la Página Inicial



En la Figura 24, Figura 25 y Figura 26 se aprecian a los usuarios interactuando en el Ambiente Web después del paso 1 equivalente a sembrar.

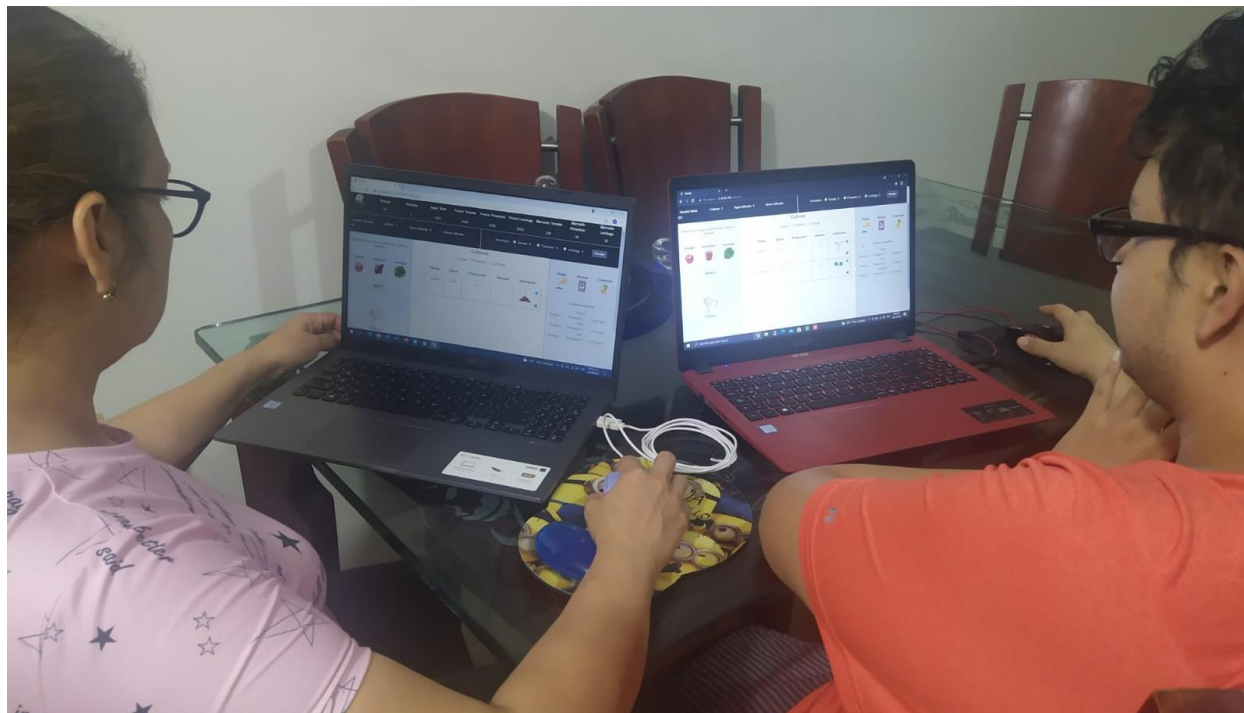
Figura 25

Usuarios en la Vista Principal del Ambiente Web

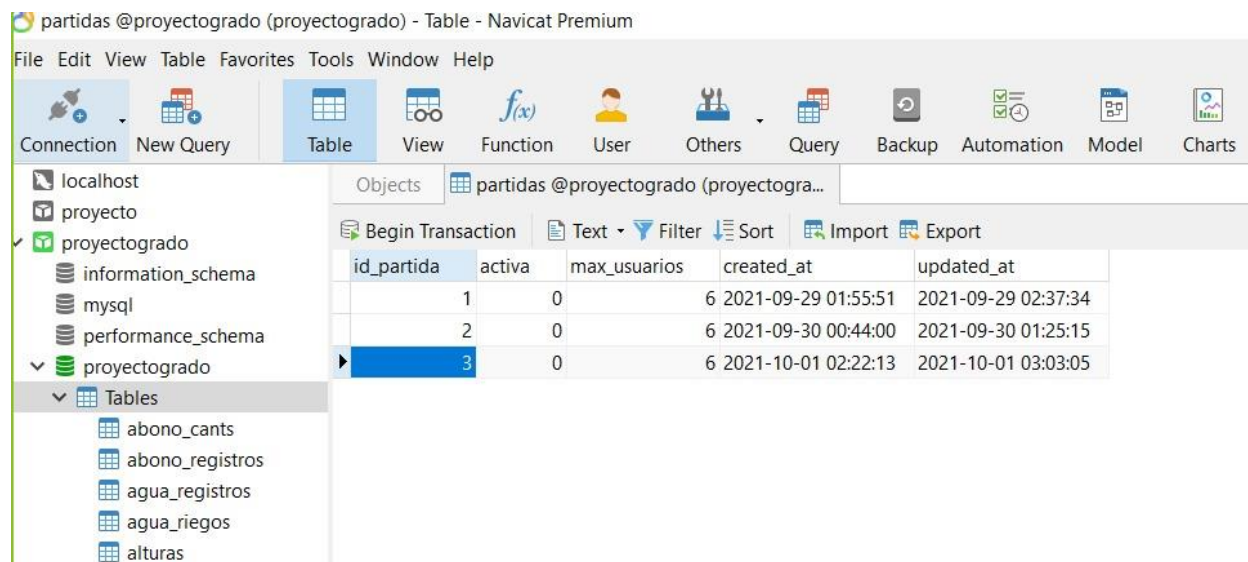


Figura 26

Usuarios en la Vista Principal del Ambiente Web



La Figura 27 muestra la base de datos con las tres partidas realizadas, observando la fecha y la cantidad máxima de usuarios permitidos.

Figura 27*Cantidad de Partidas realizadas*

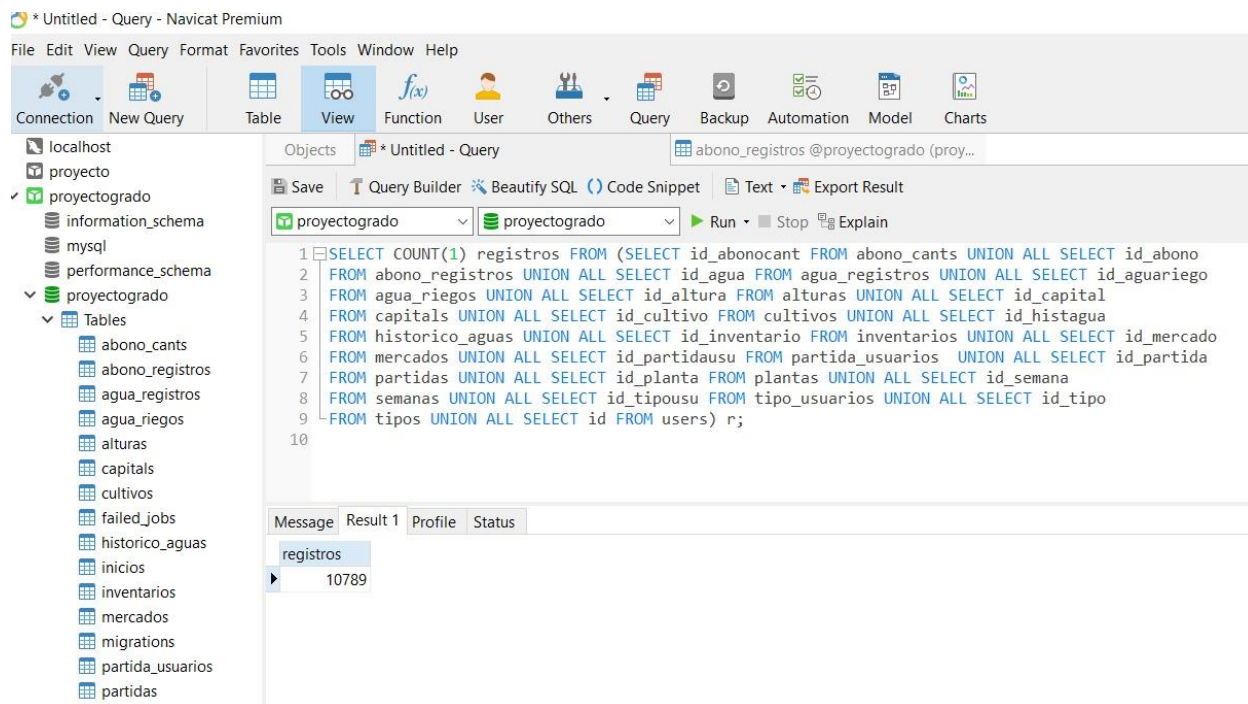
The screenshot shows the Navicat Premium interface displaying a table named 'partidas' within a database. The table has five columns: 'id_partida', 'activa', 'max_usuarios', 'created_at', and 'updated_at'. There are three rows of data, with the third row (id_partida: 3) highlighted in blue. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a sidebar showing the database structure.

id_partida	activa	max_usuarios	created_at	updated_at
1	0	6	2021-09-29 01:55:51	2021-09-29 02:37:34
2	0	6	2021-09-30 00:44:00	2021-09-30 01:25:15
3	0	6	2021-10-01 02:22:13	2021-10-01 03:03:05

En la Figura 28 se muestra la cantidad de registros generados en las partidas, correspondientes a la cantidad de abono, agua, cultivos, inventario y demás elementos presentes durante la interacción con el Ambiente Web.

Figura 28

Consulta de la cantidad de registros generados en la partida



A continuación, se muestra en la Figura 29 uno de los informes de las partidas realizadas por los usuarios, observando:

1. La cantidad de cultivos sembrados según el tipo de planta.
2. La cantidad de kilos producidos por cada tipo de planta.
3. Los usuarios que participaron de ella, además de información como los cultivos sembrados, vendidos, fallidos, el agua utilizada y el capital de cada uno.
4. Gráfica correspondiente al agua utilizada durante la partida, mostrando con rojo lo que hicieron los usuarios y con azul el comportamiento adecuado.
5. Gráfica correspondiente al abono utilizado durante la partida, mostrando con rojo lo que

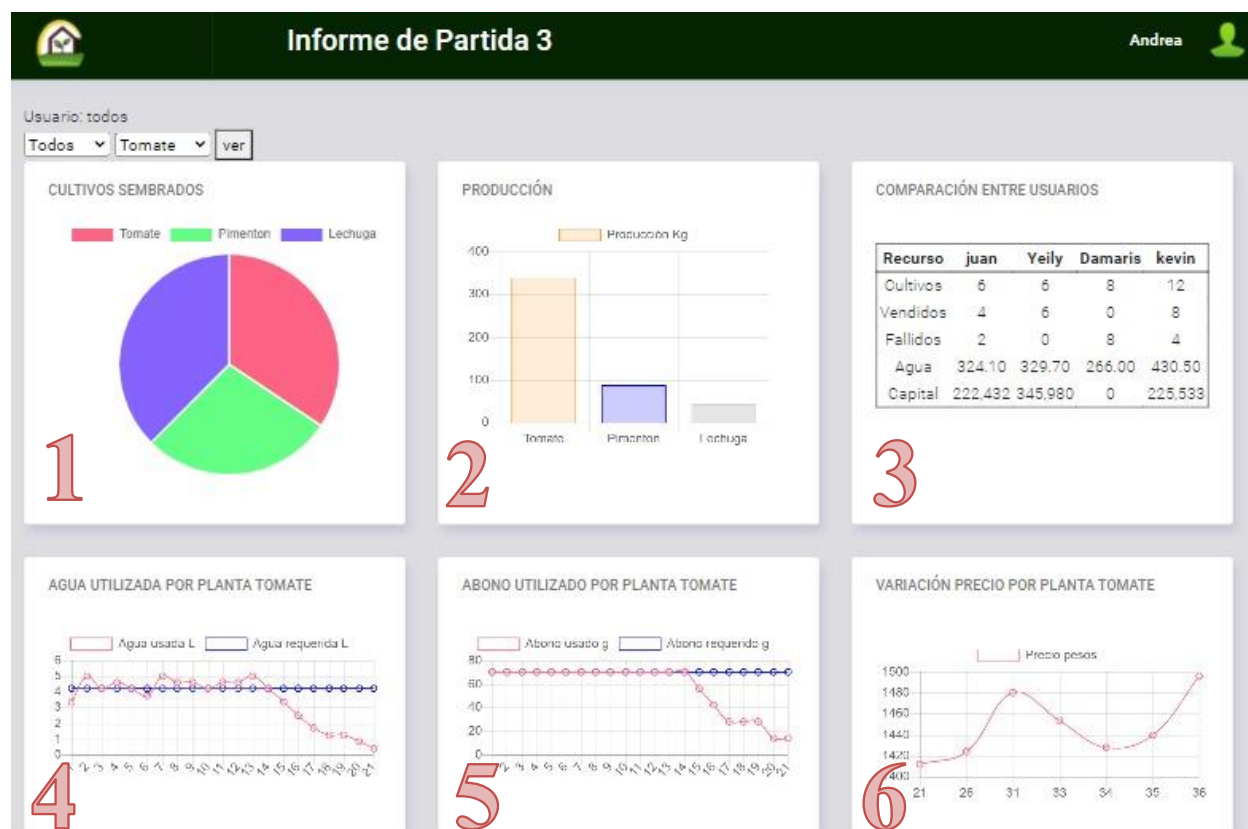
AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

hicieron los usuarios y con azul el comportamiento adecuado.

6. Gráfica correspondiente a la fluctuación del precio.

Figura 29

Informe de la partida tres realizada por los usuarios



5 Conclusiones

Greenhouse Crops, es un Ambiente Web que cumple con los requerimientos establecidos en el proyecto, ya que permite simular las acciones de sembrar, regar, abonar, cosechar y vender, visualizar el movimiento en el mercado, generar los informes finales que le brindan al usuario y al administrador la información de los resultados de la partida, y tener control en la cantidad mínima de usuarios conectadas para poder generar una partida.

Este proyecto brinda una herramienta para el aprendizaje del proceso de producción de alimentos, que ayuda a, (1) mostrar la complejidad en la administración de recursos, (2) conocer el impacto que generan las decisiones de los agricultores involucrados en sus cultivos y (3) comprender la importancia de la asociatividad al presentar los efectos que generan las decisiones de cada uno de los usuarios.

La ejecución de este proyecto aplica conocimientos de Ingeniería de Sistemas como el diseño de software, el desarrollo web, el manejo de bases de datos, modelado de sistemas, los cuales permitieron llevar a cabo un Ambiente Web para el aprendizaje de la agroindustria.

6 Recomendaciones

El proyecto cumple con los objetivos planteados, pero, después de la realización de las pruebas y según opiniones de algunos usuarios y de los profesores, se hacen las siguientes recomendaciones para futuras versiones:

1. Variar el tiempo empleado para la toma de decisiones con el fin de aumentar o disminuir la complejidad de la partida.
2. Adaptar el responsive de la página principal para mejorar la experiencia de usuario cuando se use el Software en dispositivos móviles.
3. Incorporar nuevas variables como la temperatura presente en el invernadero.
4. Adaptar la configuración de partidas para tener diferentes sesiones en un mismo momento.
5. Adaptar la configuración de la partida para que la duración no sea de cuarenta semanas sino requiera de menos tiempo para ser completada.

Referencias Bibliográficas

Agronegocios. (19 de Diciembre de 2018). *Agronegocios*. Obtenido de <https://bit.ly/2WzJWMQ>

Andrade, H. (2001). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga.

Andrade, H., & Gómez, U. (2010-2021). Apuntes del curso de Modelado Estructural.

Arrizabalaga Consulting. (2016). *Arrizabalagauriarte Consulting*. Obtenido de

<https://bit.ly/3B12DrO>

AWS. (2021). *AWS*. Obtenido de Amazon EC2: <https://go.aws/3uuUeuf>

Castellanos, L. R. (28 de Mayo de 2016). *DTyOC*. Obtenido de <https://bit.ly/3CVGHyO>

CCGS. (19 de Noviembre de 2013). *Centro del cambio global y sustentabilidad*. Obtenido de

<http://ccgss.org/sustentabilidad/>

Centroabastos S.A. (26 de Septiembre de 2021). *Informe de Mercado*. Bucaramanga.

Dane. (2015). *El cultivo de pimentón*. Obtenido de <https://bit.ly/3A0uAia>

Editorial Etecé. (16 de Julio de 2021). *Enciclopedia Concepto*. Obtenido de

<https://concepto.de/industria-alimentaria/>

FAO. (2001). *Sistemas de producción Agropecuaria*. Obtenido de <https://bit.ly/3a3PRN3>

Farmer. (2020). *Farmer*. Obtenido de <https://bit.ly/2WvuQb1>

Finagro. (14 de Noviembre de 2012). *Finagro*. Obtenido de finagro.com.co.

Gómez , U., & Gómez, J. (2020). Ambiente de aprendizaje para la asociatividad y

sustentabilidad en la agroindustria. *CITED*. México.

Gómez , U., & Gómez, O. (2019). SAMI: Videojuego serio de ganadería bovina en Unity

apoyado en Dinámica de Sistemas. *Uis Ingenierías*, 15-22.

Grupo Simon. (2010). *Evolución*. Obtenido de <http://simon.uis.edu.co/software/evolucion/>

Grupo Simon. (2012). *Aprendiendo con Dinámica de Sistemas y desarrollando competencias*

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

para la toma de decisiones - Una experiencia en la educación: Ambiente Virtual de Aprendizaje Pesco 2.0.

Guerrero, J. A. (5 de Julio de 2020). *Docentes al día*. Obtenido de <https://bit.ly/34hLBXg>

IBM. (2014). *IBM Documentación*. Obtenido de <https://ibm.co/39XRr36>

Ionos. (2 de Agosto de 2019). *Servidores*. Obtenido de <https://bit.ly/3ovCRGn>

Jacobson, I., Booch, G., & Rumbaugh, J. (2000). *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP)*. España.

Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J., & Ja. (2011). *El Lenguaje Unificado De Modelado. Manual De Referencia*.

Laravel. (2015). *Laravel*. Obtenido de <https://desarrolloweb.com/home/laravel>

MDN Contributors. (2021). *MDN Web Docs*. Obtenido de <https://mzl.la/2WzPyGU>

MySQL. (2021). *MySQL*. Obtenido de <https://www.mysql.com/cloud/>

NeoAttack. (2018). *NeoAttack*. Obtenido de <https://neoattack.com/neowiki/framework/>

Policonomics. (2017). *Policonomics*. Obtenido de <https://policonomics.com/es/oferta-demanda/>

Prodac. (2021). *Prodac*. Obtenido de <https://bit.ly/2Yi0idN>

Punchalo. (2017). *Tomate rio grande*. Obtenido de <https://bit.ly/3irNgkV>

Romero, J. G. (2015). Planta de acondicionamiento Profruit Perú sac: plan de negocio, integrado a un modelo de asociatividad, para productores de aguacate y mandarina en Ica – Perú.

Santa Catalina, I. M. (2010). *Modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria*.

Schiaffarino, A. (12 de 03 de 2019). *Cliente Servidor*. Obtenido de <https://bit.ly/39TGdwG>

Sterman, J. (2019). *Juego de la cerveza*. Obtenido de <https://bit.ly/3ipraN9>

Vargas, K. (Mayo de 2015). *¿Qué es la Agroindustria?* Obtenido de

AMBIENTE WEB PARA EL APRENDIZAJE EN LA AGROINDUSTRIA

<https://www.elcampesino.co/que-es-la-agroindustria/>

Vasquez, R. G. (2012). Dinámica de sistemas y sus aplicaciones. En *Desarrollo Sustentable en la ciudad de Piura*.

Wageningen University and Research. (2021). *African Highland Farmer*. Obtenido de

<https://bit.ly/2Yhz7zQ>

Wikifarmer. (2019). *Como cultivar lechuga*. Obtenido de <https://bit.ly/2GyRPKc>

Wikipedia. (2021). *Invernadero*. Obtenido de <https://bit.ly/36pJD9J>