



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO

Título: “Aplicación Web de apoyo para el análisis de datos agrícolas en las bases productivas”.

Autor: Ing. Javier Alejandro Falcón Suárez

Tutor: Ing. Rene Betancourt Perera

Junio 2020

PENSAMIENTOS.

Sólo es capaz de realizar los sueños el que, cuando llega la hora, sabe estar despierto.

León Daudí

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mis padres quienes siempre han estado presente en mi formación como profesional, siendo mi punto de apoyo ante las dificultades, al soportar mis problemas y ayudarme a solucionarlos, transmitiéndome sus experiencias, dándome consejos y formándome para la vida. Espero algún día poder retribuirles de alguna forma todo su esfuerzo para que yo lograra llegar hasta aquí. “Amor de padres amor incondicional”.

Dedico este trabajo al esfuerzo consagrado de todo el claustro de profesores, a mi tutor y a todo el personal de la Catedra de Ciencias Informáticas, quienes se esfuerzan día a día por garantizar una formación integral de la mejor calidad, fruto del sacrificio y del amor que imprimen en su labor, espero convertirme en un máster que realce el valor de la formación que me han conferido.

AGRADECIMIENTOS.

Doy gracias a toda mi familia y en especial a mi amada madre fuente constante de preocupación y apoyo incondicional, a mi hermano que, aunque lejos me apoya y me da confianza para continuar en el camino. A mi padre que me aconseja ante las adversidades y me guía por el camino.

Reconocimiento especial a todos mis compañeros al colaborar de modo incondicional con su apoyo y sus conocimientos para la elaboración de este proyecto, a pesar de los continuos cambios y variaciones.

Agradecimiento personal a mi tutor Ing. Rene Betancourt Perera, que, a pesar de ser una persona en extremo ocupada, logró hacer tiempo para la revisión de mi tesis, aún con más mérito, tras tener que soportar mi persistencia constante y el continuo cuestionamiento ante los más mínimos cambios.

Especial agradecimiento a todos mis profesores y a todo el personal de la Catedra de Ciencias Informáticas, un gran claustro que se esforzó por garantizar una formación de la mayor calidad, no solo como máster sino también como mejor ser humano.

Agradecimiento general a todos los compañeros de los institutos de investigación, bibliotecas, ministerios, laboratorios, y otros, por toda la información aportada para poder llevar a feliz término este trabajo.

Agradezco a todos los que de una u otra forma me han apoyado a la conformación y materialización de este proyecto.

A todos, muchas gracias.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Javier Alejandro Falcón Suárez, declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Universidad de Matanzas Sede: " Camilo Cienfuegos ", en especial a la Facultad de Ciencias Técnicas, a que hagan el uso que estimen pertinente de él.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de junio del año 2020.

Firma del Autor

Firma del Tutor

OPINIÓN DEL TUTOR.

RESUMEN.

En la actualidad debido a los enormes cambios sufridos en los últimos años con la incorporación de tecnologías informáticas para facilitar la administración de los datos, las empresas requieren de la implementación de sistemas de información que colaboren con los procesos de gestiones empresariales, con el fin de ofrecer mejoras en la toma de decisiones gerenciales. No distante de esta realidad se encuentra las empresas agrícolas y pequeños propietarios del país. El resultado de esta investigación es el desarrollo de una aplicación web que unifica los servicios de socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades, donde se registra toda su información técnica de interés y se informatizan las operaciones en un mismo software. Esta aplicación tiene como objetivo contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos de planificación, control y toma de decisiones, para los directivos de empresas agrícolas y pequeños propietarios. Su condición de solución web posibilita el acceso desde cualquier estación de trabajo, así como una fácil migración hacia otras plataformas móviles. Para su descripción y construcción se utiliza la metodología ágil de desarrollo de software Scrum, la arquitectura Domain Driven Design, como ambiente de desarrollo Asp.NetCore 3.0 con el lenguaje C# 8 y gestor de base de datos SQL Server montado en Docker. Al efectuar las pruebas funcionales por un grupo de expertos, se comprueba el cumplimiento de los requisitos del cliente y la valides de los resultados obtenidos.

SUMMARY

At present, due to the enormous changes suffered in recent years with the incorporation of computer technologies to facilitate the administration of data, companies require the implementation of information systems that collaborate with business management processes, in order to Offer improvements in management decision making. Not far from this reality is the agricultural companies and small owners of the country. The result of this research is the development of a web application that unifies the services of information socialization, adaptation and rotation of crops and their varieties, by registering all their technical information of interest and computerizing operations in the same software. This application aims to help improve the efficiency of planning, control and decision-making processes for managers of agricultural companies and smallholders. Its web application status allows access from any workstation, as well as easy migration to other mobile platforms. For its description and construction, the agile methodology of Scrum software development, the Domain Driven Design architecture, is used as an Asp.NetCore 3.0 development environment with the C # 8 language and SQL Server database manager mounted on Docker. When performing the functional tests by a group of experts, the compliance with the client's requirements and the validity of the results obtained are checked.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL.....	5
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL NEGOCIO	5
2.1.1.	PROCESO DE ADECUACIÓN DE VARIEDADES.....	5
2.1.2.	PROCESO DE ROTACIÓN DE VARIEDADES.....	7
2.2.	ANTECEDENTES DEL TRABAJO.....	7
2.2.1.	SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ADECUACIÓN DE CULTIVOS	8
2.2.2.	SISTEMA INFORMÁTICO PARA ROTACIONES DE CULTIVO	9
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	11
2.4.	FUNDAMENTACIÓN.....	13
2.4.1.	ADAPTABILIDAD DE CULTIVOS.....	13
2.4.2.	SUELOS Y EVALUACIÓN.....	14
2.4.3.	FACTORES LIMITANTES	15
2.4.4.	ROTACIÓN DE CULTIVOS	16
2.4.5.	OBJETIVOS DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS	16
2.4.6.	PRINCIPIOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS.....	16
2.5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.5.1.	DIAGNÓSTICO Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADOS.....	17
2.5.2.	METODOLOGÍAS, TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR.....	18
3.	CAPÍTULO II SOLUCIÓN TEÓRICA DEL PROBLEMA CIENTIFICO.	27
3.1.	DIAGRAMA DE PROCESOS DEL NEGOCIO.	27
3.2.	REQUISITOS DEL SOFTWARE.....	27
3.2.1.	REQUISITOS FUNCIONALES	28
3.2.2.	REQUISITOS NO FUNCIONALES	30
3.3.	ETAPA DE PLANIFICACIÓN.....	32

3.3.1.	DEFINICIÓN DEL EQUIPO	32
3.3.2.	HISTORIAS DE USUARIOS.....	33
3.3.3.	PILA DEL PRODUCTO (PRODUCT BACKLOG).....	34
3.3.4.	PLANEACIÓN DE LAS ENTREGAS (SPRINTS BACKLOG).....	35
3.4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	37
3.4.1.	PLANIFICACIÓN	38
3.4.2.	BENEFICIOS TANGIBLES E INTANGIBLES	40
3.4.3.	ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS.....	42
3.5.	FASE DE DISEÑO.....	42
3.5.1.	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	42
3.5.2.	PATRONES DE DISEÑO	43
3.5.3.	MODELADO DEL DISEÑO.....	44
4.	CAPÍTULO III RESULTADOS DEL TRABAJO DESARROLLADO. ELEMENTOS DE LA VALIDACIÓN PRÁCTICA DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.....	46
4.1.	INTERFACES DE USUARIO.....	46
4.2.	ALGORITMOS PRINCIPALES	49
4.3.	PRUEBAS AL SOFTWARE	51
4.3.1.	PRUEBAS UNITARIAS.....	52
4.3.2.	PRUEBAS DE SEGURIDAD.....	53
4.3.3.	PRUEBAS DE CARGA Y ESTRÉS.....	57
4.3.4.	PRUEBAS FUNCIONALES O CAJA NEGRA	58
4.3.5.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.....	59
5.	CONCLUSIONES	62
6.	RECOMENDACIONES.....	63
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	64
8.	ANEXOS.....	77
9.	GLOSARIO DE TÉRMINOS.	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de despliegue.	45
Figura 2. Interfaz para la gestión de los datos requeridos en la adecuación.	47
Figura 3. Interfaz para la gestión de los datos requeridos en la rotación.	48
Figura 4. Seguridad en ASP.NET CORE.	49
Figura 5. Resultado del Software VEGA.	57
Figura 6. Resultado del Software Webserver Stress.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipo del proyecto	33
Tabla 2. Pila de productos ordenada por prioridad e importancia.....	35
Tabla 3. Tiempo para cada Sprint.	36
Tabla 4. Estimación del Sprint N° 1.....	36
Tabla 5. Estimación del Sprint N° 2.....	36
Tabla 6. Estimación del Sprint N° 3.....	37
Tabla 7. Estimación del Sprint N° 4.....	37
Tabla 8. Estimación del Sprint N° 5.....	37
Tabla 9. Estimación del Sprint N° 6.....	37
Tabla 10. Tipos de ataques de inyección SQL, firmas, prevenciones.....	54
Tabla 11. Sabores de los ataques XSS y su descripción.	56
Tabla 12. Prueba de aceptación de Login.....	59
Tabla 13. Prueba de aceptación de Adecuación.	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción del proceso de diseño de una rotación de cultivos.....	77
Anexo 2. Cuadro comparativo de los sistemas informáticos de adecuación de cultivos.	79
Anexo 3. Cuadro comparativo de los sistemas informáticos de rotación de cultivos.	80
Anexo 4. Evaluación de indicadores.	81
Anexo 5. Principios de la rotación.	83
Anexo 6. Beneficios de Scrum.	85
Anexo 7. Comparación de metodologías de desarrollo Tradicionales y Scrum.	86
Anexo 8. Comparación de metodologías de desarrollo XP y Scrum.....	87
Anexo 9. Comparación de metodologías de desarrollo de software.....	87
Anexo 10. Ventajas de ASP.NET Core.	88
Anexo 11. Tiempo de renderizado de la página.	89
Anexo 12. Tamaño del archivo JavaScript generado.	89
Anexo 13. Recursos de comunicación de frameworks Javascript.	90
Anexo 14. Diagrama del negocio.	91

Anexo 15. Diagrama de actividades del negocio – Adecuación de Variedades.....	91
Anexo 16. Diagrama de actividades del negocio – Rotación de Variedades.....	93
Anexo 17. Historia de usuario HU01.....	93
Anexo 18. Historia de usuario HU02.....	94
Anexo 19. Historia de usuario HU03.....	95
Anexo 20. Historia de usuario HU04.....	96
Anexo 21. Historia de usuario HU05.....	97
Anexo 22. Historia de usuario HU06.....	98
Anexo 23. Historia de usuario HU07.....	99
Anexo 24. Historia de usuario HU8.....	100
Anexo 25. Historia de usuario HU09.....	100
Anexo 26. Historia de usuario HU10.....	101
Anexo 27. Historia de usuario HU11.....	102
Anexo 28. Planificación de entregas Sprint 1.....	104
Anexo 29. Planificación de entregas Sprint 2.....	105
Anexo 30. Planificación de entregas Sprint 3.....	106
Anexo 31. Planificación de entregas Sprint 4.....	108
Anexo 32. Planificación de entregas Sprint 5.....	109
Anexo 33. Planificación de entregas Sprint 6.....	110
Anexo 34. Factor de peso de casos de uso sin ajustar.....	111
Anexo 35. Factor de complejidad técnica.....	112
Anexo 36. Factor de ambiente.....	113
Anexo 37. Esfuerzo total.....	113
Anexo 38. Escala salarial de informáticos.....	114
Anexo 39. Diagrama Entidad-Relación.....	115

1. INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, la población mundial en 2017 era de 7.6 mil millones de personas. Se calcula que para 2030 un estimado de 8.5 y para 2100 de 11.2 mil millones de personas. Este crecimiento impone el desafío para la producción de alimentos, aunado al fomento del crecimiento socioeconómico, la adopción de sistemas productivos sostenibles y la adaptación al cambio climático (Santillán y Rentería, 2018).

Dada la presión por sostener un sistema alimentario acorde a la realidad moderna del ser humano –limitada por cambios socioeconómicos, cambios demográficos, expansión de los cordones urbanos, entre otros– la actividad agropecuaria se ve empuja a expandir su frontera productiva, incorporando tecnologías digitales dentro de sus procesos de producción (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, 2019).

En los inicios de este siglo, todas las ciencias se ven influidas por el impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo de los procesos que le son inherentes. La agricultura no es la excepción y se beneficia de los enormes avances de la inclusión de los recursos informáticos en los diferentes procesos, así, nuevos adelantos como los satélites, los Global Positioning System (GPS), los sensores edáficos y las maquinarias de riego automáticas, permiten el surgimiento de un nuevo modelo de agricultura, conocida como Agricultura de Precisión, la cual basa su funcionamiento en una plataforma interactiva de programas informáticos, que brindan un control preciso sobre cada uno de los elementos del proceso productivo. Sánchez *et al.* (2016) que tienen como elemento esencial el uso de las TIC en la racionalización de la toma de decisiones y su precisa ejecución.

Esta nueva revolución en la agricultura fomenta el incremento de la investigación agrícola, acorde a estudios realizados por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2014) la inversión en investigación agrícola es muy rentable, un análisis de 2186 evaluaciones de la rentabilidad de las inversiones en investigación y desarrollo, publicadas en los últimos 50 años en todo el mundo reportan una tasa interna de retorno promedio de 49.4% por año y una mediana de 40.7%. Para América Latina y el Caribe de 46% con una mediana de 43%, valores idénticos al promedio de los países en desarrollo. Muchos de estos estudios se enfocan en la aplicación de la informática al sector agrícola.

Cuba progresa de forma lenta en el diseño de herramientas informáticas aplicables a la agricultura. Sus primeros esfuerzos datan de la década del 70 con aplicaciones hacia la automatización de tareas contables. El final del siglo XX y los comienzos del XXI, son marcados por el desarrollo de sistemas informáticos destinados a la evaluación de la capacidad agroproductiva de los suelos, control del riego y la masa ganadera, historial de plantaciones, cosecha y rendimientos, entre otros.

En el contexto actual de implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba (PCC) y la Revolución, se estimula el desarrollo agropecuario de los productores independientes a través de la entrega de tierras ociosas, y su vinculación en primera instancia a Granjas Estatales con personalidad jurídica, Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) o Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), para realizar su gestión administrativa.

Acorde al Centro Provincial de Control de Tierra de la Delegación del Ministerio de la Agricultura (MINAG) (2020), en Matanzas, al cierre del 21 de mayo del 2020 se contabilizaban 1 178 usufructuarios beneficiados, favorecidos con 13 055.29 ha; además, citan como principales causas de las devoluciones o expropiaciones acorde a la dispuesto por el Consejo de Estado (2018): la renuncia del usufructuario (446), expiración del término vigente sin solicitud de prórroga (224), que el usufructuario no inicie labores productivas en las tierras durante seis meses posteriores a la entrega, o las deje abandonadas por igual período (84), infracciones reiteradas de las disposiciones legales sobre la protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente (3) e incumplimientos de las obligaciones establecidas en el contrato o en los q se suscriba para comercializar sus productos (1), todo lo cual representa un 59.39 % del total.

Según Leyva (2015) el hecho de que alrededor del 77 % del total de usufructuarios beneficiados por el Decreto Ley 259 y 300, esté constituido por personas con escasa experiencia en las actividades agropecuarias, implica un desafío para políticas públicas dirigidas al sector agropecuario. Esta situación reviste en riesgos evidentes relacionados al manejo de los recursos naturales (suelo, agua, fitogenéticos, entre otros), y a la tendencia de los nuevos propietarios hacia la no permanencia o devoluciones, provocado entre otras causas por la falta de asesoramiento de profesionales y de información disponible.

Entre los factores que permiten un uso y manejo apropiado de los recursos en la agricultura y que incide en la obtención de elevados rendimientos se encuentra la correcta rotación de los cultivos. Encuestas realizadas sobre el tema por Padrón *et al.* (2006) reflejan que solo el 24,8 % de los campesinos y las unidades estatales realizan esta práctica y manifiestan dominarla; trascurrido 10 años, un estudio realizado

por Yong *et al.* (2016) muestra que la rotación de cultivos es practicada por solo el 30 % de los productores; este reducido avance demuestra lo poco se desarrolla el manejo sostenible de las producciones agrícolas cubanas.

Para lograr la sostenibilidad de los sistemas productivos en primer lugar se debe conocer que cultivos son los que mejor se adecuan, para poder aplicar técnicas agroecológicas como la rotación, que nos garantice la productividad y la resiliencia.

La adecuación y rotación de los cultivos ajustada a las condiciones agrícolas específicas de las bases productivas, constituyen hoy, servicios técnicos importantes que no se aplican o se realizan sin la profundidad requerida, los cuales pueden impactar de modo directo en la productividad de las unidades; para su determinación se requiere de información especializada de los cultivos y sus variedades, no disponibles en las unidades del sector.

Por todo lo antes descrito se plantea el siguiente **problema científico** a resolver: ¿cómo contribuir a mejorar la eficiencia en la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades?

El **objeto de estudio** es: el proceso de socialización de la información agrícola, se define como **campo de acción** de esta investigación: la mejora de la eficiencia en la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades.

El **objetivo general** de la investigación es: Desarrollar una aplicación web que contribuya a la mejora de la eficiencia en la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades.

Como **hipótesis** se plantea:

Si se desarrolla una aplicación web orientada a la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades, se logrará mejorar la eficiencia de los procesos de planificación, control y toma de decisiones, en especial para los directivos de empresas agrícolas y pequeños propietarios.

Para dar respuesta se plantean como **Objetivos específicos**:

1. Delimitar el marco teórico de la investigación.
2. Levantar los requisitos funcionales y no funcionales.
3. Seleccionar la metodología y herramientas para el desarrollo de software.
4. Diseñar la base de datos y la interfaz de la solución web.

5. Implementar la aplicación web para la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades.
6. Realizar las pruebas de software
7. Desarrollar pruebas de validación de la investigación por grupo de expertos.

El resultado de esta investigación radica en el desarrollo de una solución web que permite socializar la información de los cultivos y sus variedades, así como determinar su adecuación y diseñar su rotación, al registrar todos los datos técnicos de interés e informatizar las operaciones de adecuación y rotación. Esta aplicación contribuye a mejorar la eficiencia de los procesos de planificación, control y toma de decisiones, en especial para los directivos de empresas agrícolas y pequeños propietarios. Su condición de aplicación web posibilita el acceso desde cualquier estación de trabajo, así como una fácil migración hacia otras plataformas móviles.

Esta investigación se estructura de la siguiente forma:

Capítulo 1: Fundamentación teórica. Recoge los conceptos fundamentales asociados al dominio del problema y algunos aspectos que sirven de base para la solución propuesta, una breve descripción de los métodos de investigación empleados, así como un acercamiento al objeto de estudio. Además, se expone un análisis comparativo de propuestas existentes vinculadas al campo de acción y se abordan las tendencias y tecnologías actuales que se utilizan.

Capítulo 2: Solución teórica del problema científico. Se inicia con el análisis crítico de las fuentes bibliográficas utilizadas. Se presenta la planificación inicial de las iteraciones y las entregas, con el empleo de la metodología de desarrollo de software Scrum, así como un estudio de factibilidad, planificación y estimación de los costos para el proyecto.

Capítulo 3: Construcción de la propuesta de solución del problema científico. Aproximación a la validación práctica. Aborda en lo fundamental el análisis de los resultados basado en la aplicación de pruebas funcionales, al tomar en cuenta los criterios del cliente.

Variable Independiente: Desarrollo de la solución web de apoyo para el análisis de datos agrícolas en las bases productivas.

Variable Dependiente: Tiempo de desarrollo del software.

Costo de desarrollo del software.

2. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL.

INTRODUCCIÓN.

Este capítulo aborda los fundamentos teóricos asociados a la solución del problema descrito en la introducción, los antecedentes del trabajo y una descripción del flujo actual de los procesos que están involucrados en el campo de acción. Se identifica el objeto de estudio del trabajo, su misión, su visión y objetivos estratégicos. Se realiza un diagnóstico para la definición del problema, análisis de las causas de la situación actual y propuestas de solución. Además, se describen las tendencias tecnológicas tomadas como base en el desarrollo del sistema a implementar y los métodos empleados para hacer posible esta investigación.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL NEGOCIO

La Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA) es la entidad que se encarga de la prestación de servicios técnicos – profesionales de proyección, consultoría, diseño e ingeniería para el sector agropecuario y forestal del país, entre los múltiples servicios que brinda, se incluyen la adecuación y rotación de variedades para las distintas formas productivas existentes, a continuación, se realiza una breve descripción de ambos procesos:

Ambas actividades se inician cuando el Cliente solicita al Especialista Principal el servicio para un área determinada de su interés, y hace entrega de los datos requeridos para elaborar el contrato del servicio solicitado por el Comercial, seguidamente el Especialista Principal convoca a una reunión de inicio a los especialistas que exija la actividad, para en esta definir el cronograma de ejecución, los porcentajes de participación, documentación y normas a emplear, capacitación, así como los recursos y viajes requeridos; como resultado se conforma el acta de la reunión de inicio. En base a esta información el Especialista Principal y el Comercial elaboran el contrato. El Cliente recibe el contrato y si está de acuerdo con sus cláusulas y disposiciones, lo aprueba y se inicia el servicio.

2.1.1. PROCESO DE ADECUACIÓN DE VARIEDADES

El Cliente se reúne con el Técnico en Geomántica, para definir la ubicación en mapa digital de su área, tamaño aproximado, accesibilidad, grado de cobertura de plantas indeseables y tipo, topografía y otros elementos requeridos de la misma, así como la fecha propuesta de mutuo acuerdo para realizar el levantamiento del área; como resultado de la reunión se conforma un acta de consejo técnico.

El Especialista de Suelos y un Técnico Topográfico visitan el área definida por el Cliente, y de conjunto con el realizan un levantamiento con GPS de los límites de la misma. El especialista realiza un análisis visual y entrevista al Cliente para obtener más datos técnicos y/o despejar dudas en base al conocimiento histórico del área del Cliente. El topógrafo realiza calicatas en los puntos definidos por el especialista, esta toma muestras y fotos de los perfiles; como resultado de la visita se conforma un acta de consejo técnico y un croquis del área

Las muestras son llevadas al Laboratorio provincial de Suelos por el especialista, quien contrata el servicio análisis físico, químico y biológicos de las mismas, lo que resulta un informe con los datos de las muestras analizadas.

El Técnico Topográfico entrega al Técnico en Geomática el GPS y el croquis del área, este descarga y digitaliza el levantamiento, luego georefencia en AutoCAD, de conjunto con el topógrafo define los límites del área y los elementos presentes en el terreno (líneas eléctricas, construcciones, pozos, ríos, entre otros), una vez conformado un croquis digital se georreferencia mediante MAPINFO sobre un mapa 1 : 25 000 de suelo existentes en el país, donde se definen los tipos de suelos están presentes en el área, así como alguna de sus propiedades físicas, químicas y fisiogeográficas (saturación, profundidad, humificación, erosión, salinidad, glevezación, lavado, textura, pedregosidad, rocosidad, graviliosidad, profundidad efectiva, pendiente predominante y altitud). Como resultado se obtiene un croquis del georreferenciado del área y un informe con los suelos presentes y sus características mapeadas.

El especialista contrata los servicios de Agrometeorología del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), y solicita los registros históricos de temperatura y precipitaciones de los últimos 20 años de la estación meteorológica más cercana al área de estudio. Como resultado se recibe un informe con los datos históricos disponibles.

En base a los resultados de la mapificación del área, los datos del laboratorio y la información del CITMA, el especialista consulta toda la documentación disponible de los cultivos agrícolas tanto digital como en formato tradicional, para definir los valores limitantes de las variables de suelo y climáticas para cada cultivo y de estar definido para sus variedades, una vez contrapuestas estos datos, filtra q cultivos cumplen los requisitos definidos y emite una recomendación. Como resultado se obtiene un informe con los cultivos y variedades que mejor se adaptan a las condiciones edafoclimáticas del área en cuestión.

2.1.2. PROCESO DE ROTACIÓN DE VARIEDADES

El Grupo de Especialistas (Fitotecnia, Sanidad Vegetal y de Nutrición) entrevista al Cliente para obtener más datos técnicos y/o despejar dudas en base al conocimiento histórico del área y a sus intereses productivos; como resultado de la reunión se conforma un acta de consejo técnico.

El Grupo realiza una consulta por especialidades de toda la documentación disponible para los cultivos agrícolas seleccionados tanto digital como en formato tradicional, mediante la cual se determinan sus valores para cada principio de la rotación (familia botánica, profundidad del sistema radicular, requerimientos nutricionales, efecto sobre las malezas, efecto sobre la fertilidad, plagas principales y secundarias, épocas de siembra [óptima y normal], y otros); en este proceso puede intervenir además, el especialista de Información Científico Técnica (ICT) cuando se requieran búsquedas específicas. Al finalizar se conforma una tabla Excel con los principios de rotación definidos para cada cultivo y sus variedades.

A continuación, el Grupo procede a determinar la sucesión de los cultivos, considerando para cada caso los principios de la rotación, la fecha de inicio de cada uno respecto a sus épocas de siembra, el modelo de rotación definido a un año o varios, la existencia o no de un cultivo precedente, la consideración o no de un cultivo principal y el inicio de la rotación o no por el mismo. El algoritmo lógico de resolución de una rotación se describe en el Anexo 1.

2.2. ANTECEDENTES DEL TRABAJO.

El proceso de adecuación y rotación de variedades que se lleva a cabo en ENPA de Matanzas, no se encuentra apoyado por un sistema informático, las operaciones se realizan de forma manual y en hojas de cálculos de Microsoft Excel, por lo que al no encontrarse toda la información en una base de datos, se plantea la existencia de múltiples inconvenientes, como el consumo de mucho tiempo para la búsqueda y consulta del gran volumen de información disponible para cada cultivo y sus variedades, tanto en formato tradicional como digital; así como la demanda de personal especializado para su valoración acorde a la rama agronómica requerida (suelo, sanidad vegetal, fitotecnia, nutrición, y otros), los cuales no siempre están disponibles para realizar el estudio.

Otro aspecto a considerar es que debido a la consulta de múltiples documentos y lo repetitiva de la actividad, aumenta el riesgo de que se puedan cometer errores humanos, además no existe seguridad para la información al poder existir alteración por personal no autorizado y la pérdida de información relevante por deterioro del papel con el paso del tiempo o su sustracción, así como daños en el entorno digital, por sobre

escritura, borrado no intencional, daños de software operativos o roturas de hardware de almacenamiento de datos.

Tras una profunda revisión bibliográfica y una exhaustiva búsqueda especializada a través de los medios electrónicos (Internet), se encontró los siguientes softwares que abordan en alguna medida la problemática propuesta, en el siguiente epígrafe se muestra un análisis comparativo de ofertas disponibles en el mercado tanto nacionales como foráneas.

2.2.1. SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ADECUACIÓN DE CULTIVOS

En el Mundo

Existen una amplia gama de sistemas informáticos diseñados para la evaluación de tierras, que incluyen recomendación de cultivos, los cuales en su mayoría se rigen bajo el Esquema de la FAO, entre los más recomendados se encuentran: el Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES), el sistema MicroLEIS y Assesment soil function (Assofu).

- ALES: Este sistema se basa en confrontar los requerimientos del cultivo bajo un nivel de manejo predeterminado, con la información generada en los levantamientos de suelos (Perucca y Kurtz, 2016). Es un sistema de experto para la evaluación sistemática de los recursos naturales, al considerar tres enfoques: clasificación cualitativa de aptitud de tierras, evaluación física cuantitativa y clasificación económica de tierras.
- El sistema de apoyo a la decisión sobre evaluación de tierras para la protección de suelos agrícolas MicroLEIS DSS, es un modelo interpretativo que surgió en la década de los años 90. En el 2004, el sistema se modernizó y se convirtió en un conjunto amplio de herramientas informáticas de utilidad para la toma de decisiones en los ámbitos agrícola, ambiental y ecológico (Díaz *et al.*, 2011 y Gallegos *et al.*, 2014).
- Según Bautista *et al.* (2015) Assofu es un software orientado al almacenamiento y evaluación de las propiedades de perfiles de suelo, es de utilidad para:
 - a) Facilitar la captura y almacenamiento de datos.
 - b) Mantener la integridad y coherencia de la información.
 - c) Implementar evaluaciones de uso de suelo.
 - d) Apoyar la toma de decisiones con respecto a la viabilidad del suelo para distintas actividades.

e) Estimar propiedades químicas del suelo con observaciones de campo.

En Cuba

En Cuba el desarrollo de sistemas informáticos destinados a la evaluación de suelos, ha estado regido por el IS, el cual se enfoca en la implementación de herramientas para la determinación de la agroproductividad, estudios sobre fertilidad y calidad de los suelos. Las aplicaciones desarrolladas se caracterizan a continuación:

- Sistema informático Agro 24 versión 4.00, de 1993 del IS, que analiza los factores limitativos del suelo para el uso agrícola. Este programa estima el Rendimiento Mínimo Potencial (RMP) probable, indica los factores limitantes críticos para los cultivos y entrega un resumen a nivel de unidad de producción (Fuentes y Águila, 2016).
- Sistema Integrador (SIDS): Esta interfaz permite que, en una sola aplicación se pueda acceder a las opciones implementadas en los diferentes sistemas que conforman el sistema integrador de datos de suelos. Mediante esta herramienta se puede acceder a los diferentes sistemas en dependencia de la solicitud del cliente, Sistema administrativo de resultados de laboratorio (SARLAB), Sistema para la evaluación de la fertilidad del suelo y recomendaciones agroquímicas de los cultivos (REGIFERT), sistema informático para la evaluación y monitoreo de la calidad de los suelos (SEMCAS) y el Sistema de Información Geográfica (SIG): Mapa digital de Suelo 1 : 25 000 (MDS) (Font, et al., 2014).

El análisis comparativo entre las herramientas se muestra en el *Anexo 2*.

2.2.2. SISTEMA INFORMÁTICO PARA ROTACIONES DE CULTIVO

En el Mundo

Existen pocas referencias de herramientas informáticas profesionales que trabajen el diseño de rotaciones de cultivos, tras realizar una búsqueda exhaustiva en internet el resultado obtenido fue de solo cuatro sistemas que en alguna medida realizan el diseño:

- Kitchen Garden Planner (KGP): Herramienta web que permite diseñar tu propio huerto online o utilizar algunas ideas ya prediseñadas. Además, en la misma encontrarás mucha información sobre como rotar los diferentes vegetales y frutas, las posibles enfermedades que pueden atacar tus cultivos, una herramienta para calcular la tierra y agua que debes añadir y brinda asesoramiento.

- Kitchen Garden Aid 1.5.3 (KGA): Aplicación de escritorio que permite organizar el huerto de modo visual y planificar las rotaciones, ya que nos deja guardar el huerto año tras año, de tal manera que se puede consultar el huerto de años anteriores, y aparte también nos sirve para que el programa analice si es apropiado o no, sembrarlas en el sitio que se quiere hacer en el año actual, que depende de que se cumple con los años necesarios para la rotación.
- Programa de Diseño de Rotaciones Hortícolas (PDRH): es un programa informático basado en la necesidad que un agricultor novel, tiene a la hora de elegir las especies adecuadas según un criterio agroecológico que tiene como parámetros el cambio de cultivos, bien entre distintos años o bien en un mismo año, lo que permite con ello proteger a la totalidad de la parcela de posibles enfermedades, o las mínimas posibles, en la sucesión de cultivos elegidos, así como darle mayor biodiversidad a todo el sistema.

En Cuba

En Cuba, la única herramienta implementada hasta la actualidad para el diseño de rotaciones de cultivo, es el sistema ROCA desarrollado por la DNSF en 1985. El sistema ROCA, es una herramienta multifuncional que permite obtener de manera rápida múltiples variantes de esquemas de rotación, y brinda un análisis económico de la solución obtenida. El mismo presenta las siguientes funcionalidades:

1. Permite obtener de manera rápida múltiples variantes de esquemas de rotación.
2. Brinda un análisis económico de la solución obtenida.
3. Permite su utilización en calidad de base de datos de una entidad agrícola.
4. Permite planificar el cumplimiento del plan en sus dos variantes: producción o siembra.
5. Permite obtener por consola y/o impresora los reportes de esquemas de rotación y de cumplimiento de los planes de producción y de siembra con diferentes niveles de agregación.
6. Permite su utilización con un mínimo de conocimientos computacionales.

El análisis comparativo entre las herramientas se muestra en el Anexo 3.

A pesar de la existencia de sistemas relacionados con estos procesos en el mundo y en Cuba, estos no cumplen alguno de los siguientes requerimientos especificados por de la empresa durante el levantamiento de requisitos:

- Ser software libre no propietario, exento de pago de licencias (Licencia de dominio público).
- Que sea disponible para Cuba.

- Desarrollado en entorno web, sistema operativo multiplataforma, compatible con los navegadores actuales que trabaja la entidad (Navegadores Mozilla Firefox 71.0, Google Chrome 80.0.3987.163 o versiones superiores).
- Que en su base de datos se dispongan todos los cultivos agrícolas y sus variedades autorizadas, y que sea de fácil actualización.
- Que realice el análisis de adecuación y el diseño de rotación a nivel de variedades empleando solo las inscritas en el listado oficial cubano, autorizadas para su siembra en el país.
- Que aplique los ocho principios para el diseño de las rotaciones de cultivo.
- Que se especialice en la adecuación acorde a los parámetros edafoclimáticos y fisiogeográficos.

Por lo que se decide desarrollar una aplicación personalizada, de acuerdo a los intereses específicos del cliente, que disponga de la información necesaria almacenada en una base de datos, lo que garantiza un rápido acceso a la misma, y además permita, registrar todas las operaciones de los procesos de adecuación y rotación de variedades, y generar reportes de salidas con los formatos específicos y datos solicitados, para contribuir a la toma de decisiones. Este primer módulo relacionado con la adecuación y rotación de variedades, forma parte del Sistema de Análisis de Datos Agrícolas (SADA) que se ambiciona implementar.

2.3. JUSTIFICACIÓN.

Diversos autores señalan la importancia que ~~ha alcanzado~~tiene el uso de las TIC en el sector agropecuario ya que permite obtener la información de forma más oportuna, confiable y de calidad, al punto de optimizar la gestión; en fin, ~~ha generado~~genera automatización y eficiencia: ya bien en el uso de las maquinarias y equipamientos (la conocida agricultura de precisión) o para facilitar la gestión de los procesos agrícolas y productivos (Lora, *et al.*, 2017).

Existen métodos manuales que permiten condensar información de manera que puede ser utilizada. No obstante, el progresivo desarrollo hace difícil su empleo, ya que la operatividad aumenta y la decisión ha de ser rápida. De aquí la necesidad del uso de los medios técnicos para el tratamiento de la información, el empleo de modelos económicos – matemáticos, la planificación y la informatización; por lo que las TIC representan uno de los caminos más cortos para lograr una productividad más amplia en el sector agrario para Cuba (Lora, *et al.*, 2017).

La aplicación de la herramienta por sí sola no da solución al problema, se requiere del interés y voluntad de los gestores de procesos para lograr llevar a cabo las recomendaciones y la planificación que se proponga,

para lo cual deben garantizar una correcta estrategia de semilla, gestión de análisis de suelos, datos climáticos, disciplina tecnológica y medidas económicas para estimular los resultados productivos, entre otras.

Su empleo se dirige a mejorar la estabilidad económica de las empresas, ya que permite de forma automatizada la determinación de la idoneidad de los cultivos y sus variedades, a condiciones edafoclimáticas – fisiogeográficas reales, limita la inseguridad y las consecuencias desfavorables de la improvisación sin un respaldo técnico (mayor seguridad y menos riesgos en la toma de decisiones). Además, le ofrece al usuario la posibilidad de diseñar su propio esquema de rotación regido por los principios vigentes, lo que puede influir en un incremento gradual de los rendimientos, una mayor economía del agua, mayor eficiencia en cuanto al uso de maquinarias y empleo de la mano de obra, así como una reducción del gasto en insumos químicos (plaguicidas, fertilizantes y herbicidas) determinado por los beneficios inherentes de una correcta rotación.

Hoy en día, se puede asegurar que la incorporación de las técnicas informáticas o tecnologías de la información a la agricultura, permite desarrollar herramientas que hacen posible aumentar la eficiencia y productividad de los sistemas de explotación, así como mejorar las condiciones organizativas en el sector agrícola. Con la automatización de las actividades se facilita el manejo de los datos, con un significativo ahorro de tiempo, mayor veracidad, confiabilidad y rapidez en la obtención de la información para llevar a cabo los objetivos propuestos.

La productividad de la actividad agrícola actual se multiplica por la incorporación de innovaciones tecnológicas sobre los sistemas tradicionales. Se conjugan, de este modo, modernos conocimientos con aquellos más ancestrales. Se hace imprescindible generar nuevos indicadores, y para ello las herramientas de eAgriculture resultan de gran ayuda, al recabar nueva información relevante que, sumada a los conocimientos tradicionales, ayuda a reducir riesgos y costes de producción en actividades agrícolas, y pueden ayudar a minimizar las limitaciones ambientales (Fountas, et al., 2015). En una encuesta realizadas se obtuvo que 34,63 % de los agricultores manifiesta que había experimentado un aumento en los rendimientos debido a la disponibilidad de esta información (Rubio, 2019).

En la mayoría de los países en desarrollo, los costes de búsqueda de información constituyen una parte importante (aproximadamente, un 11 %) del coste total calculado a lo largo de todo el ciclo agrícola, desde la decisión de sembrar a la comercialización de los productos (Rubio, 2019).

A opinión del autor, la agricultura cubana no logra manifestar su potencial productivo, lo cual responde a múltiples causales, una de las cuales es la insuficiente socialización de la información de los cultivos y sus variedades, que limita la realización de una correcta adecuación y diseño de rotaciones de los cultivos, la cual puede ser resuelta mediante el desarrollo de un sistema informático. En los países desarrollados, los sistemas agrícolas constituyen empresas de alta rentabilidad, operadas mediante el soporte de sistemas de expertos, sistemas integrados de gestión, simuladores, y otros.; la interacción existente entre los gestores de procesos y los sistemas de apoyo, garantizan el uso eficiente de los recursos, su trazabilidad y la confianza en la toma de decisiones, entre otras múltiples ventajas. Un ejemplo de ello, lo refiere Santillán y Rentería (2018) al plantear que se puede reducir hasta 90% el uso de insumos agrícolas que son liberados al medio ambiente (como los pesticidas). El sistema de soporte, organización y gestión para las empresas agrícolas cubanas, basa su funcionamiento en el cumplimiento de directivas, sin considerar la necesidad de estudios previos para la toma de decisiones, lo que incide de forma directa en la baja productividad, poca rentabilidad e ineficiencia en el uso de recursos de sus unidades. El desarrollo de aplicaciones informáticas que permitan facilitar la gestión de las empresas, el asesoramiento en la toma de decisiones y la disminución de los riesgos, debe modificar la forma de trabajo, lo que puede generar un impacto positivo en los indicadores económicos – productivos y en la preparación del personal, al elevar la socialización de los conocimientos. Estos planteamientos se evidencian en los trabajos de Gómez (1986), Pérez *et al.* (2006), Font *et al.* (2014), Florido *et al.* (2015), Blanco (2017), entre otros.

2.4. FUNDAMENTACIÓN.

2.4.1. ADAPTABILIDAD DE CULTIVOS

La adaptabilidad de los cultivares es la capacidad de los mismos de aprovechar de modo ventajoso los estímulos del ambiente (Cattaneo *et al.*, 2015 y Gómez y Fornos, 2016). Los análisis de la misma fortalecen y posibilitan la identificación de genotipos más productivos, estables y adecuados a condiciones específicas o amplias (Cattaneo *et al.*, 2015).

La formación, evaluación, identificación, registro y uso comercial de una nueva y mejor variedad es esencial en nuevos programas de fitomejoramiento, en la generación de tecnología, en la multiplicación e intercambio de germoplasma entre instituciones de investigación o entre agricultores y en la recomendación para siembra comercial, como un prerrequisito para su aprovechamiento integral (Pérez *et al.*, 2014 y Reynoso *et al.*, 2014).

Según Ramírez *et al.* (2016) en los programas de mejoramiento genético de cualquier especie de interés agrícola, la selección de genotipos se realiza al considerar como base el rendimiento, la resistencia a enfermedades y el valor agronómico, entonces, es necesario evaluar la consistencia del comportamiento de los mismos al estar sometidos a diversos ambientes durante varios años dentro de una región potencial de adaptación.

Existen múltiples referencias sobre investigaciones en temas de adaptabilidad, en un amplio diapasón de cultivos (Jarquín y Vega, 2013; Castillo, 2014; Espinosa, 2014; Chuquitarco, 2015; Vite, 2015; Anquise, 2016; Blandón y Peralta, 2016; Gómez y Fornos, 2016; Ruiz y Rivera, 2016) por mencionar los más recientes, los cuales coinciden de modo general con Meza *et al.* (2013), los cuales plantean que no todos los cultivares se comportan de igual manera en las diferentes zonas agroecológicas, debido al efecto de interacción genotipo - ambiente, que afecta el rendimiento y la productividad.

2.4.2. SUELOS Y EVALUACIÓN

El suelo es la base de todos los programas de cultivo. Si se usa de forma prudente, se lograr que produzca cosechas de altos rendimientos y al mismo tiempo ser mejorados. Pero si es usado de modo imprudente o para propósitos a los cuales no es adaptable, los resultados van a ser decepcionantes, incluso desastrosos (Pérez, et al., 2013). El uso sostenible de los suelos unido a la mejor conservación de los recursos naturales y del entorno, requiere dedicar cada suelo para su mejor opción (Arzola y Machado, 2015). Su uso, debe estar sujeto al potencial y limitaciones del mismo (Pérez, 2016).

En tal sentido Ramón *et al.* (2017) afirman que el potencial agrícola se define como, aquellos territorios que por sus características generales y elementos específicos (pendiente, suelo, altura, humedecimiento, y otros) presentan valores destacados que permiten el uso agrícola con altos niveles de productividad y eficiencia, sin que ello conlleve a su degradación y la pérdida de otros valores de importancia como son: calidad del agua, suelos y otros.

Una herramienta esencial para la toma de decisiones en la agricultura lo constituye la evaluación de tierra. Con su empleo se puede predecir el uso más adecuado para cada parcela, por la posibilidad que brinda de conocer las relaciones que existen entre las variables que intervienen en los sistemas agrícolas (Vargas y Ponce, 2008). La evaluación de tierras puede ser definida como el proceso de valoración del comportamiento de la tierra cuando ésta se usa para propósitos específicos, la cual permite proporcionar la información y respuestas a las instancias de toma de decisiones, para quienes planifican el uso de la tierra, y deben de distinguir dos tipos de evaluación de tierras: la primera es de tipo cualitativo donde se indica el

grado de adaptación de las especies y en algunas oportunidades el factor que las limita; y la segunda de tipo cuantitativo donde el resultado se expresa como productividad (Choque, 2013). El proyecto propuesto enmarca una de sus funcionalidades hacia la evaluación cualitativa de los suelos.

2.4.3. FACTORES LIMITANTES

Resulta oportuno consignar que uno de los problemas en la actualidad lo constituye el uso racional y óptimo de los suelos, sin que se alcance hasta el presente, resultados definitorios que permitan diagnosticar el uso y manejo más ajustado, en conformidad con los ambientes biofísicos que caracterizan a cada ecosistema (Hernández, et al., 2015 a).

Los factores limitantes de la capacidad agroproductiva de los suelos son aquellas propiedades y características del medio o entorno geográfico, que en un momento determinado influyen en el desarrollo de los cultivos e inciden en su productividad y en el rendimiento potencial (Morell *et al.*, 2008 y Bernal A. *et al.*, 2015).

De los suelos de Cuba, el 65 % se incluyen en las categorías III y IV según el diagnóstico del Instituto de Suelos (IS), lo que implica que están afectados por factores limitantes y ello provoca que el rendimiento potencial esté por debajo del 50 %. Los factores que más influyen en la baja productividad de los suelos cubanos son: el bajo contenido de nutrientes y de materia orgánica y la tendencia a la acidez (García *et al.*, 2012 y Ramírez *et al.*, 2015). Según Muñiz (2015) del 75 al 76,8 % de las tierras productivas de Cuba están afectadas por al menos un factor limitante de su capacidad agroproductiva, entre los cuales destacan: bajo contenido de materia orgánica (70 %), erosión (40-43 %), drenaje deficiente (40 %), salinidad (10-14 %) y compactación (14 %). En el Anexo 4 se presenta el rango de comportamiento de los indicadores para la evaluación de los suelos.

Además de los factores limitantes edáficos, la variabilidad climática es una de las principales fuentes de incertidumbre y riesgo en muchos sistemas agrícolas alrededor del mundo. En este sentido, la agricultura es una de las actividades humanas más dependiente y sensible a las variaciones del clima (Hernández, et al., 2016). Estas variaciones del clima están muy ligadas al desarrollo agrícola, siendo mucho más vulnerables los cultivos de secano (Milovic, et al., 2013). Según Hernández *et al.* (2015 b) la productividad de los cultivos está gobernada por complejas interacciones entre el clima y los procesos ecofisiológicos que estos conllevan. Martín *et al.* (2016) remarcan en tal sentido, que las precipitaciones y temperaturas son algunas de las variables climáticas principales que impulsan la producción agrícola en todo el mundo. Hernández y Soto (2012) refieren que las variaciones en las fechas de siembra afectan de manera

importante el crecimiento y desarrollo de los cultivos, ya que colocan a las distintas etapas de generación del rendimiento en diferentes condiciones de temperatura y precipitaciones.

Álvarez (2002) refirió el empleo de 16 factores principales, agrupados en limitantes químicas, físicas, físico-químicas, hidrofísicas, biológicas y limitantes externas o superficiales. En el glosario de términos, se describen y se justifica la inclusión de 15 factores limitantes edafoclimáticos y fisiogeográficos como variables de entrada para el proyecto del sistema informático.

2.4.4. ROTACIÓN DE CULTIVOS

2.4.5. OBJETIVOS DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

El objetivo de usar una rotación de cultivos es ayudar a moderar/mitigar posibles problemas de malezas, enfermedades y plagas; utilizar los efectos benéficos de algunos cultivos sobre las condiciones del suelo y sobre la productividad del próximo; y proporcionar a los agricultores opciones económicas y viables que minimicen los riesgos (Verhulst, et al., 2015). Rodríguez (2017) refiere como metas de la rotación: suelo a su máxima productividad, mayor posibilidad de control biológico y mecánico de plagas, máxima acumulación de nitrógeno y mayor posibilidad de movilidad de nutrientes presentes en el suelo.

Otros objetivos según Díaz *et al.* (2004) son los siguientes:

1. Asegurar la distribución uniforme de trabajo durante todo el año.
2. Control de la erosión y conservar la humedad del suelo.
3. Disminuir la aplicación de insumos (abono y pesticidas).
4. Lograr la estabilidad y hacer sostenible el agroecosistema.
5. Utilizar al máximo el potencial productivo del suelo y mejorar su fertilidad.
6. Aprovechar el período vegetativo de los cultivos y garantizar la utilización de las mejores épocas de siembras
7. Evitar la multiplicación en masa de malezas, así como de plagas y enfermedades de difícil (o sin) control y disminuir la densidad de los patógenos.
8. Contribuir a la estabilidad de las cosechas, entre otros.

2.4.6. PRINCIPIOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Rodríguez (2017) manifiesta que la base fundamental para elaborar una rotación es simple, consiste en alternar cultivos pertenecientes a diferentes familias y que difieran entre sí, en cuanto al tipo de vegetación, sistema radicular, requerimientos nutricionales y comportamiento ante la presencia de plagas. Valerio *et al.*

(2016) indican que la misma debe orientar la selección a especies diferentes al cultivo principal con el propósito de fijar nitrógeno y romper el ciclo de plagas y enfermedades.

La alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical (profundidad, masa, longitud, capacidad exploratoria), uso de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, diferentes habilidades de competencia y asociación con malezas produce un mayor equilibrio de la biodiversidad y de las características químico-físicas del suelo. Esto conduce a una combinación de factores abióticos (suelo y clima) y bióticos (enfermedades, plagas de insectos y malezas) que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económico (Sarandón y Flores, 2014). En el anexo 5, se describen y se justifica la inclusión de siete principios la rotación de cultivos como variables internas de trabajo para el proyecto del sistema informático.

2.5. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.5.1. DIAGNÓSTICO Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADOS

Como base del diagnóstico se aplicó una encuesta de carácter anónimo dirigida a los decisores y gestores de procesos agrícolas, con el objetivo de estudiar las vías prácticas mediante las cuales se organiza el diseño productivo de las entidades de la provincia.

Según Alpízar (2013), las encuestas son una herramienta para la recogida de información por medio de preguntas, cuyas respuestas se obtienen de forma escrita u oral, con el objetivo de estudiar determinados hechos o fenómenos por medio de la expresión de los sujetos. Su diseño se realizó en base a los criterios de Hernández *et al.* (2010), conformada por preguntas directas, cerradas, de respuesta múltiple y unipolar.

Para la elaboración del diagnóstico del proyecto se selecciona como herramienta de trabajo la construcción de un diagrama de causa-efecto, que resulta de gran ayuda en el estudio de problemas persistentes. Acorde a Alpízar (2013) el mismo toma sus bases en la aplicación de técnicas de trabajo grupal, caracterizadas por la conformación de un equipo temporal de trabajo, en el que cada uno de sus miembros tenga la responsabilidad individual de desarrollar un proceso de búsqueda de información y aporte de criterios, sobre la cuestión objeto de estudio.

La técnica grupal empleada fue la Tormenta de Ideas, que según Freire (2015) es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio. Esta técnica incrementa la participación y creatividad del grupo de trabajo enfocándola hacia un tema específico, de

forma estructurada y sistemática. Complementa las distintas visiones de un problema, de modo que se vislumbren nuevas perspectivas.

Los criterios de selección para el grupo de expertos que participó en la tormenta de ideas, son: profesional de nivel superior de ramas afines a la producción agrícola (Ing. Agrónomo, Ing. Agrícola, entre otros), 10 años o más de experiencia en el sector y que posea conocimientos sobre adecuación y rotación de cultivos. Los cinco participantes son elegidos del capital humano de la Unidad Empresarial de Base (UEB) de la ENPA de Matanzas. La base inicial de la discusión y propuesta preliminar de causas del problema a analizar son los resultados de la encuesta.

Con el objetivo de reducir y centrar los esfuerzos encaminados a la solución del problema, se decidió aplicar la Matriz Relacional de Análisis Estructural, o Matriz de Véster, definida por Vidal *et al.* (2012) como una herramienta que facilita la determinación de las relaciones de motricidad y dependencia de un criterio frente a otro dentro de todo el sistema de criterios ya identificados y caracterizados. Parra y Muñoz (2014) refieren que es una herramienta de planeación estratégica que facilita la identificación de problemáticas, pero que a su vez determina su grado de complejidad y permite así establecer relaciones causa efecto entre sectores y problemas presentes.

2.5.2. METODOLOGÍAS, TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR

Se hizo un estudio bibliográfico sobre las posibles herramientas, tecnologías y lenguajes a utilizarse para el desarrollo de aplicaciones web según sus prestaciones, tendencias actuales y novedades, con el fin de mantener la mayor integración posible y seleccionar las adecuadas.

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Una aplicación web es una aplicación informática que se utiliza mediante el acceso a un servidor web a través de Internet o de un intranet mediante cualquier navegador. Las aplicaciones web nos permiten interactuar con la información y a las cuales se puede acceder a través de una conexión a internet, sin tener que distribuir e instalar software a miles de usuarios (Díaz y Romero, 2017). Es un sistema hipertexto en donde los recursos se encuentran vinculados unos a otros, por lo que debe verse como un sistema de nodos interconectados a través de vínculos (Carrión, 2015).

ARQUITECTURA CLIENTE- SERVIDOR

Es una aplicación distribuida en la cual las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes. Las aplicaciones Clientes realizan peticiones a una o varias aplicaciones Servidores, que deben encontrarse en ejecución para atender dichas demandas (Sotolongo, 2018). En esta arquitectura existe una división en cuanto a capacidad del proceso entre los clientes y los servidores que deben estar conectados entre sí mediante una red, esto trae ventajas a nivel organizativo porque se centraliza la gestión de la información y se separan las responsabilidades, lo que facilita y clarifica el diseño del sistema (Mesa, 2019). Según Quishpe y Raura (2015) y Soto, Pérez y Rivera (2016) los principales beneficios reportados por su empleo son:

- Facilita la integración entre sistemas diferentes y comparte información.
- Al favorecer el uso de interfaces graficas interactivas los sistemas construidos bajo este esquema tienen mayor iteración y más intuitiva con el usuario.
- El mantenimiento y el desarrollo de aplicaciones son más rápidos, pues se pueden utilizar las herramientas existentes.
- La estructura inherentemente modular facilita la integración de nueva tecnología y el crecimiento de la infraestructura computacional.
- La existencia de plataformas de hardware cada vez más baratas

METODOLOGÍA

SCRUM. Scrum no es un proceso, técnica o método definitivo. Más bien, es un marco de trabajo dentro del cual se pueden emplear varios procesos y técnicas. Scrum establece de modo claro la eficiencia relativa de la gestión del producto y las técnicas de trabajo de manera que se puede mejorar de forma continua el producto, el equipo y el entorno de trabajo. Está compuesto por equipos y los roles asociados, eventos, artefactos y reglas. Scrum plantea un desarrollo iterativo e incremental, esto significa que el producto se va desarrollado en pequeñas partes que se prueban como unidad y también integradas al producto ya desarrollado, esta forma de avanzar permite una fácil adaptación ante los posibles cambios que pueden surgir en el transcurso del proceso. (Schwaber y Sutherland, 2016).

Las características más marcadas que se logran notar en Scrum serían: gestión regular de las expectativas del cliente, resultados anticipados, flexibilidad y adaptación, retorno de inversión, mitigación de riesgos, productividad y calidad, alineamiento entre cliente y equipo, por último, equipo motivado. Una de las

mayores ventajas de Scrum es que es muy fácil de aprender, y requiere muy poco esfuerzo para comenzarse a utilizar (González y Marcano, 2019). Los beneficios de su empleo se refieren en el *Anexo 6*.

En estudio comparativo de las metodologías Scrum, Xp e Iconix realizado por Britto (2016) señala que Scrum está más enfocado a gestión y que demuestra su fortaleza principalmente en las áreas Desarrollo de Requerimientos (REQD), Monitoreo y Control de Proyectos (PMC), Administración de Requerimientos (REQM) y Validación (VAL). Según Rodríguez y Dorado (2015) con Scrum se cambia el modo en el que el cliente percibe el trabajo, pues al ser parte del equipo, entiende el trabajo que se desarrolla; acompaña el proceso y realiza revisiones tempranas, nota una mejora en las entregas en la medida que llegan con muy buena calidad y justo lo que él quiere. Análisis comparativos realizado por estos autores, refieren las ventajas de su empleo respecto las metodologías tradicionales (ver Anexo 7) y sus diferencias con XP (ver Anexo 8).

A partir de la comparación de metodologías de desarrollo de software del Anexo 9 se observa que tanto Programación Extrema (XP) como SCRUM, son metodologías ágiles orientadas al cliente y con entrega de resultados rápidos, sin embargo se elige la metodología SCRUM debido a que ésta no es dependiente de tecnologías ni estrictamente sistemática, es decir que no necesariamente se sigue el orden de prioridad definida por el cliente sino que el equipo puede cambiarlo si se considera mejor para el desarrollo de las tareas y obtención de resultados, además esta metodología permite elaborar una documentación equilibrada y se enfoca a la obtención de resultados rápidos, ya que se cuenta con tiempos límites establecidos para poder implementar la solución, también debido a que se requiere de la participación activa de los interesados para validar que la solución a desarrollar acorde a las necesidades del negocio, además por ser necesario mostrar entregas iterativas del producto funcional a los clientes y poder validar el avance del mismo, y sobre todo por su respuesta a los cambios que se presentan en el proyecto de desarrollo del software, que permite hacer una correcta negociación de los mismos con los clientes sin quitar valor a los entregables.

HERRAMIENTAS

VISUAL PARADIGM. Es una Herramienta Case que permite construir diagramadas UML, como son los flujos de eventos del sistema, las clases, todo lo que es documentación tanto de desarrollo como procesos de negocio. Entre sus principales características se encuentran que es multiplataforma, facilita la

colaboración en equipo y brinda apoyo al ciclo de vida completo del desarrollo de software (Mendoza y Baquero, 2016).

ASP.NET CORE. Es un marco multiplataforma de código abierto y de alto rendimiento que tiene como finalidad compilar modernas aplicaciones conectadas a Internet y basadas en la nube. Con ASP.NET Core puede hacer lo siguiente (Quelal, 2019 y Roth *et al.*, 2019):

- Compilar servicios y aplicaciones web, aplicaciones de IoT y back-ends móviles.
- Usar sus herramientas de desarrollo favoritas en Windows, macOS y Linux.
- Efectuar implementaciones locales y en la nube.
- Ejecutarlo en .NET Core o en .NET Framework.

Los beneficios de su empleo se refieren en el *Anexo 10*.

En la fase de desarrollo se utiliza tecnología Microsoft ASP.NET Core 3.0 para la implementación, se trabajó un modelo desacoplado entre el Backend y Frontend debido a que se contempló, para una siguiente etapa, la aplicación pueda ser migrada a una aplicación móvil para una mayor distribución entre los usuarios y este marco de trabajo nos brinda esta flexibilidad.

Este marco incluye entre sus ventajas la utilización de el mapeo entre objetos y relaciones (ORM Object Relational Mapping) que es una técnica de programación para convertir la lógica de los objetos en lógica relacional utilizado un lenguaje de programación orientado a objetos y la utilización de una base de datos relacional (Espinoza, 2018). Acorde a Xi y Chu (2016) utilizar ORM tiene una serie de ventajas q nos facilitan tareas comunes y de mantenimiento:

- Reutilización: Permite llamar métodos de un objeto de datos desde distintas partes de la aplicación e incluso desde diferentes aplicaciones.
- Encapsulación: La capa ORM encapsula la lógica de los datos pudiendo hacer cambios que afecten a toda la aplicación al modificar una sola función.
- Portabilidad: Al utilizar una capa de abstracción nos permite cambiar en mitad de un proyecto de gestor de bases de datos sin complicación.
- Seguridad: Suelen implementar mecanismos de seguridad que protegen nuestra aplicación de los ataques más comunes, como SQL injections.
- Mantenimiento del código: Gracias a la correcta ordenación de la capa de datos, modificar y mantener nuestro código es una tarea sencilla.

SQL SERVER. Es considerado uno de los mejores gestores de base de datos en el mercado. Según Fotache, y otros (2016) sus características que más se destacan son el soporte de transacciones, su escalabilidad, estabilidad y seguridad.

El motor de base de datos SQL Server 2019 admite una selección aún más amplia de plataforma y lenguaje de programación: incluyendo soporte para tiempos de ejecución de idiomas de terceros (Microsoft, 2018). Los beneficios de su empleo se dividen en cinco temas principales:

- Razonar sobre los datos en cualquier lugar, incluida una mejor integración con los sistemas de Big Data y nuevos conectores para virtualización de datos.
- Elección del idioma y la plataforma, incluidos más escenarios de contenedor, más plataformas compatibles y mayor extensibilidad.
- Rendimiento y seguridad líderes en la industria, incluido un mejor rendimiento, extensiones para consultas inteligentes procesamiento y características adicionales para admitir el cumplimiento de GDPR.
- La única base de datos comercial con IA integrada: el aprendizaje automático integrado ahora es compatible con más escenarios, incluido el aprendizaje automático en SQL Server en Linux y soporte para aprendizaje automático en conmutación por error instancias de clúster.
- Mejora de SQL Server en Linux: se acerca SQL Server en Linux a la paridad de características con SQL Server en Windows, incluido el soporte para la replicación transaccional y las transacciones distribuidas.

DOCKER. Es un motor de contenedores que automatiza la creación distribución y despliegue de cualquier aplicación de software a través contenedores, que son ligeros, portables, autosuficientes y pueden ejecutarse en cualquier entorno (Raj, et al., 2015).

Los contenedores permiten a los desarrolladores agrupar una aplicación con todas las partes que necesita, como librerías u otras dependencias, y distribuirla como una sola aplicación. Al hacerlo, los desarrolladores se aseguran de que la aplicación pueda ejecutarse de forma correcta en cualquier otra máquina Linux sin configuración adicional y sin verse afectada por que pueda tener configuraciones diferentes a las presentes en la máquina donde se desarrolló y probó en su origen la aplicación (OpenSource).

Docker es, de cierta forma, como una máquina virtual. Pero contrario a una máquina virtual, en vez de crear un sistema operativo nuevo en su totalidad, Docker permite a las aplicaciones usar el mismo kernel de Linux del sistema en el que se ejecuta, solo necesita que las aplicaciones sean desplegadas con los

requerimientos que no existen en el servidor. Esto posibilita una mejora de rendimiento significativa y reduce el tamaño de la aplicación.

VISUAL STUDIO CODE. Proporciona a los desarrolladores una nueva opción de herramienta para desarrolladores que combina la simplicidad y experiencia simplificada de un editor de código con lo mejor que los desarrolladores necesitan para su núcleo de código-construcción-ciclo de depuración. Visual Studio Code es el primer editor de código y el primer multiplataforma herramienta de desarrollo, compatible con OS X, Linux y Windows, en la familia Visual Studio (Gamma, 2016). En esencia, VS Code presenta un editor de código potente y rápido ideal para el día a día utilizar. La versión Code ya tiene muchas de las características que los desarrolladores necesitan en un código y texto editor, incluida la navegación, soporte de teclado con enlaces personalizables, resaltado de sintaxis, coincidencia de corchetes, sangría automática y fragmentos, con soporte para docenas de idiomas (Gamma, 2016).

CSS (VERSIÓN 3). Es una poderosa herramienta que transforma la presentación de un documento o una colección de documentos, y se extiende a casi todos los rincones de la web y en muchos entornos que en forma aparente no son web (Meyer y Weyl, 2018). Según Martos (2018) el modo de funcionamiento de las CSS consiste en definir, mediante una sintaxis especial, la forma de presentación que se le aplica a:

- Un web entero, de modo que se puede definir la forma de todo el web de una sola vez.
- Un documento HTML o página, se puede definir la forma, en un pequeño trozo de código en la cabecera, a toda la página.
- Una porción del documento, se aplican estilos visibles en un trozo de la página.
- Una etiqueta en concreto, se llega incluso a poder definir varios estilos diferentes para una sola etiqueta. Esto es muy importante ya que ofrece potencia en la programación.

TECNOLOGÍAS

En el lado cliente se hace uso de los siguientes framework:

- VUE.JS. Framework JavaScript progresivo empleado en el desarrollo de interfaces web de usuario y Single Page Applications (SPA). Su núcleo es bastante pequeño y se escala a través de plugins. Engloba en un mismo archivo HTML, CSS y JavaScript. (SPA) (Díaz, 2019). Según Kyriakidis *et al.* (2016) Vue tiene un gran ecosistema de complementos y herramientas que amplía sus servicios básicos, y puede incluirse rápidamente en cualquier proyecto, grande o pequeño, con pocas líneas de código. Es rápido, ligero y el futuro del desarrollo frontend.

- BOOTSTRAP-VUE. Framework CSS y JavaScript empleado en el desarrollo de páginas web responsive y para añadir estilos a los componentes (Díaz, 2019).
- BOOTSTRAP. Framework en su origen creado por Twitter, que permite crear interfaces Web con de Cascading Style Sheets (CSS) y JavaScript, cuya particularidad es la de adaptar la interfaz del sitio Web al tamaño del dispositivo en que se visualice. Esta técnica de diseño y desarrollo se conoce como responsive design (en inglés) o diseño adaptativo (García, 2015).

Para complementar las funcionalidades de Vue se emplean las siguientes bibliotecas:

- VUE-ROUTER. Es el router oficial de Vue para el desarrollo de *Single Page Applications*. Esta biblioteca permite la navegación entre vistas pudiendo configurar interceptores para ejecutar acciones antes o después de la navegación.
- VUEX. Es una biblioteca y patrón de gestión de estado que actúa como un repositorio central de información para todos los componentes de la aplicación. Vuex permite gestionar desde un único punto la información común de numerosos componentes. Desde los componentes se pueden invocar los métodos que ofrece Vuex para mutar los datos almacenados, así como para leer sus valores.
- AXIOS. Es un cliente HTTP basado en promesas empleado en el desarrollo de aplicaciones JavaScript, que funciona tanto en navegadores como en plataformas de Node.js. Axios facilita el consumo de servicios web que devuelven información en formato JSON y permite la configuración de interceptores a las peticiones, pudiendo ejecutar acciones antes de que estas sean enviadas al servidor o, al ser recibidas, antes de que lleguen al componente.

Se decide trabajar con Vue.js porque según Torres (2018) posee una baja curva de aprendizaje y su rendimiento esta a la par con Angular, por lo que se convierte en uno de los framework más populares en la actualidad. Además, cuenta con una extensa documentación y una gran comunidad detrás. En su GitHub se puede encontrar toda la documentación necesaria para su instalación y su uso. Según Egido (2018) una de las grandes ventajas de Vue es el tamaño de su core (en Kbits), esto hace que sea un código muy compacto y, por tanto, los tiempos de carga y velocidad sean reducidos. Al igual que React, Vue está dotado de un DOM Virtual que aligera la ejecución de las aplicaciones. Los templates en Vue son escritos en Html directamente y pueden ser modificados fácilmente por cualquier miembro del equipo de desarrollo. Así como Angular tiene Angular-Cli como herramienta de generación de estructuras básicas (scaffolding), Vue tiene Vie-Cli, eso hace que el desarrollo sea más rápido. En comparaciones realizadas por Kelly y Donizete (2018) con los framework más empleados en la actualidad se ubica en el primer lugar en cuanto al tiempo de

renderizado de las páginas con 767 ms ([ver Anexo 11](#)), en segundo [lugar](#), en cuanto al tamaño del archivo JavaScript generado con 11 kb (ver Anexo 12) y una amplia fuente de recursos de comunicación (ver Anexo 13). Además, según su documentación oficial, tanto Vue como React admiten cualquier navegador capaz de interpretar EcmaScript 5, es decir, el más reciente en el mercado y algunas de sus versiones anteriores.

LENGUAJE

C# (pronunciado en inglés “C sharp” o en español “C sostenido”) es un lenguaje de programación orientado a objetos. Con este nuevo lenguaje se quiso mejorar con respecto de los dos lenguajes anteriores de los que deriva el C, y el C++. Algunas de sus características son: Su código se puede tratar íntegramente como un objeto. Su sintaxis es muy similar a la del JAVA. Es un lenguaje orientado a objetos y a componentes. Armoniza la productividad del Visual Basic con el poder y la flexibilidad del C++. Ahorramos tiempo en la programación ya que tiene una librería de clases muy completa y bien diseñada (Quelal, 2019).

LENGUAJE DE MARCAS DE HIPERTEXTO (HTML). Se utiliza para organizar el contenido de una página web. Tiene gran accesibilidad y adaptabilidad. Es un lenguaje de programación que describe el formato que debe tener el contenido de un documento. Sirve para la elaboración de páginas web, se define una estructura básica y un código para las mismas. Su última versión permite la reproducción interna de videos, audios y juegos sin necesidad de utilizar programas adicionales. Es compatible con los navegadores web más populares de la actualidad como Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari y Google Chrome, además de funcionar de forma correcta con smartphones y tablets (Galileo, 2018).

JAVASCRIPT. Se utiliza para crear páginas web dinámicas. Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario. En modo técnico, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar de forma directa en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios (Pérez, 2018).

CONCLUSIONES

Con la elaboración de este capítulo se llega a las siguientes conclusiones:

- Se encontró herramientas informáticas en el campo de acción de la investigación, pero al analizarlas se confirma que no son las herramientas adecuadas para esta empresa por sus características y necesidades particulares.
- Se describió el proceso objeto de estudio (negocio) y se utilizó Business Process Model and Notation (BPMN) para enmarcar un lenguaje común entre el cliente y el equipo de desarrollo.
- El problema debe ser resuelto a partir de la implementación de un primer módulo dedicado a la adecuación y rotación de variedades.
- El ambiente de programación ASP.NET Core 3.0 en el entorno de desarrollo Visual Studio .NET 2019, con el lenguaje C# y con el uso de Vue.js permite el desarrollo de aplicaciones Web, lo que se ajusta para llevar a cabo el objetivo general de esta investigación.
- La metodología programación Scrum es adecuada para la planificación y construcción de esta aplicación, por poseer una alta capacidad de reacción ante los cambios de requerimientos generados por necesidades del cliente, lo que permite corregir problemas y mitigar riesgos de forma temprana.

En sentido general se contribuye a la mejor comprensión del objeto de estudio y del flujo actual de los procesos involucrados en el campo de acción y se establecen las bases para las siguientes fases de la investigación.

3. CAPÍTULO II SOLUCIÓN TEÓRICA DEL PROBLEMA CIENTIFICO.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza la descripción de la solución propuesta. Se presenta el equipo de trabajo Scrum y se lleva a cabo el análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales a través de Historias de Usuarios (HU) que recogen la necesidad descrita por el cliente. Además, se describen las iteraciones, tareas y casos de pruebas, así como un análisis de plan de entregas.

Para esto se usa la Metodología Scrum, al tomar en cuenta que es una metodología ágil, iterativa e incremental en la cual un equipo de programadores trabaja como una unidad auto organizada para alcanzar un objetivo común (Castillo, 2018), se basa en principios que se adhieren a equipos pequeños, requisitos inestables o desconocidos e iteraciones cortas para promover la visibilidad para el desarrollo (Rocha y Lana, 2019). Esta permite abordar proyectos complejos desarrollados en entornos dinámicos y cambiantes de un modo flexible. Está basada en entregas parciales y regulares del producto final en base al valor que ofrecen a los clientes (Orejuela, *et al.*, 2019).

Se realiza un estudio de factibilidad apoyado en el análisis de costo y beneficios, para determinar si es factible el desarrollo de la aplicación.

3.1. DIAGRAMA DE PROCESOS DEL NEGOCIO.

Las siguientes imágenes muestran el proceso de adecuación y rotación de variedades descritos con antelación. Para la realización del mismo se utilizó Bizagi Process Modeler en su versión 3.6.0.044 (Véase Anexo 14. Mapa de procesos del negocio). Además, se muestra, en detalle los módulos del sistema a implementar, mediante el uso del software Visual Paradigm for Unified Modeling Language (UML) 8.0 Enterprise Edition. (Véase Anexo 15 y Anexo 16. Diagramas de actividades).

3.2. REQUISITOS DEL SOFTWARE

La Ingeniería de Requisitos se debe estructurar en etapas, cuyas actividades buscan comprender, estructurar y documentar las necesidades que los usuarios desean satisfacer con el producto, y que con posterioridad se traducen en un conjunto de sentencias precisas, no ambiguas, que se utilizan para desarrollar el sistema, conocidas como requisitos del sistema (Suaza y Serna, 2015).

3.2.1. REQUISITOS FUNCIONALES

Los requisitos funcionales son aquellos que indican lo que debe hacer el producto, son las capacidades con las que debe cumplir el mismo (Blanco, 2019). Estos describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas. Estos requisitos, al tiempo que avanza el proyecto de software, se convierten en los algoritmos, la lógica y gran parte del código del sistema (Sotolongo, 2018). En la presente investigación, a partir de entrevistas y reuniones con el cliente, se obtuvo los siguientes requisitos funcionales.

1. Creación de la Base de Datos del Sistema (para todos los cultivos agrícolas y sus variedades que se siembran en Cuba)
2. Creación de Página de Inicio
3. Acceso al sistema
 - 3.1. Autenticar
 - 3.2. Registrar
4. Gestionar Cliente
 - 4.1. Administrar cliente (crear, editar, eliminar)
5. Gestionar Cultivos
 - 5.1. Administrar cultivo (crear, editar, eliminar)
 - 5.2. Definir nomencladores
 - 5.2.1. Grupo
 - 5.2.2. Efecto sobre plantas indeseables
 - 5.2.3. Efecto sobre fertilidad del suelo
 - 5.2.4. Profundidad radical
 - 5.2.5. Familia botánica
6. Gestionar Variedades
 - 6.1. Administrar variedades (crear, editar, eliminar)
 - 6.2. Definir nomencladores (agrupamientos)
 - 6.2.1. Tipo
 - 6.2.2. Tipo de color
 - 6.2.3. Tipo de crecimiento
 - 6.2.4. Forma

- 6.2.5. Tamaño
- 6.2.6. Entre otros.
- 6.3. Referenciar imágenes
- 7. Gestionar Plagas
 - 7.1. Administrar plaga (crear, editar, eliminar)
 - 7.2. Definir nomencladores
 - 7.2.1. Tipo de plaga
 - 7.3. Vincular grado de resistencia
 - 7.4. Referenciar imágenes
- 8. Creación de Menú de Administrador
- 9. Determinar Adecuación de Variedades (en base a parámetros edafoclimáticos y fisiogeográficos).
 - 9.1. Consultas a variedades
 - 9.2. Detalles de variedades
- 10. Diseñar Rotación de Variedades (considerando los 8 principios para el diseño).
 - 10.1. Registro de requerimientos de rotación
 - 10.1.1. Modelo de rotación
 - 10.1.2. Situación actual
 - 10.1.3. Principios de rotación
 - 10.1.4. Elementos de la variedad principal
 - 10.1.5. Tipo de época de siembra
 - 10.1.6. Registro de épocas de siembra
 - 10.1.7. Fecha de inicio
 - 10.2. Registro de modelo de rotación
 - 10.2.1. Preparación de suelo
 - 10.2.2. Ciclo de la variedad
 - 10.2.3. Consultas de variedades
 - 10.2.4. Detalles de variedades
- 11. Crear reportes
 - 11.1. Reporte de adecuación de variedades
 - 11.2. Reporte de rotación de variedades
 - 11.3. Imprimir y guardar reportes

3.2.2. REQUISITOS NO FUNCIONALES

Son requerimientos que imponen restricciones en el diseño o implementación de un sistema como estándares de calidad. Son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Los siguientes requisitos no funcionales, están orientados a la seguridad, estandarización, y centralización de datos, para asegurar así, el rendimiento y calidad del software (Lara Sobrino, 2019). Para el desarrollo del sistema se logró definir 29 requisitos, los que se clasifican en requisitos no funcionales (RNF) de confiabilidad, eficiencia, soporte, restricciones de diseño, de interfaz, seguridad, hardware, software y ayudas.

Ambiente:

RNF1. El sistema debe presentar una interfaz de usuario intuitiva, fácil de entender y usar.

RNF2. El tiempo de respuesta brindado por el sistema debe ser menor de 300 ms.

RNF3. El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados de forma adecuada.

RNF4. El sistema debe proporcionar mensajes de error que sean informativos y orientados a usuario final.

RNF5. El idioma de todas las interfaces de la aplicación debe ser el español.

RNF6. El sistema debe mostrar el nombre del usuario que está autenticado en el sistema.

RNF7. El sistema debe contar con un menú que permite acceder a todas las funcionalidades para entrar los datos y procesar la información.

RNF8. El sistema no debe requerir de más de cuatro interfaces para lograr una funcionalidad completa.

RNF9. El sistema se debe implementar lo más parecido posible a como se realiza el proceso en la actualidad para lograr una mejor comprensión y adaptación al mismo.

Confiabilidad:

RNF10. El sistema debe imponer campos obligatorios para garantizar la integridad de la información que se introduce por el usuario.

RNF11. El sistema no debe permitir la entrada de datos incorrectos.

RNF12. Ante el fallo de una funcionalidad del sistema, el resto de las funcionalidades que no dependen de esta deben seguir su funcionamiento regular.

Soporte:

RNF13. El uso del sistema requiere de un tiempo de preparación previa por los usuarios finales para su correcta explotación.

RNF14. Se debe recibir entrenamiento para el mantenimiento del sistema.

Restricciones de diseño:

RNF15. La iconografía utilizada debe ser única en cada funcionalidad.

RNF16. Las etiquetas de cada funcionalidad y los campos de cada interfaz deben tener títulos asociados a su función.

RNF17. El sistema debe presentar los términos capitalizados, es decir, la primera palabra debe tener su primera letra en mayúsculas.

Interfaz:

RNF18. El sistema debe presentar una interfaz legible, simple de usar e interactiva.

RNF19. La tipografía y colores deben ser estándares en toda la aplicación, asociados a la gama de colores verdes como el logo del software.

Seguridad:

RNF20. El sistema debe poder ser utilizado solo por usuarios autenticados en el mismo.

RNF21. El sistema debe mostrar las funcionalidades de acuerdo al rol del que esté autenticado en el mismo.

RNF22. El sistema debe garantizar la protección ante acciones no autorizadas.

RNF23. El sistema debe bloquearse después de cinco intentos de autenticación fallidos.

RNF24. Las contraseñas del sistema debe tener más de siete caracteres en los que se combinen mayúsculas, minúsculas, números y al menos un carácter especial.

Hardware:

RNF25. Los requisitos mínimos de hardware para el servidor:

- Memoria RAM: 8 GB.

- Micro procesador: Intel Core I3 2.2 GHz de 4 generación o superior.
- Capacidad de Disco Duro: 250 GB.

RNF26. Para el Cliente:

- Procesador: I3 de 3 generación o superior.
- Memoria RAM: 2 GB o superior.

Software:

RNF27. Para el cliente:

- Navegadores Mozilla Firefox 71.0, Google Chrome 80.0.3987.163 o versiones superiores.
- Sistema operativo multiplataforma.

RNF28. Para el servidor:

- Para virtualizar con Docker el servidor de base de datos Microsoft SQL Server se requiere más de 4G de RAM.

Requisitos de ayudas y documentación en línea

RNF29. El sistema debe contar con una ayuda integrada con el objetivo de facilitar al usuario su utilización.

3.3. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

La etapa de planificación es la etapa inicial de todo el proyecto. Se realiza con el objetivo de lograr una eficiente organización del prototipo inicial del problema y proporcionar así un buen comienzo a una solución eficaz. Con este objetivo y según las ideas del cliente sobre el software se desarrollan las Historias de Usuario, mediante la cual se obtiene un punto de partida para el resto de la planificación del proyecto. De igual forma se debe realizar un estimado de cada una de las entregas del proyecto y del tiempo, que se basan en que la planificación inicial se podría afectar debido a cambios que pudiesen sufrir estos aspectos durante el desarrollo del proyecto (Scull, 2018).

3.3.1. DEFINICIÓN DEL EQUIPO

Los roles principales en Scrum son el Scrum Master, que mantiene los procesos y trabaja de forma similar al director de proyecto, el Product Owner, que representa a los stakeholders (interesados externos o internos), y el Team que incluye a los desarrolladores (González y Marcano, 2019). Los Equipos Scrum son autoorganizados y multifuncionales. Los equipos autoorganizados eligen la mejor forma de llevar a cabo su

trabajo y no son dirigidos por personas externas al equipo. Los equipos multifuncionales tienen todas las competencias necesarias para llevar a cabo el trabajo sin depender de otras personas que no son parte del equipo. El modelo de equipo en Scrum está diseñado para optimizar la flexibilidad, la creatividad y la productividad. Los Equipos Scrum entregan productos de forma iterativa e incremental, donde se maximizan las oportunidades de obtener retroalimentación. Las entregas incrementales de producto “Terminado” aseguran que siempre se dispone de una versión útil y funcional del producto (Schwaber y Sutherland, 2016). En la tabla 3 se definen el equipo del proyecto.

Tabla 1. Equipo del proyecto

Rol	Miembro
Dueño del producto (Product Owner)	Leidy Sally Monclus Barrera
Equipo de desarrollo (Scrum Team)	Javier A. Falcón Suárez
Scrum master	Javier A. Falcón Suárez

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. HISTORIAS DE USUARIOS

Las historias de usuarios son desarrolladas por el equipo de trabajo durante el proceso de levantamiento de requisitos para la implementación del proyecto. Para la estimación de los datos se toman los siguientes criterios:

- Prioridades en el Negocio (PN): Se mide en función al rango de: Alta, Media y Baja, las cuales, se asignan por el Product Owner.
- Importancia del Desarrollo (ID): Se asignan valores con ponderaciones del 1 al 100 entre el Product Owner y los miembros del equipo Scrum, donde:
 1. Todos los elementos con importancia ≥ 100 deben estar incluidos en el Sprint 1, por ser considerados de extrema importancia para el proyecto.
 2. Todos los elementos de importancia de 99-50 deben estar incluidos en el Sprint 2, pero eso depende de la velocidad del Sprint.
 3. Los elementos con importancias de 49-25 se pueden incluir en el último Sprint, según el avance del equipo ya que son requisitos que no alteran el desarrollo del mismo o funcionalidades del mismo.

- Tiempo Estimado (TS): Se asigna por medio de cartas con ponderaciones del 1 al 20 entre el Product Owner y los miembros del equipo Scrum.

Así mismo las historias de usuario se dividen por módulos para hacer más fácil la programación de cada una de las tareas concernientes a cada uno de los mismos, las cuales son:

- Módulo de Base de Datos: Es el módulo inicial es donde se crea la Base de Datos del sistema.
- Módulo cliente: Es el módulo que contiene todas las funcionalidades que van a interactuar con los usuarios del sistema.
- Módulo Página Inicio: Es donde se muestra el software y de los productos que ofrece, además de proporcionar información de contacto y características de las funcionalidades.
- Módulo Acceso al Sistema: Es parte esencial del sistema, el cual, consiste en registrar o autenticar a los usuarios y permite el acceso a sus funcionalidades autorizadas acorde a su rol asignado.
- Módulo Administrador: Es el módulo que contiene todas las funcionalidades que van a ser utilizadas por el administrador del sistema.

La descripción de cada historia de usuario se dispone en el Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20, Anexo 21, Anexo 22, Anexo 23, Anexo 24, Anexo 25, Anexo 26 y Anexo 27.

3.3.3. PILA DEL PRODUCTO (PRODUCT BACKLOG)

El Product Backlog es un archivo genérico que recoge el conjunto de los requerimientos y las funcionalidades requeridas por el proyecto (Orejuela, *et al.*, 2019). Es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto, y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio a realizarse en el producto. El Dueño de Producto (Product Owner) es el responsable de la Lista de Producto, incluyendo su contenido, disponibilidad y ordenación (Schwaber y Sutherland, 2016; Capó y Giménez-Morera, 2018). La Lista de Producto enumera todas las características, funcionalidades, requisitos, mejoras y correcciones que constituyen cambios a ser hechos sobre el producto para entregas futuras. Los elementos de la Lista de Producto tienen como atributos la descripción, la ordenación, la estimación y el valor (Schwaber y Sutherland, 2016). Constituye una lista de los requisitos que debe cumplir el producto que se quiere construir; sus requisitos surgen para aportar valor al negocio a lo que está desarrollo, es una lista ordenada por prioridad. De mayor prioridad a menor (Villalva, 2017). En la tabla 4 se muestra la pila de productos del proyecto.

Tabla 2. Pila de productos ordenada por prioridad e importancia.

ID	Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
1	Base de Datos	Creación de Base de Datos	Alta	100	12
2	Acceso al Sistema	Acceso al Sistema	Alta	99	9
3	Administrador	Administrar Cliente	Alta	98	6
4	Administrador	Administrar Variedades	Alta	98	10
5	Administrador	Administrar Plagas	Media	95	9
6	Administrador	Administrar Cultivo	Media	90	8
7	Administrador	Creación de Menú de Administrador	Media	83	9
8	Cliente	Diseñar Rotación de Variedades	Media	80	15
9	Cliente	Determinar Adecuación de Variedades	Media	76	11
10	Cliente	Crear Reportes	Media	74	8
11	Página Inicio	Crear Página Inicio	Media	60	8

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. PLANEACIÓN DE LAS ENTREGAS (SPRINTS BACKLOG)

Sprint Backlog es el conjunto de ítems del Backlog del Producto seleccionados para Sprint, más un plan para entregar el producto Incrementar y realizar el objetivo de Sprint. Sprint Backlog es un pronóstico por el Equipo de Desarrollo sobre qué funcionalidad va a ser el próximo Incremento y el trabajo necesario para entregar esa funcionalidad en un Incremento "Hecho" (Schwaber y Sutherland, 2016; Villalva, 2017). Es la lista que descompone las funcionalidades de la pila del producto (historias de usuario) en las tareas necesarias para construir un incremento: una parte completa y operativa del producto (Arias, 2016).

El sprint es a cada ciclo o iteración de trabajo que produce una parte del producto terminada y que funciona de forma operativa (Rey Guevara, 2017). Su velocidad de desarrollo se define según la importancia de las historias de usuario y el tiempo de trabajo del equipo de Scrum para el proyecto y la dedicación que se le da al mismo.

El tiempo del equipo de trabajo está dado dentro de las jornadas laborales de ocho horas a la semana de lunes a viernes y sábados cuatro horas durante seis meses (tabla 5), de los cuales, se obtiene como resultado la cantidad de días de trabajo dedicados al proyecto por cada Sprint.

Tabla 3. Tiempo para cada Sprint.

Equipo Scrum	Jornada Laborar (h)	Horas de trabajo al proyecto por día (h)	Horas de trabajo al proyecto por semana (h)	Semanas de Trabajo por mes (u)	Total de horas (h)	Total de días laborables para el proyecto (días)
Javier Falcón	8	8	44	4	176	22

Fuente: Elaboración Propia.

Debido al tiempo de dedicación que se le da al proyecto y las horas asignadas dentro de horario de trabajo, se esperan tener algunas distracciones e impedimentos pero que están dentro de las estimaciones para el proyecto, por lo cual, el Product Owner da un factor de dedicación del 90 % del tiempo comprendido para el mismo. Según lo indicado se procede a calcular la velocidad estimada para el desarrollo de los Sprints, la cual es: 19,8 días.

De acuerdo a la velocidad obtenida para la ejecución de cada Sprint y al tomar en cuenta el nivel de importancia definido por cada historia de usuario, se procede a agrupar las mismas y determinar la cantidad de Sprints para el proyecto. La planificación de los Sprints se detalla en las tablas 6 – 11.

Tabla 4. Estimación del Sprint N° 1.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Base de Datos	Creación de Base de Datos	Alta	100	12
Acceso al Sistema	Acceso al Sistema	Alta	99	9
Total de días del Sprint			21 días	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5. Estimación del Sprint N° 2.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Administrador	Administrar Cliente	Alta	98	6
Administrador	Administrar Variedades	Alta	98	10
Total de días del Sprint			16 días	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Estimación del Sprint N° 3.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Administrador	Administrar Plagas	Media	95	9
Administrador	Administrar Cultivo	Media	90	8
Total de días del Sprint		17 días		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Estimación del Sprint N° 4.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Administrador	Creación de Menú de Administrador	Media	83	9
Cliente	Diseñar Rotación de Variedades	Media	80	15
Total de días del Sprint		24 días		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Estimación del Sprint N° 5.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Cliente	Determinar Adecuación de Variedades	Media	76	11
Cliente	Crear Reportes	Media	74	8
Total de días del Sprint		19 días		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Estimación del Sprint N° 6.

Módulo	Historia	Prioridad	Importancia	Tiempo estimado (días)
Página Inicio	Crear Página Inicio	Media	60	8
Total de días del Sprint		8 días		

Fuente: Elaboración Propia.

La planificación de las entregas por tareas de los Sprint se desarrolla de el *Anexo 28, Anexo 29, Anexo 30, Anexo 31, Anexo 32 y Anexo 33*.

3.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Una de las cuestiones a tener en cuenta en el momento de desarrollar un software, es validar los beneficios y ventajas de éste con respecto a su costo, por lo que es necesaria una estimación del costo del software, además de un análisis de los beneficios tangibles e intangibles que reporta el proyecto (Lara, 2019).

La estimación es el proceso de medición anticipada de la duración, esfuerzos y costes necesarios para realizar todas las actividades y obtener todos los productos asociados a un proyecto. Es necesario tener en

cuenta numerosos aspectos que afectan a la estimación como la complejidad del proyecto, su estructuración, el tamaño, los recursos involucrados y los riesgos asociados (Scull, 2018).

3.4.1. PLANIFICACIÓN

La estimación del costo de un software es el proceso de predecir la cantidad de esfuerzo requerido para el desarrollo del sistema y el tiempo para ello (Yanes, 2019). Para la estimación del costo se siguió el método de Puntos de Casos de Uso, su resolución se detalla a continuación.

Factor de Peso de los Actores sin ajustar (UAW)

$$UAW = \Sigma(\text{Cantidad Tipo Actor}_i \cdot \text{Peso}_i)$$

$$UAW = 2 \cdot 3$$

(Dos actores complejos: Administrador y Usuarios)

$$UAW = 6$$

Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar (UUCW)

$$UUCW = \Sigma(\text{Tipo de Caso de Uso}_i \cdot \text{Peso}_i)$$

$$UUCW = ((5 \cdot 5) + (10 \cdot 1))$$

(Ver Anexo 34)

$$UUCW = 35$$

Puntos de Caso de Uso sin ajustar (UUCP)

$$UUCP = UAW + UUCW$$

$$UUCP = 41$$

Factor de Complejidad Técnica (TCF)

$$TCF = 0,6 + 0,01 \cdot \Sigma(\text{Peso}_i \cdot \text{Valor}_i)$$

(Ver Anexo 35)

$$TCF = 0,6 + 0,01 \cdot 25,5$$

$$TCF = 0,855$$

Factor de ambiente (EF)

$$EF = 1,4 - 0,03 \cdot \Sigma(\text{Peso}_i \cdot \text{Valor}_i)$$

(Ver Anexo 36)

$$EF = 1,4 - 0,03 \cdot 21,5$$

$$EF = 0,655$$

Puntos por casos de uso ajustados (UCP)

$$UCP = UUCP \cdot TCF \cdot EF$$

$$UCP = 22,96$$

Después de analizar la puntuación de los elementos que afectan los Factores de Ambiente se obtuvo como valor 2, y acorde a la metodología se utiliza el factor de conversión (CF) 20 horas-hombre/Punto de Casos de Uso.

Estimación del esfuerzo para los casos de uso (E)

$$E = UCP \cdot CF$$

$$E = 22,96 \cdot 20 \text{ horas} - \text{hombre}$$

$$E = 459,2 \text{ horas} - \text{hombre}$$

Para obtener el esfuerzo total del proyecto, se puede realizar un nuevo ajuste que consiste en sumar a la estimación de esfuerzo obtenida por UCP, las estimaciones de esfuerzo de las demás actividades relacionadas con el desarrollo del software (Ver Anexo 37).

Esfuerzo total (ET)

$$ET = \Sigma((UCP \cdot \%) / (CF \cdot 10))$$

$$ET = 2\,548 \text{ horas} - \text{hombre}$$

Tiempo de desarrollo (TD)

$$TD = ET / CH$$

CH - Cantidad de hombres total (1 u).

$$TD = 1\,148 \text{ horas}$$

Se consideró que se trabajan ocho horas diarias:

$$TD = \frac{TD}{8 \text{ h} - \text{día}}$$

$$TD = 143,5 \text{ días (4,7 meses)}$$

Costo total (CT)

Acorde a las Resoluciones No. 108/05 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), 2005 a) y No. 30/05 (MTSS, 2005 b) referentes a la escala salarial y sus clasificadores, los informáticos clasifican en los grupos del X al XII descritos en el Anexo 38. A los tres grupos se les considera con la capacidad técnica para realizar el proyecto, al ser graduados de nivel superior, se estima la tarifa horaria en base al promedio de sus salarios básicos ($358,00 \text{ CUP} \cdot \text{mes}^{-1}$), para 168 h mensuales de trabajo.

$$CT = ET \cdot CH \cdot TH \quad TH - \text{Tarifa horaria (CUP} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

$$CT = 1\,148 \text{ h} \cdot 1 \cdot 2,292 \text{ CUP} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$CT = 2\,631,2 \text{ CUP}$$

3.4.2. BENEFICIOS TANGIBLES E INTANGIBLES

La rotación de cultivos tiene muchos beneficios agronómicos, económicos y ambientales en comparación con el cultivo en monocultivo. La rotación apropiada de cultivos aumenta la materia orgánica en el suelo, mejora la estructura del suelo, reduce la degradación del suelo y puede dar como resultado mayores rendimientos y una mayor rentabilidad de la granja a largo plazo. El aumento de los niveles de materia orgánica del suelo mejora la retención de agua y nutrientes, y disminuye los requerimientos de fertilizantes sintéticos. A su vez, una mejor estructura del suelo mejora el drenaje, reduce los riesgos de acumulación de agua durante las inundaciones y aumenta el suministro de agua del suelo durante las sequías (A. Sudha , et al., 2017).

La rotación de cultivos se usa para controlar malezas y enfermedades, y limitar las infestaciones de insectos y otras plagas y, como resultado, reduce de forma significativa el uso de pesticidas. Además, devuelve diferentes nutrientes al suelo y restaura su fertilidad (A. Sudha , et al., 2017).

La utilización de la herramienta informática puede estimular el resultado productivo, si se aplican las recomendaciones que proponga; por concepto de aplicar una adecuada rotación, pudiera traducirse en un incremento del rendimiento superior al 20 % (FAO, 2016), según López-Bellido (2006) el conjunto de los efectos de la rotación puede llegar hasta un 50 % de incremento del rendimiento, que se debe no solo al N_2 fijado de forma biológica, sino también a otros factores, como la mejora de las propiedades físicas del suelo,

reducción de plagas y enfermedades, eliminación de fitotoxicidad, aumento de sustancias promotoras del crecimiento y otros.

El consenso actual entre investigadores sobre la rotación de cultivos es el aumento en el rendimiento y el beneficio económico que genera a los agricultores (Gutiérrez, et al., 2015). Una gestión adecuada de la misma contribuye a obtener el potencial productivo y económico de las especies cultivadas. No sólo la secuencia, sino también la selección de los cultivos influye en el margen económico (Wilson *et al.*, 2003 y Jatoe *et al.*, 2008). Zentner *et al.* (2002) indican que los agricultores que se diversifican aumentan sus ganancias a mediano plazo a pesar del mayor costo de producción de algunos cultivos en la rotación. Rodríguez *et al.* (2016) refieren que se aumentan los ingresos netos por unidad de superficie y reduce el riesgo de malas cosechas. González *et al.* (2002) afirman que el desempeño económico de una rotación es crucial porque la selección apropiada de los cultivos afecta los beneficios económicos, lo cual coincide con Martín y Hanks (2009).

Chamorro *et al.* (2015) analizan que uno de los insumos más costosos es el fertilizante nitrogenado (alrededor del 40 % de la energía indirecta para la secuencia), la fijación biológica por parte de las leguminosas como cultivo de la rotación, podrían reducir su costo energético y, a la vez, aportar otras ventajas al sistema, al incrementar la biodiversidad y reforzar las funciones de autorregulación, como podría ser una menor utilización de plaguicidas.

La rentabilidad de los cultivos está sujeta a prácticas de manejo, valor del producto y recursos productivos. La planificación de la rotación estabiliza la rentabilidad y la variabilidad (Saharawat *et al.*, 2010 y González *et al.*, 2013).

Tangibles

- Reducción cantidad horas/hombre empleadas para el diseño de rotaciones de 4,8 días.
- Reducción del espacio físico empleado para almacenar la documentación de los cultivos, variedades, los análisis de adecuación y el diseño de rotaciones.
- Reducción del personal para el área producción a un solo especialista.

Intangibles

- Reducción del tiempo promedio para buscar información de variedades, realizar análisis de adecuación de variedades y diseñar rotaciones.
- Menor número de errores; letra.

- Reducción de la pérdida o traspapelarían de los análisis de adecuación y diseño de rotaciones.
- Incremento de la productividad del personal.
- Generar información más precisa y confiable, que sirva de apoyo a la toma de decisiones.
- Mayor y mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos
- Incremento en la imagen institucional.

3.4.3. ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

Su uso no solo reportaría ventajas por concepto de una adecuada rotación y selección de cultivos, sino también un ahorro económico para las entidades por concepto de salario, en una unidad productiva se requieren como media de cuatro especialistas para el diseño de las sucesiones, con un salario promedio mensual de 483,00 CUP y un consumo de tiempo ponderado de 4,9 días acorde a los resultado de las encuestas, lo que demanda un fondo de salario de 392,18 CUP para ese período; en contraposición, al aplicar la herramienta, solo se requiere de un especialista y una hora de trabajo para cumplir la tarea, con un gasto de salario de 2,52 CUP, lo que representa un ahorro de 392,18 CUP cada vez que se requiera realizar una rotación.

3.5. FASE DE DISEÑO

3.5.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura de software es la organización de los componentes del sistema, que están relacionados entre sí y con el contexto, de tal manera que aplique principios y normas de diseño y calidad que fortalecen y fomentan la usabilidad a la vez del sistema. La arquitectura hace uso de diseño del software para responder criterios tanto en el proceso de desarrollo como de ejecución (Gonzales, 2020). Para el proyecto se empleó la siguiente arquitectura:

El diseño controlado por dominio (DDD) es un proceso que alinea su código con la realidad de su problema dominio. Aunque DDD comprende la necesidad de patrones de software, principios, metodologías y marcos, valora a los desarrolladores y expertos en dominios que trabajan juntos para comprender conceptos, políticas y lógica de dominio por igual. Con un mayor conocimiento del problema del dominio y una sinergia con el negocio, es más probable que los desarrolladores creen software más legible y fácil de adaptar para futuras mejoras (Millett y Tune, 2015).

Acorde a Evans (2015) el diseño basado en dominio es un enfoque para el desarrollo de software complejo en el que nosotros:

1. Centrarse en el dominio central.
2. Explore modelos en una colaboración creativa de profesionales del dominio y profesionales del software.
3. Hablar un lenguaje ubicuo dentro de un contexto limitado de forma explícita.

Loscalzo (2018) refiere como beneficios de su empleo:

- Comunicación efectiva entre expertos del dominio y expertos técnicos a través de Ubiquitous Language.
- Foco en el desarrollo de un área dividida del dominio (subdominio) a través de Bounded Context's.
- El software es más cercano al dominio, y por lo tanto es más cercano al cliente.
- Código bien organizado, permitiendo el testing de las distintas partes del dominio de manera aisladas.
- Lógica de negocio reside en un solo lugar, y dividida por contextos.
- Mantenibilidad a largo plazo.

3.5.2. PATRONES DE DISEÑO

Un patrón de diseño se puede definir como un boceto, base o esqueleto que se utiliza para resolver problemas comunes o recurrentes en el proceso de desarrollo de software. Un patrón de diseño resuelve problemas de diseño en desarrollo de aplicaciones informáticas, el cual, debe haber comprobado su efectividad para resolver dichos problemas y demuestre que puede ser reutilizable (Picado y Pérez, 2019). En el sistema propuesto se emplean los siguientes patrones de diseño:

REPOSITORIO

El patrón repositorio consiste en separar la lógica que recupera los datos y los asigna a un modelo de entidad de la lógica de negocios que actúa sobre el modelo, esto permite que la lógica de negocios sea independiente del tipo de dato que comprende la capa de origen de datos, en pocas palabras un repositorio medio entre el dominio y las capas de mapeo de datos, actuando como una colección de objetos de dominio en memoria. Entre los beneficios de utilizar el patrón repositorio podemos mencionar centralización de la lógica de acceso a datos, punto de sustitución para las pruebas unitarias y arquitectura flexible que se puede adaptar a medida que evoluciona el diseño general de la aplicación (Barrios, 2019).

MEDIATOR

La esencia del patrón de mediador es definir un objeto que encapsule cómo interactúa un conjunto de objetos. Promueve el acoplamiento flojo al evitar que los objetos se refieran entre sí de manera explícita, y permite que su interacción varíe de forma independiente. Las clases de clientes pueden usar el mediador para enviar mensajes a otros clientes, y pueden recibir mensajes de otros clientes a través de un evento en la clase de mediador (Wade, 2019). Otra de sus ventajas según Shahzad (2018) es que promueve el Principio de Responsabilidad Única al permitir que la comunicación se descargue a una clase que se encarga de eso.

3.5.3. MODELADO DEL DISEÑO

MODELO DE DATOS

Una de las características del sistema a construir es la necesidad de guardar la información para futuras consultas, actividad que solo puede ser realizada mediante la elaboración de una Base de Datos. El modelo de datos o diagrama entidad-relación ofrece la información de las tablas más significativas del negocio. (Véase Anexo 39. Diagrama Entidad-Relación).

DIAGRAMA DE DESPLIEGUE

El diagrama de despliegue es un tipo de diagrama del Lenguaje Unificado de Modelado, que muestra las relaciones de la distribución física de los nodos que componen el sistema. Describen la topología del sistema, la estructura de los elementos de hardware y sus relaciones. O sea, se puede decir que se muestra la arquitectura desde el punto de vista del despliegue (Blanco, 2019). En la figura siguiente se muestra el diagrama propuesto para el despliegue de la aplicación.

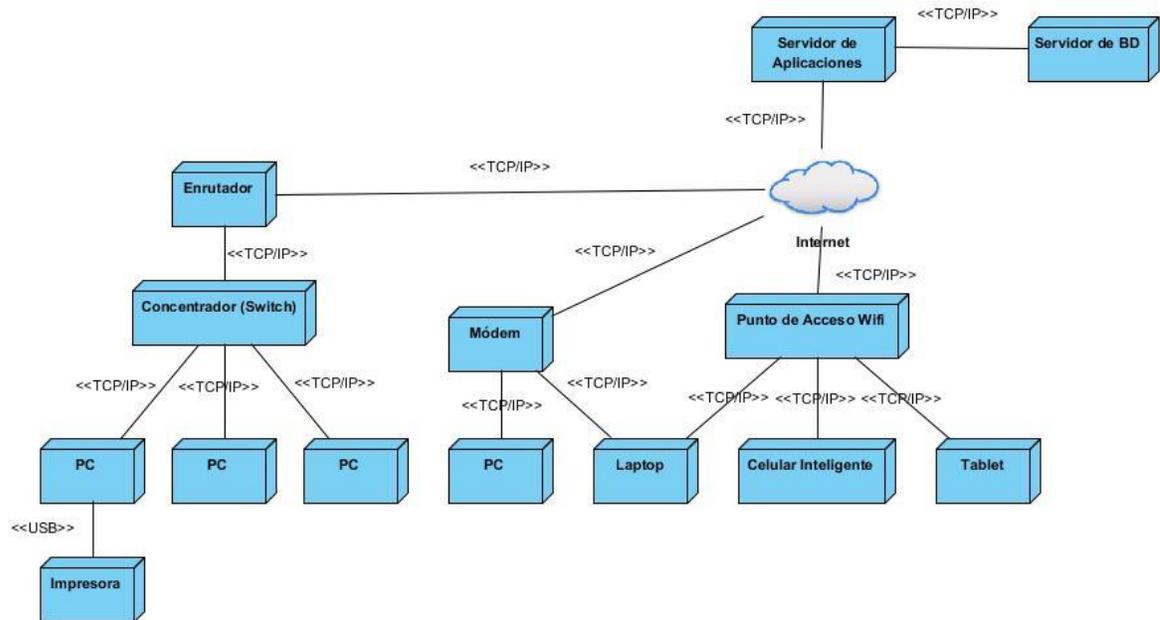


Figura 1. Diagrama de despliegue.

CONCLUSIONES

Luego de analizar el diseño y la propuesta de solución planteada para la problemática encontrada en esta investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

- Un buen entendimiento del proceso de negocio es fundamental para el correcto desarrollo del sistema.
- El levantamiento de requisitos funcionales y no funcionales es fundamental para lograr el diseño más apropiado del sistema.
- La metodología de desarrollo Scrum se consideró adecuada para el proyecto, para lo que se definió el equipo de trabajo, la pila de producto, las historias de usuarios, planificadas en cada Sprint y la planificación de las entregas.
- Los patrones de diseño y arquitectura de software garantizan buena parte de la calidad, además de economizar tiempo y esfuerzo a los desarrolladores.
- El diseño del modelo entidad - relación de la base de datos permite una correcta implementación de la misma.
- El sistema desarrollado es factible y aporta beneficios para la sociedad.

4. CAPÍTULO III RESULTADOS DEL TRABAJO DESARROLLADO. ELEMENTOS DE LA VALIDACIÓN PRÁCTICA DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se analizan las principales interfaces de usuario, los algoritmos más importantes desarrollados para el funcionamiento del software y un análisis detallado de las pruebas de software realizadas al mismo.

Entre los pasos más importantes durante el diseño y desarrollo de un sistema informático se encuentra la realización de las pruebas de software, mediante las cuales se puede llegar a conocer el grado de calidad del producto y de esta forma comprobar el cumplimiento de los requisitos funcionales propuestos al inicio de la investigación. Para cada una de las historias de usuario obtenidas se ofrece una explicación de los casos de pruebas funcionales. Los casos de pruebas funcionales son realizados al culminar cada iteración. (Scull, 2018). Al finalizar el capítulo se ofrece un análisis de los resultados que se obtienen.

4.1. INTERFACES DE USUARIO

En esta sección se pretende realizar una descripción de alto nivel de la interfaz de usuario de la aplicación, reflejando la estructura general de las pantallas más importantes que la componen, así como la navegación entre ellas.

Figura 2. Interfaz para la gestión de los datos requeridos en la adecuación.

The screenshot shows a web application interface for 'Adecuación de Variedades' (Variety Adaptation). At the top, a dark green navigation bar contains the text 'SADA' and several menu items: 'Inicio', 'Adecuación', 'Rotación', 'Buscador', 'Contactos', 'Gestor de Usuarios', 'Administración', and 'Salir Javier'. Below the navigation bar, the main heading is 'Adecuación de Variedades' with the subtitle 'Formularios de Información Requerida'. A progress indicator shows three steps: '1 Limitantes Edáficas' (highlighted in green), '2 Limitantes Edáficas', and '3 Limitantes Fisiogeográficas'. The main content area is titled 'Limitantes Químicas' and contains several input fields. Each field consists of a text input box with the placeholder 'Introduzca valor' and a dropdown menu for selecting units ('Selecione UM'). The fields are organized as follows: 'Carbonatos' (two fields), 'Sales solubles totales' (two fields), 'Sodio' (two fields), 'pH' (two fields), and 'Valor T' (two fields). A green 'Siguiente' (Next) button is located at the bottom right of the form area.

Fuente: Elaboración propia.

En esta interfaz se realiza la solicitud de la información necesaria al usuario para realizar una correcta adecuación de variedades, en la misma el usuario puede selección la unidad de medida en la que desee trabajar acorde a cada indicador. Esta funcionalidad consta de cuatro interfaces de navegación vinculadas, tres para solicitud de datos y una última para muestra de resultados.

Figura 3. Interfaz para la gestión de los datos requeridos en la rotación.

SADA Inicio Adecuación Rotación Buscador Contactos Gestor de Usuarios Administración Salir Javier

Rotación de Variedades

Formularios de Información Requerida

1 Criterios de Rotación y Requerimientos de Siembra

2 Modelo de Rotación

Principios para el Diseño de la Rotación

Obligatorias

- Familia Botánica
- Profundidad Radical

Opcionales

- Efecto sobre plantas indeseables
- Requerimientos nutricionales
- Tipo de sistema radical
- Plagas secundarias
- Plagas principales
- Grado de resistencia

Situación Actual del Área

Situación Actual del Área

Por favor seleccione situación actual del área

Fecha de Inicio (*)

Seleccione una fecha

Elementos Generales

Modelo de Rotación (*)

Ciclo abierto

Duración (*)

1

Tipo de Época de Siembra (*)

Por favor seleccione el estilo de época

Siguiete

Fuente: Elaboración propia.

En esta interfaz se realiza la solicitud de la información necesaria al usuario referente a los principios requeridos para el diseño de la rotación de variedades, en la misma el usuario puede si su rotación se registrará por un cultivo principal y si iniciará por este. Esta funcionalidad consta de tres interfaces de navegación

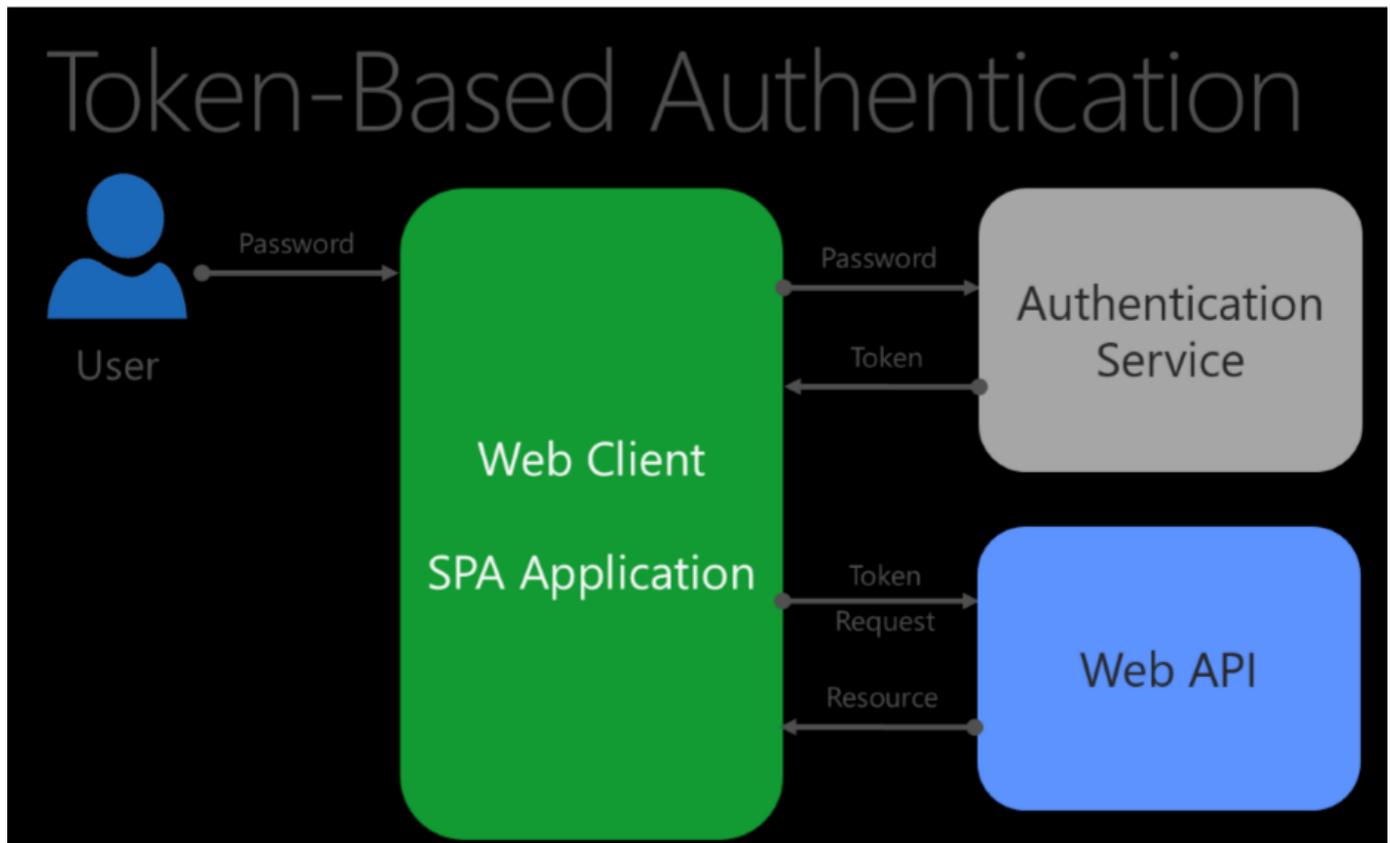
vinculadas, la primera para selección de los cultivos y sus respectivas variedades que intervendrán en la rotación, la segunda es la descrita con anterioridad y la última es para la conformación del modelo.

En la fase de análisis preliminar se lleva a cabo el diseño detallado de la interfaz web de la aplicación mediante el uso de prototipos, con el fin de facilitar su futura implementación y favorecer el análisis de requisitos.

4.2. ALGORITMOS PRINCIPALES

La forma más sencilla de autorización implica restringir el acceso a los usuarios anónimos. Esto se logra mediante la aplicación del atributo [Authorize] a determinados controladores o acciones. Si se usan roles, el atributo se puede ampliar más para restringir el acceso a los usuarios que pertenecen a roles concretos (Quelal, 2019).

Figura 4. Seguridad en ASP.NET CORE.



Fuente: Quelal (2019).

Segmento del Algoritmo para la gestión de la seguridad del registro de los usuarios:

```
private async Task<AuthenticationResult> GenerateAuthenticationResultForUserAsync(IdentityUser
user)
{
    var tokenHandler = new JwtSecurityTokenHandler();
    var key = Encoding.ASCII.GetBytes(_jwtSettings.Secret);

    var claims = new List<Claim>
    {
        new Claim(JwtRegisteredClaimNames.Sub, user.UserName),
        new Claim(JwtRegisteredClaimNames.Jti, Guid.NewGuid().ToString()),
        new Claim(JwtRegisteredClaimNames.Email, user.Email),
        new Claim("id", user.Id)
    };

    var userClaims = await _userManager.GetClaimsAsync(user);
    claims.AddRange(userClaims);

    var userRoles = await _userManager.GetRolesAsync(user);
    foreach (var userRole in userRoles)
    {
        claims.Add(new Claim(ClaimTypes.Role, userRole));
        var role = await _roleManager.FindByNameAsync(userRole);
        if (role == null) continue;
        var roleClaims = await _roleManager.GetClaimsAsync(role);

        foreach (var roleClaim in roleClaims)
        {
            if (claims.Contains(roleClaim))
                continue;

            claims.Add(roleClaim);
        }
    }

    var tokenDescriptor = new SecurityTokenDescriptor
    {
        Subject = new ClaimsIdentity(claims),
        Expires = DateTime.UtcNow.Add(_jwtSettings.TokenLifetime),
        SigningCredentials =
            new SigningCredentials(new SymmetricSecurityKey(key),
SecurityAlgorithms.HmacSha256Signature)
    };

    var token = tokenHandler.CreateToken(tokenDescriptor);

    var refreshToken = new RefreshToken
```

```

    {
        JwtId = token.Id,
        UserId = user.Id,
        CreationDate = DateTime.UtcNow,
        ExpiryDate = DateTime.UtcNow.AddMonths(6)
    };

    await _context.RefreshTokens.AddAsync(refreshToken);
    await _context.SaveChangesAsync();

    return new AuthenticationResult
    {
        Success = true,
        Token = tokenHandler.WriteToken(token),
        RefreshToken = refreshToken.Token
    };
}

```

4.3. PRUEBAS AL SOFTWARE

Las pruebas de software son una parte integral del ciclo de vida de desarrollo del mismo ya que identifican defectos, fallas y errores en la aplicación, su naturaleza es iterativa e incremental (Yanes, 2019). Son una garantía de calidad del software y representan una revisión final de las especificaciones, del diseño y de la codificación. Es el proceso de ejecución de un programa con la intención de descubrir errores. Todo software debe probarse desde dos perspectivas diferentes: al explicar la lógica interna del programa y al comprobar el cumplimiento de los requisitos del sistema. Para lograr este objetivo se llevan a cabo técnicas de diseño de casos de prueba de “caja blanca” y “caja negra” (Scull, 2018).

El proceso de pruebas es el instrumento más adecuado para determinar el status de la calidad de un producto. En este proceso se ejecutan pruebas dirigidas a componentes del software o al sistema de software en su totalidad, con el objetivo de medir el grado en que el software cumple con los requerimientos o si es el software que se quería desarrollar. En las pruebas se usan casos de prueba, especificados de forma estructurada mediante Técnicas de Prueba (Padrón, 2019).

Una estrategia de pruebas integra los métodos de diseño de los casos de prueba para lograr un software eficaz. La prueba es un conjunto de actividades que se planean con anticipación y se realizan de manera sistemática. Una estrategia de pruebas debe incluir tanto pruebas de alto como de bajo nivel. Son parte de la Verificación y Validación incluidas en el aseguramiento de la calidad del software (Padrón, 2019).

Verificación: Comprobar que el software está de acuerdo con su especificación, donde se debe comprobar que satisface tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales.

Validación: El objetivo es asegurar que el software satisface las expectativas del cliente.

El plan de pruebas de software se elabora con el fin de especificar qué elementos o componentes se van a probar para que el grupo de trabajo pueda realizar el proceso de Validación y Verificación de los requerimientos funcionales y no funcionales. Además, a través del plan de pruebas se puede continuar con la trazabilidad de los requerimientos, con lo cual el grupo de trabajo, identifica el porcentaje de avance que se logra hasta cierto momento. Al desarrollar el plan de pruebas, se puede obtener información sobre los errores, defectos o fallas que tiene el prototipo, así se realizan las correcciones pertinentes, según el caso y se asegura la calidad del producto que se va a entregar al cliente (Scull, 2018).

En el presente epígrafe, se presentan los procedimientos empleados para la realización de pruebas al sistema una vez concluido su ciclo de desarrollo.

4.3.1. PRUEBAS UNITARIAS

Son las pruebas diseñadas por los programadores y están enfocadas al código, consisten en verificar de manera manual o automatizada, si una parte específica del código, funciona de acuerdo con los requisitos del sistema. Deben ser definidas antes de realizar el código y repetirse hasta eliminar todos los errores para aumentar la calidad del desarrollo (Rico, 2019).

```
namespace TestUnitarios
{
    public class FechaValidacion
    {
        [Fact]
        public void EnFechaActual()
        {
            //Arrange
            DateTime fecha = new DateTime(2020,9,9);

            //Act
            bool isValid = ChequeoDatos.EnFechaActual(fecha);

            //Assert
            Assert.True(isValid, $"La fecha {fecha} no es válida");
        }
    }
}

namespace TestUnitarios
{
    public class FormatoNumero
    {
        [Fact]
```

```

public void ValidNumber()
{
    //Arrange
    const string number = "45.23";

    //Act
    bool isValid = ChequeoDatos.NumeroDecimalHastaDosCifras(number);

    //Assert
    Assert.True(isValid, $"El número {number} no es válido");
}
}
}

```

4.3.2. PRUEBAS DE SEGURIDAD

Las pruebas de seguridad buscan medir la Confidencialidad, Integridad y Disponibilidad de los datos, desde la perspectiva del aplicativo, es decir, se parte de identificar amenazas y riesgos desde el uso o interface de usuario final. Una vez ejecutadas las pruebas de seguridad es posible medir y cuantificar los riesgos a los cuales se ven expuestos los aplicativos tanto en la infraestructura interna como externa (Scull, 2018).

Se consideran vulnerabilidades

La realización de las pruebas de seguridad fue con el objetivo de detectar vulnerabilidades, al tomar en cuenta las técnicas de ataque más comunes en los entornos web, por ejemplo: SQL Injection, Cross-Site Scripting (XSS), entre otros (Lara, 2019).

Un ataque de inyección SQL consiste en la inserción o "inyección" de una consulta SQL a través de los datos de entrada del cliente a la aplicación. Una explotación de inyección SQL exitosa puede leer datos confidenciales de la base de datos, modificar datos de la base de datos (Insertar / Actualizar / Eliminar), ejecutar operaciones de administración en la base de datos (como cerrar el DBMS), recuperar el contenido de un archivo determinado presente en el archivo DBMS sistema y en algunos casos emiten comandos al sistema operativo. Los ataques de inyección SQL son un tipo de ataque de inyección, en el que los comandos SQL se inyectan en la entrada del plano de datos para efectuar la ejecución de comandos SQL predefinidos (Singh, *et al.*, 2015). Los atacantes inyectan consultas maliciosas a través del campo de texto de entrada, cookies, variables del servidor y mediante ataques de inyección SQL de segundo orden (Saidu, *et al.*, 2016).

Tabla 10. Tipos de ataques de inyección SQL, firmas, prevenciones.

No	Tipo de ataque SQLi	Firma	Prevención
1	Tautologías	OR, =, like, select	<ul style="list-style-type: none"> - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario - Bloqueo de consultas que contienen cláusulas de condición tautológica WHERE en el lado de la base de datos
2	Consultas ilegales / lógicamente incorrectas	invalid conversions (CONVERT (TYPE)), incorrect logics, AND, ORDERBY, ‘	<ul style="list-style-type: none"> - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario - Detener y / o desinfectar los mensajes de error generados (por ejemplo, errores lógicos, errores de tipo y errores de sintaxis) de una base de datos dada - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario
3	Consulta respaldada		<ul style="list-style-type: none"> - Evitar múltiples ejecuciones de sentencias en una base de datos escaneando todas las consultas para delimitador ";" en el lado de la base de datos
4	Union queries	UNION, UNION SELECT	<ul style="list-style-type: none"> - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario - Bloqueo de ejecuciones de consultas múltiples en una sola declaración en el lado de la base de datos - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario

5	Procedimientos almacenados	Stored procedure keywords (SHUTDOWN, exec, xp_cmdshell(), sp_execwebtask())	<ul style="list-style-type: none"> - Usar una cuenta con pocos privilegios para ejecutar una base de datos en el lado de la base de datos - Ejecución de procedimientos almacenados con una interfaz segura en el lado de la base de datos - Otorgar roles y privilegios adecuados a los procedimientos almacenados que se utilizan en un formulario de solicitud de usuario
6	Inferencia SQLi ataque	AND, IF ELSE, WAITFOR	<ul style="list-style-type: none"> - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario - Los mensajes de error de elaboración cuidadosa regresan de las bases de datos en el lado de la base de datos - Parches / endurecimiento de bases de datos
7	Codificación alternativa	exec (), Char (), ASCII (), BIN (), HEX (), UNHEX (), BASE64 (), DEC (), ROT13 ()	<ul style="list-style-type: none"> - Validar estrictamente las entradas del usuario en el lado del usuario, por ejemplo, prohibir el uso de metacaracteres, p. "Char ()", etc. - Tratar todos los metacaracteres como caracteres normales en el lado de la base de datos

Fuente: (Moradpoor, 2015)

Singh y col. (2015) Los ataques XSS ocurren cuando:

1. Entrada de datos en la aplicación web a través de una fuente no confiable, principalmente una solicitud web.
2. Los datos se incluyen en el contenido dinámico que se envía a un usuario web como Respuesta HTTP sin ser validado por script malicioso.

El contenido malicioso enviado al navegador web es una pieza de JavaScript, pero también puede incluir HTML o cualquier otro tipo de código que el navegador pueda ejecutar. La variedad de ataques basados en XSS es muy amplia, pero comúnmente incluyen la transmisión de datos confidenciales como cookies u otra información esencial de la sesión al atacante, redirigir a la víctima al contenido web controlado por el

atacante o realizar otras operaciones maliciosas en la máquina del usuario bajo la aparición del sitio vulnerable.

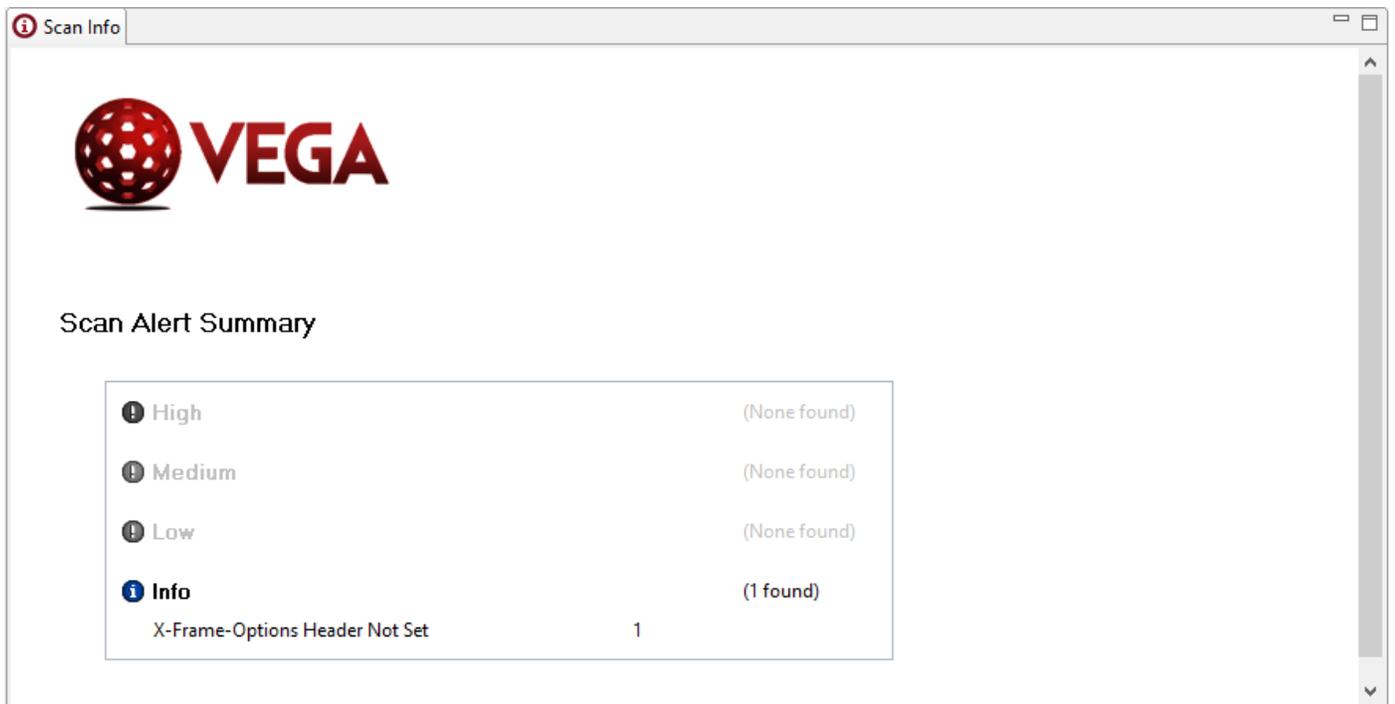
Tabla 11. Sabores de los ataques XSS y su descripción.

No.	Clase de ataques XSS	Descripción	Ubicación de explotación	Nivel de ingeniería social para explotar
1	Ataque XSS almacenado (o ataque XSS persistente)	El script malicioso se transmite una sola vez y se ejecuta en visitas consecuentes en la página web.	Script del lado del servidor	Bajo
2	Ataque XSS reflejado (o ataque no persistente)	Script malicioso transmitido por el navegador web del cliente y se refleja directamente.	Script del lado del servidor	Alto
3	Ataques XSS basados en DOM	Script malicioso transmitido por el navegador web del cliente y se refleja directamente.	Script del lado del cliente	Alto
4	Ataques XSS basados en mutaciones	Script malicioso activado al alterar los sumideros DOM.	Script del lado del cliente	Alto

Fuente: (Gupta, 2016).

Los resultados obtenidos son satisfactorios, al no detectarse errores peligrosos en la seguridad del sistema, tal y como se evidencia en la siguiente imagen que muestra el resultado de la prueba en la que se empleó el software VEGA.

Figura 5. Resultado del Software VEGA.



Fuente: Software VEGA.

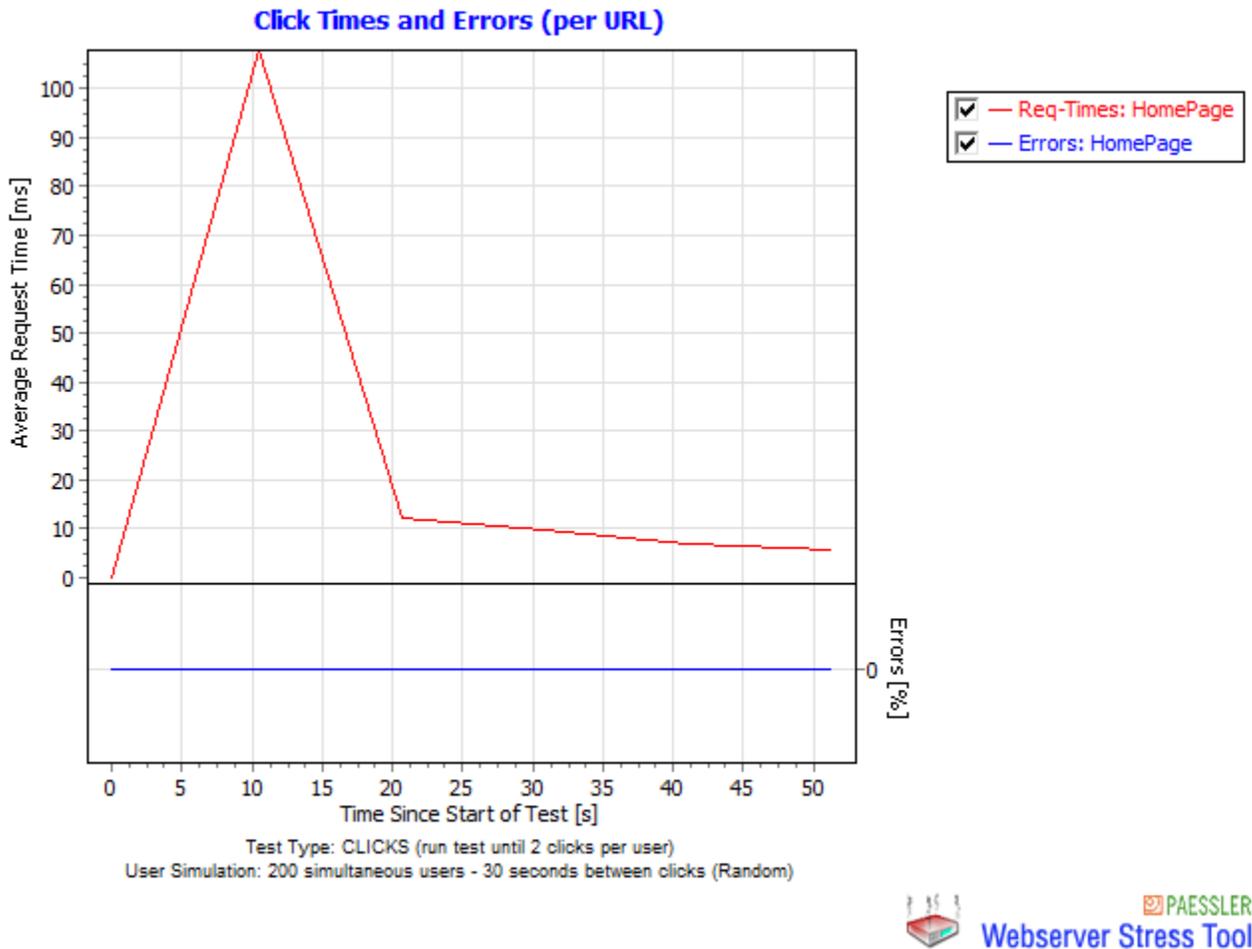
4.3.3. PRUEBAS DE CARGA Y ESTRÉS

Las pruebas de carga se realizan de modo general para observar el comportamiento de una aplicación bajo una cantidad de peticiones esperada. La carga está determinada por el número esperado de usuarios concurrentes utilizando la aplicación y que realizan un número específico de acciones durante el tiempo que dura la carga. Esta prueba muestra los tiempos de respuesta de todas las acciones importantes de la aplicación (Lara, 2019).

Por otra parte, las pruebas de estrés se utilizan forma habitual para romper la aplicación. Al doblar el número de usuarios que se agregan a la aplicación y se ejecuta una prueba de carga hasta que se rompe. Este tipo de prueba se realiza para determinar la solidez de la aplicación en los momentos de carga extrema y ayuda a los administradores para determinar si la aplicación rinde lo suficiente en caso de que la carga real supere a la carga esperada (Lara, 2019).

Las pruebas son realizadas a la aplicación mediante el empleo de la herramienta Webserver Stress, para una simulación de 200 usuarios conectados en forma simultánea, cifra que supera la real esperada para la aplicación, y con una frecuencia de dos click por segundo por cada usuario. El resultado arrojado fue satisfactorio, lo que evidencia que la aplicación soporta condiciones de carga y estrés por encima de lo concebido para su funcionamiento, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 6. Resultado del Software Webserver Stress.



Fuente: Software Webserver Stress.

4.3.4. PRUEBAS FUNCIONALES O CAJA NEGRA

Las pruebas de caja negra comprueban si el software funciona según los requerimientos o especificaciones establecidas. Se conocen de esta forma porque se ejecutan las pruebas sin conocer la lógica interna, sino

que se enfoca en las salidas generadas a partir de las entradas seleccionadas y las condiciones de ejecución. Este tipo de pruebas permite conocer si el software hace lo que se espera. Las especificaciones funcionales son la fuente de información empleada, por lo que se requiere una especificación detallada de las mismas (Yanes, 2019). Estas se enfocan en buscar:

- Funciones incorrectas o ausentes.
- Errores de interfaz.
- Errores en estructuras de datos.
- Errores de rendimiento.
- Errores de inicialización y de terminación.

4.3.5. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Las pruebas de aceptación son las últimas pruebas realizadas donde el cliente prueba el software y verifica que cumpla con sus expectativas. Estas pruebas de modo general son funcionales y se basan en los requisitos definidos por el cliente y deben hacerse antes de la salida a producción. Esta termina de definir el nivel de calidad de la aplicación (Sotolongo, 2018). Las pruebas de aceptación se llevan a cabo mediante la redacción de los casos de prueba, al tomar en cuenta el orden de las HU y la prioridad que ha sido asignada a las funcionalidades. Luego se hace la planificación con el cliente de cuándo y cuáles pruebas deben ser llevadas a cabo, para así reunir los miembros del proyecto seleccionados para realizarlas. Al final, se completa cada uno de los campos de las tablas de las pruebas de aceptación con el resultado de la prueba. Después de haber superado las pruebas de aceptación puede considerarse que la aplicación es apta para el uso y despliegue dentro del proyecto (Peña, 2019).

Se realizan estas pruebas para cada uno de los requisitos funcionales del software y a continuación se presentan una muestra de los resultados obtenidos:

Tabla 12. Prueba de aceptación de Login.

Pruebas de Aceptación	
Número de Caso de prueba: 3-4	Número de historia: HU03
Responsable: Javier Alejandro Falcón Suárez	

<p>Descripción: Se inserta el usuario y la contraseña para entrar al sistema. Se insertarán de forma incorrecta los datos o se dejan campos en blanco para verificar la validación, se tratará de entrar al sistema poniendo una ruta destino para comprobar que no entre solo si se autentifica correctamente. Luego se insertarán los datos de manera correcta para comprobar esta funcionalidad.</p>
<p>Condiciones de ejecución: El usuario tendrá acceso a las funcionalidades en las que tenga los privilegios correspondientes</p>
<p>Entrada/Pasos de ejecución: Presionar el botón Entrar con los campos en blanco. Fijar una ruta para acceder a ella sin haberse autenticado. Insertar los datos correctamente y presionar el botón Entrar.</p>
<p>Resultado esperado: El sistema debe alertar al usuario cuando se inserten datos erróneos. Cuando se inserten los datos correctamente, el sistema debe mostrar las opciones a las cuales tiene permiso para acceder el usuario autenticado</p>
<p>Evaluación de la prueba: Satisfactoria.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Prueba de aceptación de Adecuación.

Pruebas de Aceptación	
Número de Caso de prueba: 22-24	Número de historia: HU09
Responsable: Javier Alejandro Falcón Suárez	
<p>Descripción: Se insertan los datos de las limitantes químicas, seguido de las limitantes externas o superficiales y las físicas e hidrofísicas, y con concluye con las climáticas y topográficas para analizar. Se insertarán de forma incorrecta los datos (valores negativos, diferente tipo de dato al solicitado, valores excesivos, caracteres especiales, etc.) o se dejan campos en blanco para verificar la validación, además, se prueba las distintas variantes de unidades de medida y se tratara de modificar su valor. Luego se insertarán los datos de manera correcta para comprobar esta funcionalidad.</p>	
<p>Condiciones de ejecución: Mientras más datos se introduzcan más exacto será el resultado. No es obligatorio la entrada de información.</p>	

<p>Entrada/Pasos de ejecución:</p> <p>Presionar el botón Siguiente con los campos con datos en blanco</p> <p>Presionar el botón Siguiente con los campos con datos incorrectos.</p> <p>Presionar el botón Finalizar con los campos con datos incorrectos.</p> <p>Insertar los datos correctamente y presionar el botón Finalizar.</p>
<p>Resultado esperado: El sistema debe alertar al usuario cuando se inserten datos erróneos. Cuando se inserten los datos correctamente, el sistema debe mostrar la lista de las variedades que se adecuan a las variables limitantes introducidas.</p>
<p>Evaluación de la prueba: Satisfactoria.</p>

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Al terminar este capítulo se puede concluir que la planificación presentada en el Capítulo 2 fue acertada, pues permitió el desarrollo del sistema según el cronograma y se cumplió con los objetivos del cliente al iniciar esta investigación. Además, las pruebas realizadas mediante el uso de las técnicas descritas con anterioridad son de gran importancia ya que demuestran el buen funcionamiento del software y el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

Como resultado final se obtiene una aplicación web con una apariencia atractiva y fácil de usar, adaptable a cualquier tipo de dispositivos, con todas las funcionalidades requeridas, y que satisface todas las expectativas del cliente.

5. CONCLUSIONES

Como resultado de esta investigación se dio cumplimiento a los objetivos trazados con lo que se arribó a las siguientes conclusiones:

- El estudio realizado sobre los antecedentes, el estado actual de la temática, la bibliografía y documentos relacionados con el objeto de estudio, permitió contar con los elementos necesarios para dar solución a la problemática planteada.
- Los sistemas automatizados encontrados, vinculados al tema no le dan solución al problema planteado por lo que no es factible su utilización.
- Se utilizó herramientas de software adecuadas para dar solución al problema detectado.
- Se realizó la estimación del costo de implementación del sistema y el estudio de factibilidad, lo que arrojó como resultado la factibilidad de la realización del sistema informático.
- La realización pruebas aplicadas al sistema permitió la detección de errores y la pronta corrección de los mismos.
- La implementación del sistema y la aplicación de las pruebas de validación con resultados satisfactorios, logró demostrar que el software elaborado cumple con los requerimientos especificados por el cliente, y que posee un nivel de calidad y estabilidad suficientes para la explotación del mismo.

6. RECOMENDACIONES

- Continuar el desarrollo de las funcionalidades que garanticen la integralidad para el servicio de planificación y toma de decisiones en el sector agrícola.
- Implementar a modo de prueba en un grupo de entidades agrícolas de muestra de la provincia de matanzas para su validación en campo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- A. Sudha , C., M., R. & K. , S., 2017. Web based Crop Rotation Recommendation in Agrarian Society. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(17), pp. 1-5.
- Aguilar, N., Algara, M. & Olvera, L., 2015. Gestión del agua como factor limitante de productividad cañera en México. *Geografía Norte Grande*, Volumen 60, pp. 135 - 152.
- Álava, D. & Haz, E., 2017. *Aplicación de cocteles microbiano y bovinaza-cascarilla de arroz para la recuperación de muestras de suelos salinos del sitio Correagua, Manabí.*, Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Alpízar, J., 2013. *Proyectos agrícolas de investigación y desarrollo*. Segunda ed. Matanzas: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Álvarez, J., 2002. *Caracterización y manejo de los principales factores edáficos limitantes de la agro-productividad de los suelos*, Matanzas: Universidad de Matanzas cede Camilo Cienfuegos.
- Anquise, R., 2016. *Respuesta a la adaptación y rendimiento de tres variedades de sandía (Citrullus lanatus L.) en el valle de San Gabán – Puno.*, Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Arias Herrera , J. F., 2016. *Adaptación de la metodología de desarrollo de software scrum a equipos de un solo programador. Caso: departamento de sistemas de la cooperativa de ahorro y crédito andina ITDA*, Latacunga: Universidad Técnica De Cotopaxi.
- Arozarena, N., 2003. Fertilidad y manejo del suelo: bases para la agricultura orgánica. Rotación de cultivos. En: *Manual de agricultura orgánica sostenible..* La Habana: INIFAT, pp. 13 - 14.
- Arzola, N. & Machado, J., 2015. La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción. *Centro Agrícola*, 42(2), pp. 33-38.
- Barrios, E., 2019. *DEV*. [En línea]
Available at: <https://dev.to/ebarrioscode/patron-repositorio-repository-pattern-y-unidad-de-trabajo-unit-of-work-en-asp-net-core-webapi-3-0-5goj>
[Último acceso: 4 Febrero 2020].
- Barrios, L., 2013. *Respuestas del Lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinnery) a la alcalinidad en agua de riego con niveles suplementarios de calcio*, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Bautista, F., Gallegos, M. & Álvarez, O., 2015. *La evaluación automatizada de las funciones ambientales del suelo con base en datos de perfiles*. Primera ed. Distrito Federal de México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Benitez Lavado, J. J., 2019. *Aplicación web en la gestión documentaria del área de admisión de la Universidad Privada del Norte*, Trujillo: Universidad Privada del Norte.

- Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M. & Rodríguez, O., 2015. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de Murgas. *Cultivos Tropicales*, 36 (2), pp. 30-40.
- Bernal, A. y otros, 2014. Evaluación de materiales encalantes y orgánicos sobre las bases intercambiables de un suelo sulfatado ácido en Invernadero.. *Temas Agrarios*, 19(1), p. 19– 31.
- Blanco González, L. Y., 2019. *Sistema web para la gestión de los Programas de Formación Doctoral*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Blanco, L., 2017. Informatización y dirección de empresas en Cuba: evolución y desafíos. *COFIN*, 11(1), pp. 1-13.
- Blandón, R. & Peralta, I., 2016. *Comportamiento agronómico de cuatro variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) evaluadas preliminarmente en siete localidades del municipio de Matagalpa, en dos ciclos agrícolas, postrera 2013 primera 2014.*, Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Boshell, J., 2013. *Desarrollo de una función agroclimática para estimar la productividad de los cultivos agrícolas en Colombia. (CEPAL - Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 147)*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Campuzano-Duque, L., Caicedo-Guerrero, S. & Guevara-Agudelo, J., 2015. Determinación de atributos en genotipos de algodón (*Gossypium Hirsutum L.*) en la rotación maíz-soya asociados a suelos ácidos mejorados de la altillanura colombiana. *Corpoica Ciencias Tecnológicas Agropecuarias*, 16(2), p. 251–263.
- Capó Vicedo, J. & Giménez-Morera, A., 2018. El uso de metodologías activas en el aula: Aplicación de la metodología Scrum. *INNODOCT*, Noviembre, 14(16), pp. 703-710.
- Carpenter, J. & Bithell, J., 2015. *Bootstrap confidence intervals: when, which, what?. A practical guide for medical statisticians*. s.l.:Statistics in medicine.
- Carrión Abollaneda, V. H., 2015. *Desarrollo de una aplicación web basada en el modelo vista controlador para la gestión de las historias clínicas de los pacientes en el centro de salud de San Jerónimo*, Andahuaylas: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Castillo Vidal, L., 2018. Resultados preliminares más significativos tras cuatro años de aplicación de la metodología SCRUM en las prácticas de laboratorio. *ReVisión*, Enero, 11(1), pp. 53-64.
- Castillo, S., 2014. *Adaptabilidad y nutrición del cultivo de ají Páprika (Capsicum annum L. varlongum) en la granja Santa Inés*, El Oro: Universidad Técnica de Machala.
- Cattaneo, R., Gatti, I. & Cointry, E., 2015. Evaluación de la estabilidad y adaptabilidad de la variable rendimiento de 23 variedades de *Pisum sativum L.* A partir de diferentes metodologías. *Ciencias Agronómicas*, 25(15), p. 27 – 32.
- Chamorro, A., Golik, S., Bezus, R. & Pellegrini, A., 2015. Análisis energético de cuatro secuencias de cultivo en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 32(1), pp. 177-187.

- Choque, F., 2013. *Clasificación de suelos según la aptitud de riego en la comunidad de Cebollullo (Municipio de Palca – La Paz)*, La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Chuquitarco, P., 2015. *Evaluación de la adaptabilidad de seis variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) mediante el apoyo de investigación participativa en las localidades El Chan y San Ramon del Canton Latacunga, Cotopaxi.*, Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Consejo de Estado, 2018. Decreto-Ley No. 358/2018 (GOC-2018-504-EX39). *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 7 Agosto, Issue 37, pp. 721-726.
- Da Silva, V. y otros, 2013. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. *Agricultural Water Management*, Volumen 128, pp. 102 - 109.
- Delegación de la Agricultura de Matanzas, 2020. *Registro Estadístico: Modelos 3361 Índices Seleccionados de la Agricultura no Cañera*. Matanzas, Matanzas: Editorial MINAG..
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA), 1999. *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Washington: USDA.
- Departamento de Estudios Básicos de Suelos, 2014. *Manual de descripción, muestreo de suelos y análisis de laboratorio*. Montevideo: MGAP-RENARE.
- Díaz Ortiz , J. J. & Romero Suárez , M. A., 2017. *Desarrollo e implementación de un aplicativo web, utilizando la metodología scrum, para mejorar el proceso de atención al cliente en la empresa Z Aditivos s.a*, Lima: Universidad Autónoma del Perú.
- Díaz, G., Hernández, T. & Cabello, R. , 2004. Reseña bibliográfica. La rotación de cultivos, un camino a la sostenibilidad de la producción arrocerá. *Cultivos Tropicales*, 25(3), pp. 19 - 44.
- Díaz, A., 2014. *Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (Coffea arábica L. var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y la Unión – Nariño, pertenecientes al ecotopo E – 220 A*, Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- Díaz, E., Anaya, M. & De la Rosa, D., 2011. Modelos de evaluación agroecológica de tierras: Erosión y contaminación en el entorno MicroLEIS.. *Teoría y Praxis*, Volumen 9, p. 91 – 107.
- Egido González, M., 2018. *Aplicación para la gestión y uso de escalas de evaluación en el ámbito sanitario*, Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Espinosa, K., 2014. *Adaptabilidad y producción de cuatro variedades de fréjol andino (Phaseolus vulgaris L.), en El Cantón La Maná, 2014*, Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Espinoza Mina, M. A., 2018. Comparación de usabilidad y complejidad de frameworks: symfony, cakephp y zend framework. *Espíritu Emprendedor TES*, Julio-Septiembre, 2(3), pp. 34-53.
- Evans, E., 2015. *Domain-Driven Design Reference. Definitions and Pattern Summaries*. s.l.:Domain Language.

- Falcón, M., Vargas, H., Torres, F. & Herrera, L., 2014. Evaluación del conflicto de uso agrícola de las tierras a partir de su aptitud física como contribución a la explotación sostenible. *Cultivos Tropicales*, 35 (4), p. 13 – 18.
- FAO, 2016. *Ahorrar para crecer en la práctica. Maíz, arroz y trigo. Guía para la producción sostenible de cereales*. Roma: FAO.
- Figueredo, L. y otros, 2012. Distribución espacio temporal de ninfas de *Aeneolamia varia* Fabricius (1987) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Entomotrópica*, 21 (1), pp. 7-18.
- Florido, R., Mesa, M., Pavón, M. & Medero, H., 2015. Sitio web para la gestión de información y conocimiento entre miembros de la comunidad citrícola que integra la Red Interamericana de Cítricos (RIAC). *Cultivos Tropicales*, 36(2), pp. 7-12.
- Font, L. y otros, 2014. Sistema informatizado de suelo en la gestión de la agricultura frente al cambio climático. *Agrisost*, 21 (1), pp. 1-8.
- Fotache, M. & Strimbei, C., 2016. *SQL and data analysis. Some implications for data analysis and higher education*. s.l.:ELSEVIER.
- Fountas, S. C. y otros, 2015. Farm management information systems: current situation and future perspectives. *Comput Electron Agric*, Volumen 115, pp. 40-50.
- Freire, H., 2015. *Diseño de un programa de análisis causa raíz (acr) para el tratamiento de productos no conformes en una planta química*. Quito: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Fuentes, M. & Águila, M., 2016. Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera “San Juan” del municipio Cienfuegos. *Científica Agroecosistemas*, 4(1), pp. 30-37.
- Galileo, 2018. *Galileo*. [En línea]
Available at: <http://elearningmasters.galileo.edu/2018/05/04/html5-en-cursos-virtuales/>
[Último acceso: 2019 Enero 6].
- Gallegos, Á., Bautista, F. & Álvarez, O., 2014. Software para la evaluación de las funciones ambientales de los suelos (Assofu). *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20 (2-9), pp. 237-249.
- Gamma, E., 2016. *Visual Studio Code Tips & Tricks*. Zurich: Microsoft Deutschland GmbH.
- García, L. , 2015. *Portal Web educativo para el desarrollo de habilidades comunicativas en el idioma inglés*. La Habana: Universidad de Ciencias Informáticas.
- García, M., Medina, E. & Villafañe, R., 2009. Acumulación de iones y solutos orgánicos en hojas de plantas de caña de azúcar cultivadas en dos tabloneros comerciales afectados por sales. *Bioagro*, 21 (2), pp. 87-89.
- García, R. y otros, 2015. Diagnóstico fitosanitario y recomendaciones de manejo agroecológico de plagas en comunas de las provincias de Guayas y Santa Elena. *CUMBRES*, 1(1), p. 17 – 22..

- García, Y., Ramírez, W. & Sánchez, S., 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), pp. 125-138.
- Gómez, O. & Fornos, M., 2016. *Comportamiento agronómico y adaptabilidad de cuatro cultivares de maíz (Zea mays L.) en nueve localidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa, postrera 2013*, Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Gómez, P., 1986. Informática y toma de decisiones en la agricultura.. *Estudios Agro-Sociales*, Issue 137 – Extra, pp. 147 -154.
- Gonçalves, I. y otros, 2011. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. *Ciência Agrônôm.* , 42 (3), pp. 589-596.
- Gonzales Gonzales, C. E., 2020. *Una revisión de los patrones de diseño de software aplicado a las aplicaciones web*, Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- González Sajiúm, D. & Marcano De La Rosa, J., 2019. Integrando el Scrum a la planificación de proyectos por cadena crítica. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, julio-diciembre, 2(2), pp. 81-130.
- González, J., Francisco, E. & Foster, W., 2002. Nivel y variabilidad del beneficio económico de rotaciones para la Cordillera Andina de la Región del Bio-Bio. *Agricultura Técnica*, Volumen 62, pp. 439-449.
- González, J., Undurraga, P., Hirzel, J. & Martínez, I., 2013. Economic evaluation of a crop rotation portfolio for irrigated farms in central Chile. *CHILEANJAR*, 73 (3), pp. 1-16.
- Gress Roldan, M. & Ahuatzí Reyes, D. L., 2016. Proceso de llenado de Autoevaluación para un Programa Educativo de Tecnologías de Información mediante la metodología ágil SCRUM. *CONAIC*, 3(2), pp. 78-83.
- Gupta, S., 2016. Enhanced XSS Defensive Framework for Web Applications Deployed in the Virtual Machines of Cloud Computing Environment. *Procedia Technology*, Volumen 24, pp. 1595-1602.
- Gutiérrez, E., Gutiérrez, M. & Ortiz, C., 2015. Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (1), pp. 201-215.
- Hernández, A. y otros, 2006. *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo*. Primera ed. La Habana: INCA.
- Hernández, C. y otros, 2015 a. Evaluación de manejo conservacionista en suelo Pardo Grisáceo. *Centro Agrícola*, 42(3), pp. 25-33.
- Hernández, N. & Soto, F., 2012. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays L.*). *Cultivos Tropicales*, 33 (1), p. 28 – 34.
- Hernández, N. & Soto, F., 2013. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34 (2), pp. 24 - 29.
- Hernández, N. y otros, 2016. Utilización de un modelo de simulación para la predicción del comportamiento de algunos cereales en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales.*, 37 (1), pp. 78-84.

- Hernández, N., Soto, F. & Plana, R., 2015 b. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 36(1), p. 86 – 92.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M., 2010. *Metodología de la investigación*. Quinta ed. Distrito Federal de México: McGraw-Hill-Interamericana.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2014. *La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible*. San José: IICA.
- Jarquín, A. & Vega, L., 2013. *Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en tres localidades de San Ramón, Matagalpa, postrera 2012.*, Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Jatoo, J., Yiridoe, E., Weersink, A. & Clark, S., 2008. Economic and environmental impacts of introducing land use policies and rotations on Prince Edwards Island potato farms. *Land Use Policy*, Volumen 25, pp. 309-319.
- Jordán, A., 2005. *Manual de edafología*. Sevilla: Departamento de cristalografía, mineralogía y química agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Juca, K., 2017. *Variación de la capacidad tampón en suelos ácidos de origen aluvial y piedemonte costero en la provincia de el oro*, Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Kelly Ferreira, H. & Donizete Zuchi, J., 2018. Análise comparativa entre frameworks frontend baseados em javascript para aplicações web. *Interface Tecnológica*, pp. 111-123.
- Kyriakidis, A., Maniatis, K. & You, E., 2016. *The Majesty of Vue.js*. Primera ed. s.l.:Leanpub.
- Lara Sobrino, J. d. J., 2019. *Aplicación web para la gestión de solicitudes de almacén en la Dirección Provincial de Bufetes Colectivo Matanzas*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Leonard, D., 1981. El medioambiente agrícola. En: M. Chakroff & N. Dybus, eds. *Cultivos tradicionales*. Washington: Cuerpo de Paz, pp. 14-30.
- León, P. & Ravelo, R., 2010. *Fitotecnia general. Aplicada a las condiciones tropicales*. La Habana: Félix Varela.
- Leyva Remón, A., 2015. *Cuba: acceso a la tierra, políticas públicas y nuevos campesinos usufructuarios*. Granma: Universidad de Granma.
- López, A., 2014. *Estudio agroecológico comparativo y de rendimiento del cultivo de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) en cuatro niveles de altitud en el municipio de San Juan Tabaá, Villa Alta, Oaxaca, Coahuila*: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- López-Bellido, R., 2006. *Efecto del laboreo en el desarrollo del sistema radicular del trigo, habas, garbanzos y girasol en un vertisol de seco*, Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Lora Cabrera, D. y otros, 2017. La informatización en la gestión de los servicios. *Ingeniería Agrícola*, Julio-Agosto-Septiembre, 7(3), pp. 36-44.

- Loscalzo, J., 2018. *Medium*. [En línea]
Available at: <https://medium.com/@jonathanloscalzo/domain-driven-design-principios-beneficios-y-elementos-primer-parte-aad90f30aa35>
[Último acceso: 25 Mayo 2020].
- Maqueira, L. y otros, 2016. Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 37 (1), pp. 65-70.
- Martín, R. y otros, 2016. Impacto de diferentes sistemas de laboreo en la fisiología de la nutrición del trigo (*Triticum durum* L.). *Cultivos Tropicales*, 37 (1), pp. 85-90.
- Martín, R. & Mompíe, J., 2015. Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 36(1), p. 93 – 97.
- Martin, S. & Hanks, J., 2009. Economic analysis of no tillage and minimum tillage cotton-corn rotations in the Mississippi Delta. *Soil and Tillage Research*, Volumen 102, pp. 135-137.
- Martos, M., 2018. *Manual de CSS*. s.l.:s.n.
- Mendoza, D. & Baquero, L., 2016. *Extensión de la herramienta Visual Paradigm for UML para la evaluación y corrección de Diagramas de Casos de Uso*. La Habana: s.n.
- Mesa Pedroso, K., 2019. *Sistema Web para facilitar el desarrollo de funcionalidades de la Federación Estudiantil Universitaria (FEU) y la Unión de Jóvenes Comunistas (UJC) en la sede de la Universidad de Matanzas, Camilo Cienfuegos*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Meyer, E. A. & Weyl, E., 2018. *CSS: The Definitive Guide*. Fourth Edition ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc..
- Meza, N. y otros, 2013. Crecimiento y producción de variedades de papa en cuencas, municipio Urdaneta del estado trujillo, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 63 (3-4), pp. 177-183.
- Microsoft, 2018. *Microsoft SQL Server 2019 Technical white paper*. s.l.:Microsoft Corporation.
- Millett, S. & Tune, N., 2015. *Patterns, Principles, and Practices of Domain-Driven Design*. Indianapolis: Wrox.
- Milovic, L., Zamora, R. & Santibáñez, F., 2013. Consecuencias de cambios en las variables de temperatura y precipitación para una pequeña comunidad agrícola de la región de Coquimbo, Chile. *Geografía Espacios*, 3 (5), pp. 43 - 53.
- Moradpoor Sheykhkanloo, N., 2015. A Pattern Recognition Neural Network Model for Detection and Classification of SQL Injection Attacks. *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 9(6), pp. 1443-1453.
- Morell, F., López, D. & Hernández, A., 2008. Finca La Rosita. II: Factores limitantes de los suelos. *Cultivos Tropicales*, 29(2), pp. 17-20.

- MTSS, 2005 a. *Resolución No. 108 Calificador de cargos técnicos. Vig. Diciembre 2005.* La Habana: MTSS.
- MTSS, 2005 b. *Resolución No. 30 Escala salarial. Vig. Noviembre 2005.* La Habana: MTSS.
- Muñiz, O., 2015. 50 Aniversario del Instituto de Suelos de Cuba.. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 5 (2), pp. 1- 9.
- Narváez, H., Combatt, E. & Bustamante, I., 2014. Distribución espacial de la salinidad en suelos del área de influencia de la desembocadura del río Sinú (Córdoba, Colombia). *U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 17(2), pp. 433-443.
- Núñez, D., 2007. *Sistemas alternativos de producción agrícola*, Matanzas: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, 2019. *Potenciales efectos de la agricultura digital sobre el mercado laboral agropecuario.*, Santiago de Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura.
- Orejuela Morales , E., Restrepo Ríos , T. J., Rojas Lara , D. R. & Abuchar Porras , A., 2019. El traje nuevo del Emperador: la metodología de desarrollo SCRUM. ¿Por qué falla en proyectos de software?. *Avenir*, 3(1), pp. 28-31.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013. *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*. Roma: FAO.
- Ortez, O. & Zavala, A., 2014. *Efecto de enclavamiento y fertilización en dos suelos con cultivo de café, Las Manos, Nueva Segovia, Nicaragua.*, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Ortiz, J., Delgadillo, J., Rodríguez, M. & Calderón, G., 2016. Inoculación bacteriana en el crecimiento y calidad del fruto de cinco variedades de fresa en suelos con pH contrastante. *Terra Latinoamericana*, 34(2), pp. 177-185.
- Otero, L. y otros, 2011. Salinidad del suelo: un problema que incumbe a todos. *Agricultura Orgánica*, 17 (1), pp. 33 - 34.
- Otero, L. y otros, 2013. Modificación al método Schatchabell para la determinación de las bases intercambiables en suelos con salinidad. *Cultivos Tropicales*, 34 (4), pp. 20 - 23.
- Padrón González , A., 2019. *Aplicación web para la solicitud de artículos para los clientes de LaBiofam en Matanzas*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Padrón, W., Marín, L., Mesa, J. & Yero, Y. y. L. D., 2006. *Implementación del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el municipio Rodas. La percepción de los agricultores y su implicación para las acciones de extensión agraria*, Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Paniagua González, P. C., 2017. *Estudio sobre la administración efectiva de proyectos de software, utilizando la metodología scrum, dirigido a empresas de sistemas*, San Carlos: Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Parra, C. y. M. J., 2014. Dinámica ambiental y económica en la localidad de Puente Aranda en Bogotá. *Bioética*, 14(2), pp. 28-37.
- Pastor, J., 2014. *Efecto del uso del vermicompost para la biorremediación de suelos salino-sódicos del estado Falcón.*, Barquisimeto: Universidad Yacambú.
- Pastor, M., Martínez, A. & Rivas, W., 2014. Degradación química de suelos agrícolas en la península de Paraguaná, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, 44 (1), pp. 22-28.
- Peña Daniel, L. A., 2019. *Sistema para la gestión del plan de capacitación de la empresa de perforación y reparación capital de pozos de petróleo y gas*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Pérez, A., Milla, M. & Mesa, M., 2006. Impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura.. *Cultivos Tropicales*, 27(1), pp. 11 - 17.
- Pérez, J., 2018. *Introducción a JavaScript*. s.l.:s.n.
- Pérez, L., 2016. *Rol de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro de un Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo a nivel cantonal con un enfoque geo-administrativo*, Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Pérez, L. y otros, 2014. Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el estado de México, México. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), pp. 265-278.
- Pérez, N. & Vázquez, L., 2001. Manejo ecológico de plagas. En: F. Funes, L. García, N. Pérez & P. Rosset, edits. *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible.*. La Habana: ACTAF, pp. 191 - 223.
- Pérez, R., Ramírez, M. & Ponce, L., 2013. Evaluación agroproductiva de los suelos de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Elpidio Gómez” de Palmira. *Universidad y Sociedad*, 5(3), p. 35 – 42..
- Pernús, M. & Sánchez, J., 2015. Salinidad en Cuba y tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas. *Pastos y Forrajes*, 38 (4), pp. 379-392.
- Perucca, S. & Kurtz, D., 2016. Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Agrotecnia*, Volumen 24, pp. 11-16.
- Picado Corao , F. & Pérez Vanegas, M., 2019. Impacto del uso de patrones de diseño en la industria del software en Costa Rica. *Tecnología Vital*, Julio – Diciembre , 2(6), pp. 44-51.
- Porta, J., López, M. & Poch, R., 2008. *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo. 2da Edición.* . . p.. Segunda ed. Madrid: Mundi-Prensa.
- Quelal Enríquez , D. A., 2019. *Desarrollo del sistema académico aplicando la herramienta Asp.Net Core 2 para la escuela Eufrasia Pelletier*, Ibarra: Universidad Técnica Del Norte.
- Quintana-Blanco, W., Pinzón-Sandoval, E. & Torres, D., 2016. Evaluación del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cv ICA Cerinza, bajo estrés salino. *U.D.C.A Act. & Div. Cient.* , 19 (1), pp. 87-95.
- Quishpe Morocho, J. Y. & Raura Albanil, L. E., 2015. s.l.: Universidad Técnica De Cotopaxi.

- Raj, P., Singh, V. & Chelladurai, J. S., 2015. *Learning Docker. Optimize the power of Docker to run your applications quickly and easily*. s.l.:Packt Publishing.
- Ramírez, J. y otros, 2015. Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus* Jacq. *Pastos y Forrajes*, 38(4), pp. 393-402.
- Ramírez, J. y otros, 2016. Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(3), pp. 655-667.
- Ramírez, M., Urdaneta, A. & Pérez, E., 2017. Germinación del guayabo tipo “Criolla Roja” bajo condiciones de salinidad por cloruro de sodio. *Bioagro*, 29(1), pp. 65-70.
- Ramón, A., Martínez, L., Suárez, C. & Salinas, E., 2017. La determinación de potencialidades agropecuarias y silvícolas en zonas de montaña: municipio Tercer Frente, Cuba. *Cuadernos de Geografía: Colombiana de Geografía*, 26 (1), pp. 65-75.
- Rey Guevara, C. F., 2017. *Estudio de la efectividad de la aplicación de la metodología ágil de desarrollo Scrum*, s.l.: Universidad Tecnológica Israel.
- Reynoso, C. y otros, 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México.. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), pp. 871-882.
- Rico Rodríguez, F. D., 2019. *Videojuego serio para ejercitar el inglés*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Rocha Stopa, G. & Lana Rachid, C., 2019. Scrum: Metodología ágil como herramienta de gerenciamiento de proyectos. *CES*, 33(1), pp. 302-323.
- Rodríguez, A. y otros, 2011. *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. Sexta ed. La Habana: ACTAF.
- Rodríguez, C. & Dorado, R., 2015. Porque implementar Scrum?. *Ontare*, Junio, pp. 125-144.
- Rodríguez, R., 2017. *La rotación de cultivos como una técnica para el control limpio y eficiente de malezas*, Machala: Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias.
- Rodríguez, R., Herrera, J. & Herrera, J., 2016. Phosphoric and potassic fertilization of Yuca (*Manihot Sculenta* Crantz) in crop rotation. *Universidad & Ciencia*, 5 (2), pp. 1-12.
- Roth, D., Anderson, R. & Luttin, S., 2019. *Microsoft*. [En línea]
Available at: <https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/core/?view=aspnetcore-3.1>
[Último acceso: 21 Enero 2020].
- Rubio, M. Á., 2019. Innovación y desarrollo sostenible: el papel de las TIC en la agricultura del medio rural remoto. *DELOS*, Diciembre, 12(35), pp. 1-25.
- Ruiz, F. y otros, 2008. Agroclimatic factor influences in the basil productivity (*Ocimum basilicum* L.) in an arid area of Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (1), pp. 44 - 47.

- Ruiz, J. & Rivera, O., 2016. *Adaptabilidad y estabilidad de cuatro variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en seis localidades de San Dionisio, Matagalpa, en dos ciclos agrícolas, postrera 2013 y primera 2014.*, Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Saharawat, Y. y otros, 2010. Evaluation of alternative tillage and crop establishment methods in a rice-wheat rotation in North Western IGP. *Field Crops Research*, Volumen 116, pp. 260-267.
- Saidu Aliero, M., Aliyu Ardo, A., Ghani, I. & Atiku, M., 2016. Classification of Sql Injection Detection And Prevention Measure. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, February, 6(2), pp. 6-17.
- Sánchez, M. y otros, 2016. *Arquitectura Software Basada en Tecnologías Smart para Agricultura de Precisión*, Cáceres: Universidad de Extremadura.
- Santillán , O. & Rentería Rodríguez, M. E., 2018. Agricultura de Precisión. *INCYTU*, Abril, Issue 015, pp. 1-5.
- Sarandón, S. & Flores, C., 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Primera ed. Buenos Aires: Edulp.
- Scarlato, M. y otros, 2017. Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en el sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), pp. 43-57.
- Schwaber, K. & Sutherland, J., 2016. *The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. s.l.:Org and ScrumInc.
- Scull Echeverría , L., 2018. *Sistema Informático para la gestión de los procesos de Órdenes de Trabajos en la Asociación Económica Internacional Aguas Varadero*, Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Shahzad, K., 2018. *C# Corner*. [En línea]
Available at: <https://www.c-sharpcorner.com/article/command-mediator-pattern-in-asp-net-core-using-mediator2/>
[Último acceso: 31 Diciembre 2019].
- Shrivastava, P. & Kumar, R., 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi J. Biol. Sci.*, Volumen 22, pp. 123-131.
- Singh, P., Thevar, K., Shetty, P. & Shaikh, B., 2015. Detection of SQL Injection and XSS Vulnerability in Web Application. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, Marzo, 2(3), pp. 16-21.
- Soto Flores , S. A., Pérez Duarte , C. J. & Rivera Martínez , A. J., 2016. *Desarrollo de un sistema web para la gestión de expedientes clínicos, generados por las consultas ambulatorias que brindan los médicos que laboran de manera privada en la ciudad de Juigalpa, Chontales en el año 2015.*, Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Sotolongo Alonso, K., 2018. *Sistema informático para la tramitación de documentos en la Secretaría General de la Universidad de Matanzas*, Matanzas: Universidad de Matanzas.

- Suárez, J., Rodríguez, E. & Duran, E., 2015. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. *Acta Agronómica*, 64 (4), pp. 342-348.
- Suaza J., J. H. & Serna M., E., 2015. *La importancia de documentar la Elicitación de Requisitos*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Suchini, J., Taleno, S. & Soto, G., 2017. *Manual para el establecimiento y manejo agroecológico de patios y huertos comunitarios*. Primera ed. Turrialba: CATIE.
- Torres Atochero, A., 2018. *Desarrollo de una aplicación M.E.A.N. para créditos al consumo*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Valencia A., D. G., 2018. *Análisis de frameworks de desarrollo de api REST y su impacto en el rendimiento de aplicaciones web con arquitectura SPA*, Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Valerio, M., Rendón, R., Toledo, J. & Díaz, J., 2016. Adopción de prácticas de agricultura de conservación en Tlaxcala, México. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Volumen 15, pp. 3103-3113.
- Valle, S. y otros, 2014. Efecto de la precipitación en la incidencia del salivazo (*Mahanarva andigena* J.) en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Granma Ciencia*, 18 (3), p. 1 – 10.
- Vargas, H. & Ponce, D., 2008. Evaluación de la aptitud de las tierras del municipio San José de las Lajas para las clases generales de uso agrícola y ganadero. I. Aptitud física. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (4), pp. 64 - 68.
- Vázquez, L., 2010. Manejo plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario*, 15 (1), pp. 28 - 37.
- Vázquez, L., Matienzo, Y., Veitía, M. & Alfonso, J., 2008. *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. La Habana: CIDISAV.
- Vega, S. y otros, 2009. *Nueva tecnología de evaluación agroproductiva de los suelos*, Matanzas: Laboratorio Provincial de Suelos.
- Verhulst, N., François, I. & Govaerts, B., 2015 . *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?*. Distrito Federal de México: CIMMYT.
- Vidal, C. y otros, 2012. *Guía metodológica para la priorización de proyectos: Un enfoque aplicado a la infraestructura, la logística y la conectividad*. 1era Edición. ed. Santiago de Cali: s.n.
- Villalva Castañeda, L. A., 2017. *Aplicación de Scrum en el desarrollo de software en TeamSoft S.A.C.*, Lima: Universidad César Vallejo.
- Vite, M., 2015. *Estudio fenológico y adaptabilidad del cultivo de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L. 1,753), en el Valle del Medio Piura - Dpto. Piura – Perú*, Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Wade, 2019. *.NetCore Tutorials*. [En línea]
Available at: <https://dotnetcoretutorials.com/2019/04/30/the-mediator-pattern-in-net-core-part-1-whats-a->

mediator/

[Último acceso: 31 Diciembre 2019].

Wilson, P., Gibbons, J. & Ramsden, S., 2003. The impact of cereal prices and policy on crop rotations and supply response. *Agricultural Economics*, Volumen 54, pp. 313-323.

Xiao, G. y otros, 2007. Effects of temperatura increase on use and crop yields in a pea-spring wheat-potato rotation. *Agricultural Water Management*, Volumen 91, pp. 86 - 91.

Xi, S. & Chu, B., 2016. *Herramienta de optimización y filtrado de búsquedas de internet*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Yanes De la Cruz , A., 2019. *Activate, sistema para la difusion de eventos*, Matanzas: Universidad de Matanzas.

Yong, A., Crespo, A., Benítez, B. & Pavón, M. y. A. G., 2016. Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, Municipio La Palma.. *Cultivos Tropicales*, 37(3), pp. 15-21.

Zentner, R. y otros, 2002. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian prairies. *Agronomy*, Volumen 94, pp. 216-230.

Zhu, J., Bie, Z., Huang, Y. & Han, X., 2008. Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54 (6), pp. 895 - 902.

8. ANEXOS.

Anexo 1. Descripción del proceso de diseño de una rotación de cultivos.

El análisis para determinar una adecuada rotación se divide en cuatro grupos de elementos técnicos y sus variantes de manejo que se describen a continuación:

Grupo 1. Modelo de funcionamiento de los principios:

Cada uno de los principios permite restringir la lista de cultivos y sus variedades que se trabajara en cada sucesión, mediante una eliminación por comparación con la información de cada variedad con la anterior.

El trabajo debe seguir los siguientes preceptos:

1. Dos cultivos de la misma familia no rotan entre sí.
2. Los cultivos esquilmanes no pueden estar en sucesión. Los mejoradores y normales, pueden rotar entre sí y con los esquilmanes.
3. Los cultivos ensuciadores no pueden rotar entre sí. Los limpiadores y ahogantes, pueden rotar entre sí y con los ensuciadores.
4. Los cultivos con igual requerimiento nutricional más demandado no pueden estar en sucesión.
5. Los cultivos de igual tipo de sistema radicular (profundidad radicular) no pueden rotar entre sí.
6. Cultivos con alguna plaga primaria en común no pueden sucederse en una rotación. Exceptuado los casos que por su grado de resistencia se admita.

Variedades inmunes o resistentes a una determinada plaga pueden rotar entre sí. Variedades tolerantes o susceptibles no pueden rotar entre sí, pero si con las inmunes y las resistentes.

7. Cultivos con alguna plaga secundaria en común no pueden sucederse en una rotación.

Pasos del proceso de rotación de cultivos

Grupo 2. Determinar la situación actual del área: Este elemento define el precedente de rotación, el área en barbecho refiere que el área se encuentra en reposo, por lo que no se considera restricción alguna referente a una variedad antecesora. Debe definirse la fecha de siembra de la primera variedad de la rotación.

Grupo 3. Definir el modelo de rotación: Se puede seleccionar entre dos variantes: ciclo cerrado y ciclo abierto, la primera se refiere a la rotación de cultivos restringida a un año agrícola, que puede iniciar en cualquier mes del año y se culmina una vez vencido los 12 meses; la segunda no se restringe a un año agrícola, puede iniciar en cualquier mes del año y debe definirse la duración en años hasta su culminación.

Si se seleccionara la opción de ciclo abierto, no se considera la existencia de un cultivo principal, este elemento solo se valora cuando la variante a diseñar sea la de ciclo cerrado.

Grupo 4. Época de siembra. La época de siembra presenta dos opciones: óptima para todos los cultivos y normal para todos.

Variante: Se emplea al seleccionarse alguna de las opciones de época de siembra para la primera variedad, y se define si en sus rangos (Ej: 15 nov – 30 enero) incluyen la fecha de siembra antes definida.

Esquema de funcionamiento:

Cada vez que se agregue una variedad se registra en una tabla, el tiempo empleado en la rotación, el restante y la cantidad de variedades, este proceso se debe repetir hasta que concluya el tiempo definido para la rotación. Se puede agregar variedades hasta que se concluya el tiempo límite de la rotación.

Responde a las siguientes variantes:

Para agregar el primer cultivo de la rotación, solo se debe analizar que las variedades cumplan con la fecha de siembra establecida en la situación precedente. Para agregar el segundo cultivo, debe definirse antes, el tiempo de preparación de suelos de la variedad precedente, a continuación, se debe analizar y filtrar las variedades a emplear acorde a los factores seleccionados del modelo de principios de la rotación respecto a la variedad anterior, posterior a esto, se debe verificar que sus fechas de siembra (se considera el tiempo de preparación de suelo) y seleccionar una de estas para agregarla a la rotación.

Anexo 2. Cuadro comparativo de los sistemas informáticos de adecuación de cultivos.

Nombre	Entorno	Sistema operativo	Tecnología	Tipo de licencia	Año	País	Requerimiento de conectividad	Objetivo de trabajo	Profundidad en tema de adaptabilidad	Factores evaluados	Ámbito de trabajo	Adecuación para Cuba
Foráneos												
ALES	Escritorio	DOS Windows 32-bit	Framework/Guidelines	Dominio público	1976	Alemania	No	Evaluación de tierras	Profesional	10	Empresas agrícolas y de medio ambiente	General
MicroLEIS	Escritorio, Web (Multiplataforma) y SIG	Todos	Visual Basic y PHP	Dominio público	1990-2004	España	Si	Toma de decisiones en los ámbitos agrícola, ambiental y ecológico		25		Poco compatible, diseñado solo para cultivos de la región mediterránea
Assofu	Escritorio	Windows XP o versiones posteriores	Visual Basic 2008 Express, .NET framework 3.5 SP1, SQL Server 2008 Express	Comercial	2015	Mexico	No	Evaluación de propiedades de los perfiles de suelos		9		General
Nacionales												
Agro 24	Escritorio	MS-DOS, Windows XP	-	Dominio público	1993	Cuba	No	Agroproductividad	Profesional, con recomendación de rendimientos	17	Empresas agrícolas	Específico
SIDS	Web (Multiplataforma)	Windows XP	Visual Basic 6.0, Microsoft Access 2003, Controlador MySQL ODBC 5.1, Xampp-win32- 1.6.7 y MapInfo versión 9.0.	Comercial	2013	Cuba	Si	Evaluación de fertilidad y calidad de suelos	Medio, no especializado	-		Específico

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Cuadro comparativo de los sistemas informáticos de rotación de cultivos.

Nombre	Entorno	Sistema operativo	Tecnología	Tipo de licencia	Año	País	Requerimiento de conectividad	Base de trabajo	Objetivo de trabajo	Profundidad en tema de rotaciones	Cantidad de principios que puede evaluar	Ámbito de trabajo	Adecuación para Cuba
Foráneos													
KGP	Web	Todos	-	Comercial (No autorizado para Cuba)	2010	EE.UU.	Sí	A nivel general de los cultivos	Proponer rotaciones	Bajo, un nivel muy básico	3	Huertos (Solo vegetales)	General
Vegetable Garden Planner	Web	Todos	Adobe Flash Player	Comercial	2018	EE.UU.	Sí		Proponer rotaciones	Medio, con recomendaciones para los cultivos	3	Huertos (Solo vegetales)	
KGA 1.5.3	Escritorio	Windows	Java 8	Dominio público	2010	EE.UU.	No		Organizar y planificar las rotaciones	Medio, con seguimiento por años	3	Huertos (Solo vegetales)	
Programa de diseño de rotaciones hortícolas	Escritorio	Windows	Visual Basic v6	Dominio público	2010	España	No		Planificar las rotaciones	Profesional, con recomendaciones de planificación	5	Huertos (Solo vegetales)	
Nacionales													
Roca	Escritorio	MS-DOS versión 3.3 ó superiores.	TURBO PASCAL versión 5.0	Comercial	1985	Cuba	No	A nivel general de los cultivos	Planificar las rotaciones	Profesional, con análisis económica	5	Empresas agrícolas (Todos los cultivos)	Específico

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Evaluación de indicadores.

Profundidad Efectiva (cm)	Mín.	Máx.		Valor T (cmol.kg ⁻¹)	Mín.	Máx.
Muy profundo	> 150	-		Muy alto	> 50	-
Profundo	91	150		Alto	31	50
Medianamente profundo	51	90		Mediano	21	30
Poco profundo	25	50		Bajo	10	20
Muy poco profundo	-	< 25		Muy bajo	-	< 10
Contenido de Gravas (%)	Mín.	Máx.		Salinidad (dS.m ⁻¹)	Mín.	Máx.
Muy fuerte graviliosidad	> 90	-		No salino	-	< 0,98
Fuerte graviliosidad	51	90		Muy ligeramente salino	0,98	1,71
Mediana graviliosidad	16	50		Ligeramente salino	1,72	3,16
Poca graviliosidad	2	15		Moderadamente salino	3,17	6,07
Muy poca graviliosidad	-	< 2		Fuertemente salino	> 6,07	-
Contenido de Piedras (%)	Mín.	Máx.		Altitud (msnm)	Mín.	Máx.
Excesiva	16	90		Muy montañoso	> 1 600	-
Muy pedregoso	4	15		Montañoso	601	1 600
Pedregoso	0,2	3		Medianamente montañoso	200	600
Moderadamente pedregoso	0,01	0,1		Poco montañoso	-	< 200
Contenido de Rocas (%)	Mín.	Máx.		Pendiente predominante (%)	Mín.	Máx.
Extremadamente rocoso	> 50	100		Muy llano	-	< 0,5
Muy rocoso	26	50		Llano	0,5	1
Rocoso	11	25		Casi llano	1,1	2
Moderadamente rocoso	2	10		Ligeramente ondulado	2,1	4

Poco rocoso	-	< 2	Ondulado	4,1	8
VI (mm.h ⁻¹)	Mín.	Máy.	Fuertemente ondulado	8,1	16
Muy lenta	-	< 2	Alomado	16,1	30
Lenta	2	5	Fuertemente alomado	30,1	45
Medianamente lenta	6	20	Muy fuertemente alomado	45,1	60
Moderada	21	65	Extremadamente alomado	> 60	100
Moderadamente rápida	66	125			
Rápida	126	250	pH (KCl)	Mín.	Máy.
Muy rápida	> 250	-	Muy ácido	-	< 4,9
Sodicidad (% Na ⁺ respecto a T)	Mín.	Máy.	Ácido	5	5,5
Permisible	-	< 15	Medianamente ácido	5,6	6
Limitante	15	-	Ligeramente ácido	6,1	6,5
Carbonatos (% CO ₃ ⁻²)	Mín.	Máy.	Neutro	6,6	7,5
Muy bajo	-	< 5	Ligeramente alcalino	7,6	8
Bajo	5	9	Medianamente alcalino	8,1	8,5
Moderado	10	19	Alcalino	> 8,6	-
Elevado	20	40			
Muy elevado	> 40	-			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Principios de la rotación.

Familia botánica (precedente cultural)

El principio fundamental para elaborar una rotación es muy simple, se trata de alternar cultivos de diferentes familias que se diferencian en cuanto a: tipo de vegetación, sistema de raíces, necesidades nutricionales y comportamiento ante plagas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013). Los resultados de Suchini *et al.* (2017) definen que como regla para el diseño de rotaciones, no sembrar cultivos de la misma familia dos veces seguidas en el mismo sitio.

Efecto sobre la fertilidad del suelo.

Existen plantas agotadoras o esquilmanes que exigen muchos nutrimentos para su crecimiento, las cuales no deben volver con demasiada frecuencia a la misma parcela. Debe procurarse la entrada de especies como las leguminosas que en las nudosidades de las raíces (donde están las bacterias nitrificantes), fijan el nitrógeno del aire y enriquecen el suelo de este elemento. A estas plantas se les llama mejorantes (Díaz *et al.*, 2004 y León y Ravelo, 2010).

Suchini *et al.* (2017) mencionan como regla para la rotación, que es bueno poner un cultivo exigente en nutrientes, después de uno que da nutrientes o que mejora el suelo, como las leguminosas. Sarandón y Flores (2014) coinciden al recomendar, que se debe alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con aquellos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo, gramíneas y leguminosas).

Efecto sobre las plantas indeseables

León y Ravelo (2010) refiere que se deben alternar plantas que ensucian con otras que ahoguen la vegetación adventicia y otras que contribuyan a limpiar el suelo, los autores afirman que para mantener la limpieza es preciso que, a las plantas ensuciadoras sucedan plantas limpiadoras y ahogantes.

Se ha recomendado por Pérez y Vázquez (2001) que las rotaciones de cultivos en áreas muy infestadas por malezas deben estar basadas en la inclusión de aquellas especies más precoces y de amplia cobertura, siendo importante el orden en la secuencia para aprovechar su competitividad, así como las propiedades alelopáticas de algunas especies referidas por Vázquez *et al.* (2008) y Vázquez (2010). Acorde a Rodríguez (2017) para que funcione de forma adecuada debe considerarse relacionar cultivos que suban las poblaciones de malezas con aquellos que provoquen una reducción de las mismas.

Sistema radical

Algunas plantas tienen un sistema radical que profundiza poco en el suelo y se sitúa muy ramificado cerca de la superficie, y por consiguiente explota, la capa superficial del terreno. Otras especies presentan un sistema radical pivotante que alcanza gran profundidad, y extraen nutrientes que se encuentran en las capas más profundas, además de los que se encuentran en la parte superficial (León y Ravelo, 2010).

Sarandón y Flores (2014) refieren como pauta para el diseño de rotaciones, el alternar especies de plantas con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo o que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades. Es decir, aquellas especies que tengan nichos ecológicos superpuestos de forma parcial.

Requerimientos nutricionales

Las especies cultivadas presentan distintas exigencias en cuanto a los macro y micro elementos que requieren para realizar sus distintos procesos fisiológicos y metabólicos.

Varios autores han indicado que los cultivos incluidos en la rotación deben beneficiarse de forma mutua, es decir, que tengan diferentes exigencias nutrimentales, de manera que se aproveche al máximo la fertilización aplicada y no se produzca el agotamiento del suelo (Arozarena, 2003; Díaz *et al.*, 2004 y Núñez, 2007). Según Rodríguez (2017) se debe rotar los cultivos en dependencia de sus exigencias nutricionales, en especial de nitrógeno.

Plagas afines

Díaz *et al.* (2004) precisan que los cultivos seleccionados para el esquema de la rotación no deben ser atacados por plagas o enfermedades comunes a las del cultivo base.

León y Ravelo (2010) coinciden en señalar que, durante el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas, éstas resultan afectadas por plagas. Al realizar la recolección permanecen en el suelo restos de las mismas que contienen diferentes fases de esas afectaciones, además de las que se alojan en el campo como características intrínsecas. Esto determina que no sea aconsejable cultivar la misma especie u otra afín, porque de esta forma, los parásitos no encuentran el alimento conveniente e interrumpe así, su ciclo biológico. Sarandón y Flores (2014) recomiendan alternar especies vegetales susceptibles a ciertas enfermedades y plagas con aquellas que son resistentes: de esta manera se logra, entre otros objetivos, disminuir la presión de selección y reducir la aparición de resistencia.

Distribución temporal y selección del cultivo cabecera

Rodríguez *et al.* (2011) consideran que respetar las fechas de siembra de cada hortaliza, puede evitar el ataque severo de algunas plagas y obtener un buen desarrollo de los cultivos, además de sembrar en la época del año más adecuada para cada uno. De esta forma, se pueden obtener, unidos a los efectos de rotación, los beneficios del período óptimo de desarrollo. García *et al.* (2015) concuerdan al recomendar que para el control de plagas se debe planificar la siembra según el calendario óptimo, y tener en cuenta el programa de rotación de cultivos.

Varios autores han planteado que un buen diseño debe contar entre sus premisas, con un cultivo principal o cabecera que indique el principio y fin de la sucesión escogida, así como una correcta utilización de la fecha de siembra de los cultivos (Rodríguez, et al., 2011). El cultivo cabecera debe ser aquel de mayor impacto económico, sobre el cual se rige el sistema de rotación.

Anexo 6. Beneficios de Scrum.

- Cumplimiento de expectativas: el cliente establece sus expectativas e indica el valor que le aporta cada requerimiento, el equipo técnico los estima y con esta información el dueño del producto establece su prioridad. En las demostraciones de la fase el dueño del producto comprueba que se cumplen de modo efectivo los requerimientos y se brindan sugerencias correspondientes al equipo.
- Flexibilidad a cambios: alta capacidad de reacción ante los cambios de requerimientos generados por necesidades del cliente o evoluciones del mercado. La metodología está diseñada para adaptarse a los cambios de requerimientos que conllevan los proyectos complejos.
- Retroalimentación continua. Retroalimentación continua se proporciona a través de los procesos llamados Standup diario, Demostración y validación del Sprint.
- Mejora Continua. Los entregables se mejoran progresivamente Sprint por Sprint a través del proceso de Mantenimiento de la lista priorizada de pendientes del producto.
- Resultados anticipados: el cliente puede empezar a utilizar las funcionalidades más importantes del proyecto antes de que esté finalizado el software por completo.
- Mayor calidad del software: la metodología de trabajo y la necesidad de obtener una versión funcional después de cada iteración, ayuda a tener un software de calidad superior.
- Proceso de desarrollo eficiente. Tiempo asignado y la reducción al mínimo de trabajo que no es esencial conduce a mayores niveles de eficiencia.

- Mayor productividad: se elimina la burocracia y se motiva al equipo, se da autonomía a las personas para auto-organizarse.
 - Maximiza el retorno de la inversión: producción de software con solo las prestaciones que aportan mayor valor al negocio.
 - Predicciones de tiempos: mediante esta metodología se conoce la velocidad media del equipo por iteración, conocidos como puntos historia, con lo que es posible estimar de forma fácil cuando se puede disponer de una determinada funcionalidad que todavía está en la lista de requerimientos.
 - Reducción de riesgos: se reducen riesgos al conocer el tiempo medio que tarda el equipo de desarrollo y las entregas funcionales de mayor valor al inicio del proyecto.
 - Entorno de alta Confianza. Los procesos de llevar a cabo el Standup diario y Retrospectiva de Sprint promueven transparencia y colaboración, dando lugar a un ambiente de trabajo de alta confianza, asegurando así una baja fricción entre los empleados
- (Gress y Ahuatzí, 2016 y Paniagua, 2017).

Anexo 7. Comparación de metodologías de desarrollo Tradicionales y Scrum.

Factores/Metodologías	Tradicionales	Scrum
Planeación	Se centran en la planeación de las actividades de principio a fin, subdividiéndolas en etapas, así: levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, aprobación de diseños, construcción, pruebas y entrega.	Se basa en iteraciones cortas que entregan una parte del producto - incremento al producto- y no su completitud, para que a partir de esta el producto evolucione
Cambios	Se presentan rígidas ante el cambio, ya que entre más próximo este al final del proceso, más difícil es realizar ajustes.	Está dispuesta al cambio ya que con iteraciones cortas, el mejorar o modificar una característica del sistema implica una labor tan sencilla, como priorizar el cambio e incluirlo en la iteración que corresponda.

Retroalimentación	Manejan poca retroalimentación, pues si bien al inicio del proceso, es decir, en el levantamiento de requerimientos se está en constante contacto con el cliente, este se va perdiendo en las etapas de diseño, construcción, pruebas y nuevamente se retoma en la entrega.	La retroalimentación es constante y no solo de las características del sistema sino también del proceso, de cómo se está desarrollando y cómo se puede mejorar.
Control	Centran su control en cómo va el desempeño con respecto a lo planeado, tanto en el proceso como en el software final.	Centra su control en qué tan satisfechos están los clientes con las versiones entregadas y cómo esto en cada iteración se puede mejorar.

Fuente: (Rodríguez y Dorado, 2015)

Anexo 8. Comparación de metodologías de desarrollo XP y Scrum.

Factores/Metodologías	XP	Scrum
Tiempo de iteración (Semanas)	1 o 2	3 o 4
Proceso	Enmarca las herramientas, definiéndolas como parte del estándar para su uso.	No define las herramientas a utilizar para implementar su proceso, es la organización o el scrum master quién da el lineamiento de qué se debe usar.
Orden	Se permite que el equipo con base en la prioridad definida por el cliente sea quién decida en qué se puede comprometer para cada iteración en cuanto a desarrollo se refiere.	El equipo debe seguir el lineamiento dado por el cliente.
Retroalimentación	Retroalimentación al finalizar cada sprint.	Retroalimentaciones tempranas a medida que se desarrolla la entrega.

Fuente: (Rodríguez y Dorado, 2015)

Anexo 9. Comparación de metodologías de desarrollo de software.

Característica	RUP	MSF	XP	SCRUM
Heredan modelos	X	X	-	-
Independiente de tecnologías	-	X	-	X
Documentación estricta	X	X	-	-
Estrictamente sistemático	X	-	X	-
Más enfocado en procesos	X	X	-	-
Más enfocado en las personas	-	-	X	X
Resultados rápidos	-	-	X	X
Cliente activo	-	-	X	X
Manejo del tiempo	X	X	X	X
Refactorización del código	-	-	X	-
Iterativo	X	X	X	X
Respuesta a los cambios	-	-	X	X

RUP: Rational Unified Process

MSF: Microsoft Solutions Framework

XP: Programación Extrema

Fuente: (Benitez, 2019)

Anexo 10. Ventajas de ASP.NET Core.

- Un caso unificado para crear API web y una interfaz de usuario web.
- Diseñado para la capacidad de prueba.
- Razor Pages hace que la codificación de escenarios centrados en páginas sea más sencillos y productivos.
- Blazor permite usar C# en el explorador, además de JavaScript. Comparta la lógica de aplicación del lado cliente y servidor escrita toda con. NET.
- Capacidad para desarrollarse y ejecutarse en Windows, macOS y Linux.
- De código abierto y centrado en la comunidad.
- Integración de marcos del lado cliente modernos y flujos de trabajo de desarrollo.
- Compatibilidad con el hospedaje de servicios de llamada a procedimiento remoto (RPC) con gRPC.

- Un sistema de configuración basado en el entorno y preparado para la nube.
- Inserción de dependencias integrada.
- Una canalización de solicitudes Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) ligera, modular y de alto rendimiento.
- Capacidad para hospedar en lo siguiente: Kestrel, IIS, HTTP.sys, Nginx, Apache y Docker.
- Control de versiones en paralelo.
- Herramientas que simplifican el desarrollo web moderno.

(Valencia, 2018; Roth *et al.* 2019).

Anexo 11. Tiempo de renderizado de la página.

El tiempo de renderizado se analizó utilizando la función del panel Chrome DevTools Network, evaluando el Load, que incluye el Elementos DOM y JavaScript. Como pueden existir variaciones, se tomaron 100 muestras de tiempo para cada marco y se calcularon los resultados promedio, como se puede ver en la tabla.

Framework	Load
Angular	1.17 s
Vue	767 ms
React	788 ms

Fuente: (Kelly y Donizete, 2018).

Anexo 12. Tamaño del archivo JavaScript generado.

Para que se cargue un sitio web, el navegador debe descargar los archivos necesarios, como archivos .html, .css, .js, así como fuentes, imágenes, etc. Con el uso de un marco, hay incluso más archivos para cargar, lo que también aumenta el consumo de red, lo que puede ser perjudicial, especialmente para los usuarios de dispositivos móviles que tienen un uso limitado de Internet. Otro factor con el que el tamaño del paquete puede interferir es el tiempo de representación. Dependiendo de la velocidad de Internet del usuario, el navegador puede esperar a que los datos se procesen durante un tiempo específico, mientras espera un período prolongado de tiempo, el navegador puede dejar de funcionar, lo que hace que el usuario pierda

interés en el contenido descargado. Para analizar el tamaño de los archivos JavaScript, se generó la versión de compilación de cada proyecto y se verificó el tamaño del archivo de extensión .js a través de las propiedades del archivo, que el sistema operativo puso a disposición, y se observa en la tabla.

Framework	Tamanho do aplicativo gerado
Angular	16 KB
Vue	11 KB
React	6 KB

Fuente: (Kelly y Donizete, 2018).

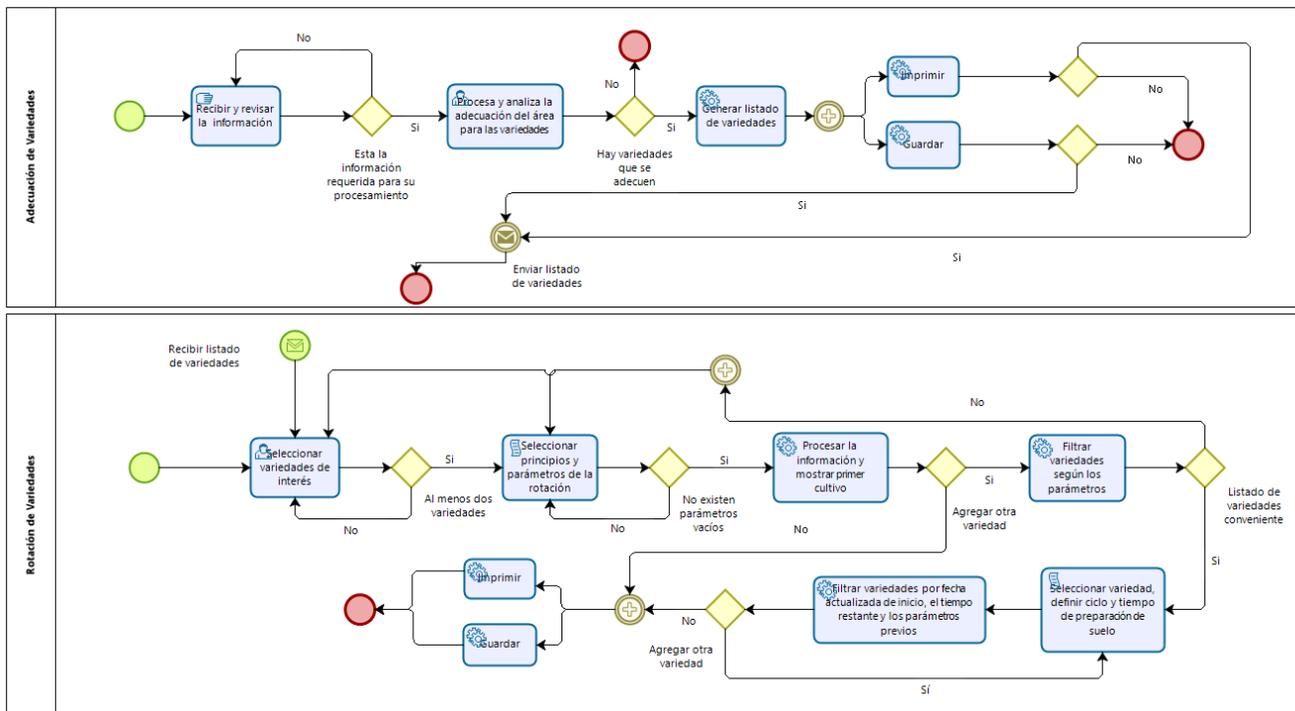
Anexo 13. Recursos de comunicación de frameworks Javascript.

Al elegir un marco, biblioteca o cualquier tipo de herramienta para el desarrollo, es importante saber si hay algún tipo de soporte en caso de cualquier tipo de dificultad. La documentación de los marcos detalla sus características y cómo deben usarse. Si hay algún problema, es importante poder contactar a profesionales experimentados para responder preguntas específicas, para esto, hay comunidades. Los tres marcos analizados tienen una extensa documentación en su sitio web. A diferencia de los demás, Vue es compatible con varios idiomas, incluido el portugués brasileño. Los otros marcos ofrecen soporte oficial solo en inglés. Como se puede ver en la tabla y de acuerdo con los sitios web de los marcos en cuestión, todos tienen su código disponible en GitHub, una red social específica para desarrolladores. Y, según una encuesta realizada por el sitio web Stack Overflow, todos también están presentes en la comunidad. Todos los marcos tienen algún tipo de chat para discusiones: Angular está presente en Gitter, mientras que Vue y React están en Discord y todavía tienen foros de discusión integrados en sus sitios web. Además de las opciones divulgadas en el sitio web de cada marco, hay varios recursos comunitarios no oficiales disponibles en Internet.

	Angular	Vue	React
Fórum integrado	Não	Sim	Sim
Chat	Gitter	Discord	Discord
Github	Sim	Sim	Sim
StackOverflow	Sim	Sim	Sim

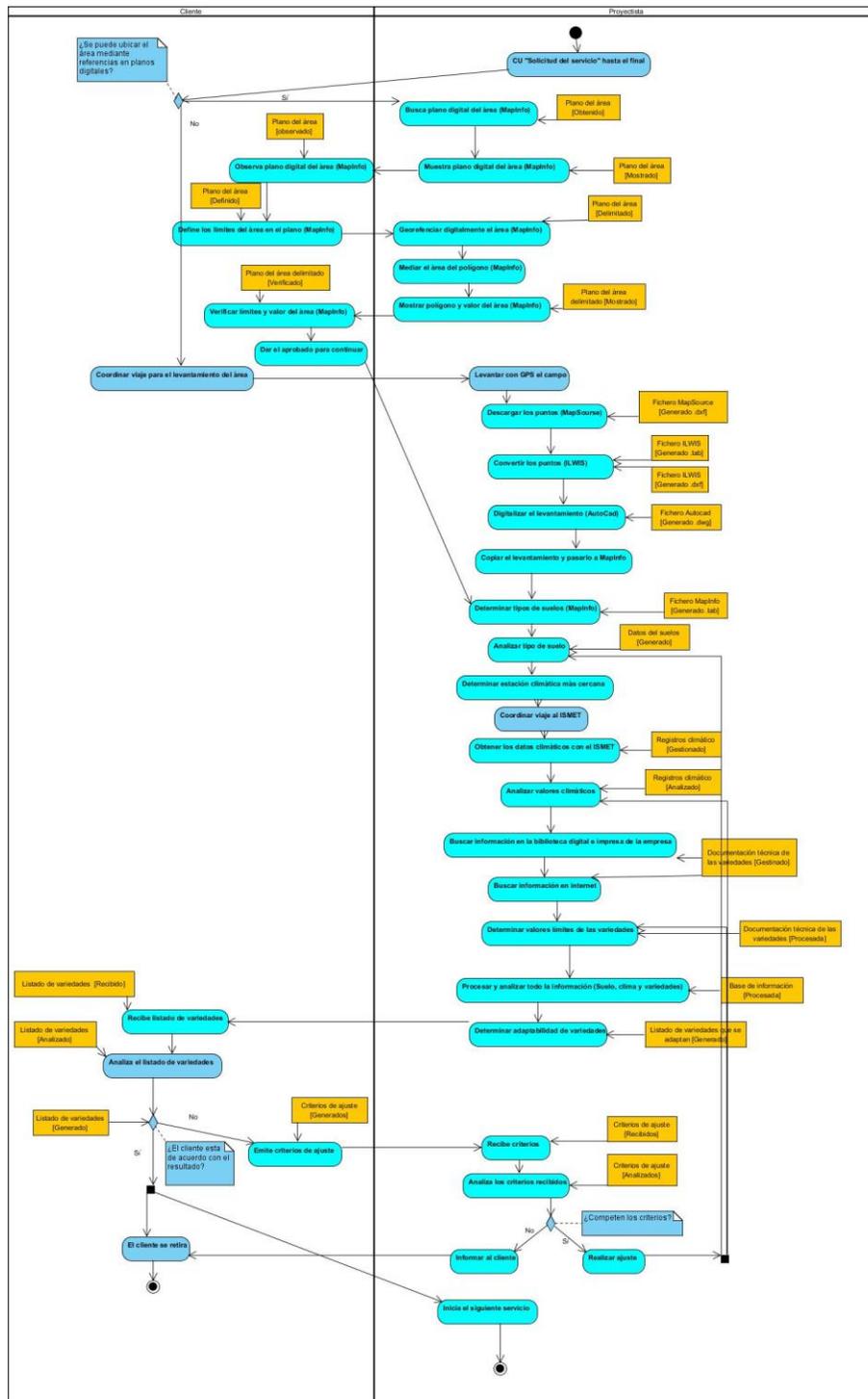
Fuente: (Kelly y Donizete, 2018).

Anexo 14. Diagrama del negocio.



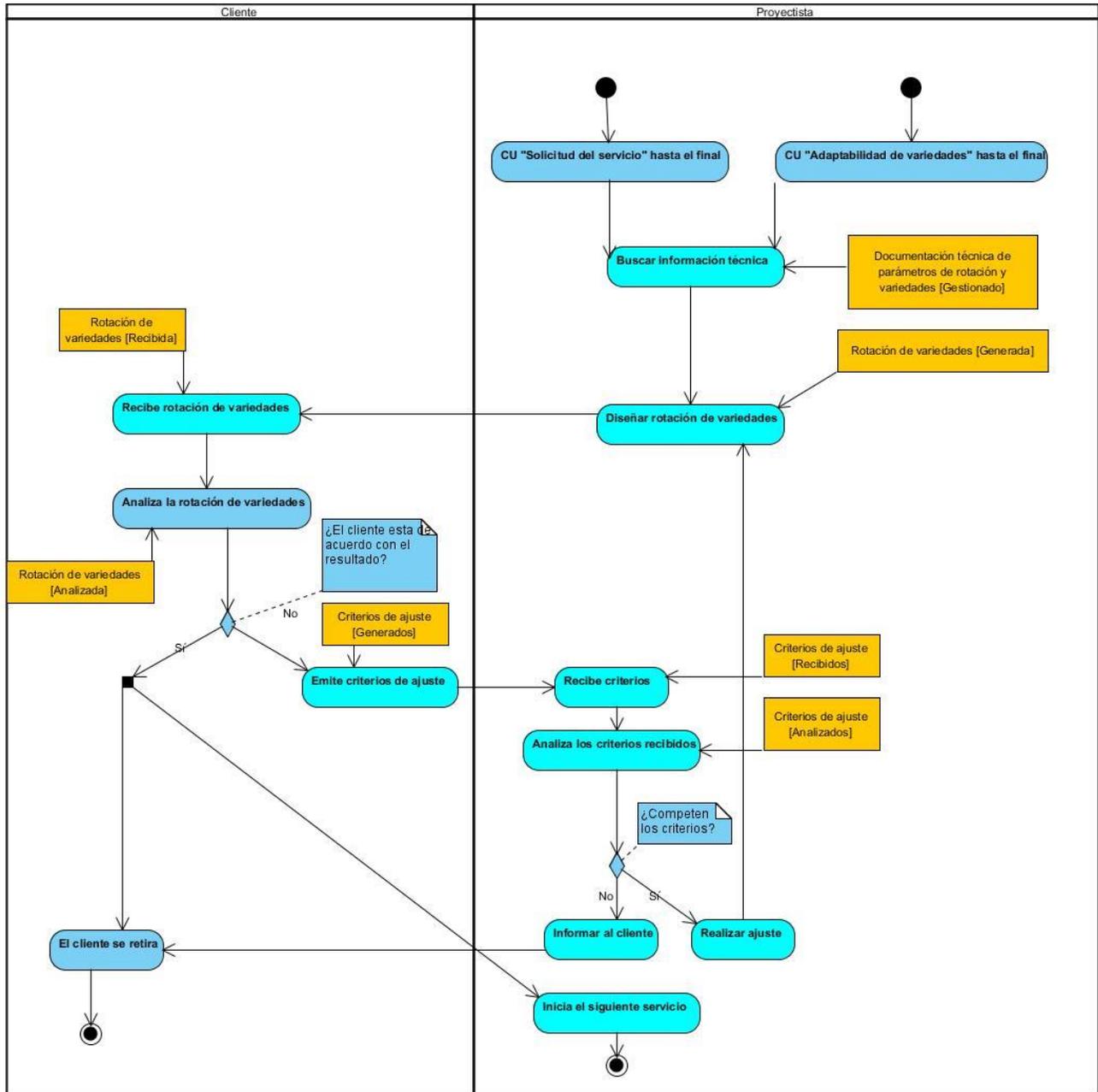
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15. Diagrama de actividades del negocio – Adecuación de Variedades.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16. Diagrama de actividades del negocio – Rotación de Variedades.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Historia de usuario HU01.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU01	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Creación de Base de Datos	
Prioridad en el Negocio: Alta	Importancia del Desarrollo: 100
Tiempo Estimado: 12	Modulo Asignado: Base de Datos
Descripción: Se crea el esquema de base de datos para la carga de información al tomar en cuenta las relaciones existentes entre las tablas además de validar la carga de la información y la recuperación de la misma para las transacciones que se realizaran entre la misma y el sistema web.	
Observaciones: Las tablas deben contener toda la data y nomenclatura que manejan en la empresa	
Pruebas de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> No se puedan crear elementos si existe información requerida faltante. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 18. Historia de usuario HU02.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU02	Usuario: Clientes (Entidades agrícolas [CCS, UBPC, UEB, Granjas, Empresas y otras] o pequeños propietarios)
Nombre Historia: Crear Página Inicio	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 60
Tiempo Estimado: 8	Modulo Asignado: Página Inicio
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> El cliente al ingresar al sistema lo primero que visualiza es una lista de tarjetas con las funcionalidades disponibles, sus iconos y una breve descripción de su funcionamiento. De modo adicional se dispone de un menú de acceso, el logo del software y la información de los contactos. 	
Observaciones:	

- El portal debe ser llamativo y fácil de manejar.
- La gama de colores verdes como el logo del software.

Pruebas de aceptación:

- Que los links de las funcionalidades funcionen de forma correcta y redirijan al cliente a cada funcionalidad específica, tanto en la lista de tarjetas como en el menú.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 19. Historia de usuario HU03.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU03	Usuario: Clientes (Entidades agrícolas [CCS, UBPC, UEB, Granjas, Empresas y otras] o pequeños propietarios)
Nombre Historia: Acceso al Sistema	
Prioridad en el Negocio: Alta	Importancia del Desarrollo: 99
Tiempo Estimado: 9	Modulo Asignado: Acceso al Sistema
Descripción: Para el acceso al sistema se usa un usuario y una contraseña registrada en la base de datos del sistema, si el usuario aún no está registrado debe registrarse para poder tener acceso.	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • La interfaz de acceso al sistema debe ser de forma intuitiva. • Como usuario se requiere de una dirección de correo válida y como contraseña un mínimo de 7 caracteres alfanuméricos, con distinción de mayúsculas y minúsculas, y al menos un carácter especial. 	
Pruebas de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Que cuando se introduzca el usuario si no cumple con el formato de correo electrónico de un mensaje de error. • Que cuando se introduzca una contraseña que no cumpla con los requisitos, muestre un mensaje de error. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 20. Historia de usuario HU04.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU04	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Administrar Cliente	
Prioridad en el Negocio: Alta	Importancia del Desarrollo: 98
Tiempo Estimado: 6	Modulo Asignado: Administrador
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario puede crear un nuevo cliente con toda la información requerida como email, teléfono y otros que puedan ser requeridos. • Se puede editar un cliente y actualizar su información ya existente. • El cliente se puede eliminar. 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Los clientes solo deben ser registrados una vez. • El id del cultivo no puede ser modificado. • Solo los usuarios con privilegios de administrador pueden utilizar esta funcionalidad. 	
Pruebas de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • No introducir valores y comprobar que se indica un error. • Introducir los datos correctos y se cree el cliente. • Modificar los datos del cliente y no de error. • Eliminar el cliente y no se muestre cartel de error. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 21. Historia de usuario HU05.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU05	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Administrar Cultivo	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 90
Tiempo Estimado: 8	Modulo Asignado: Administrador
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario puede crear un nuevo cultivo con toda la información requerida como nombre común, nombre científico, agrupamiento y otros que puedan ser requeridos. • El usuario define los factores de rotación para el cultivo (familia botánica, acción sobre la fertilidad del suelo entre otros) y sus requerimientos nutricionales (N, P K, Ca, S, entre otros). • El usuario define la profundidad radical por cultivo por fase de desarrollo y su información asociada de duración inicial, duración final, fase y profundidad. • Se puede editar un cultivo y actualizar su información ya existente. • El cultivo se puede eliminar. 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los cultivos solo deben ser registrados una vez. • El id del cultivo no puede ser modificado. • Solo los usuarios con privilegios de administrador pueden utilizar esta funcionalidad. 	
<p>Pruebas de aceptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No introducir valores y comprobar que se indica un error. • Introducir los datos correctos y se cree el cultivo. • Modificar los datos del cultivo y no de error. • Eliminar el cultivo y no se muestre cartel de error. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 22. Historia de usuario HU06.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU06	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Administrar Variedad	
Prioridad en el Negocio: Alta	Importancia del Desarrollo: 98
Tiempo Estimado: 10	Modulo Asignado: Administrador
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario puede crear una nueva variedad con toda la información requerida como nombre, descripción, ciclo máximo, ciclo mínimo, imágenes identificativas y otros que puedan ser requeridos. • El usuario define las épocas de siembra para la variedad, así como la información asociada de fecha de inicio, fecha de fin, categoría y descripción. • El usuario define los factores limitantes para la variedad (pedregosidad, sales, sodio, pH, altitud, entre otros.). • El usuario crea los agrupamientos para cada cultivo y sus variedades (color, forma. Tipo de crecimiento, entre otros.) • El usuario define a que cultivo pertenece cada variedad. • Se puede editar la variedad y actualizar su información ya existente. • La variedad se puede eliminar. 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las variedades solo deben ser registrados una vez. • El id de la variedad no puede ser modificado. • Solo los usuarios con privilegios de administrador pueden utilizar esta funcionalidad. 	
<p>Pruebas de aceptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No introducir valores y comprobar que se indica un error. • Introducir los datos correctos y se cree la variedad. • Modificar los datos de la variedad y no de error. • Eliminar la variedad y no se muestre cartel de error. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 23. Historia de usuario HU07.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU07	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Administrar Plaga	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 95
Tiempo Estimado: 9	Modulo Asignado: Administrador
Descripción: <ul style="list-style-type: none">• El usuario puede crear una nueva plaga con toda la información requerida como nombre común, nombre científico, tipo de plaga, descripción y otros que puedan ser requeridos.• El usuario define a que cultivo pertenece cada plaga, así como la información asociada de descripción de daño, metodología de muestreo, umbral económico e imágenes de las plagas• El usuario define el grado de resistencia tiene cada variedad de cada cultivo a la plaga.• Se puede editar la plaga y actualizar su información ya existente.• La plaga se puede eliminar.	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none">• Las plagas solo deben ser registrados una vez.• El id de la plaga no puede ser modificado.• Solo los usuarios con privilegios de administrador pueden utilizar esta funcionalidad.	
Pruebas de aceptación: <ul style="list-style-type: none">• No introducir valores y comprobar que se indica un error.• Introducir los datos correctos y se cree la plaga.• Modificar los datos de la plaga y no de error.• Eliminar la plaga y no se muestre cartel de error.	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 24. Historia de usuario HU8.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU08	Usuario: Administrador del sistema (Agrónomo encargado del sistema)
Nombre Historia: Creación de Menú de Administrador	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 83
Tiempo Estimado: 9	Modulo Asignado: Administrador
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • El menú del administrador debe estar enlazado a todos los administrar definidos. • Acceso a todos los administrar del sistema. 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener todas las opciones para facilitar la interacción. 	
Pruebas de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • Que los links del menú funcionen de forma correcta y redirijan al administrador a cada administrar específico y disponga de total acceso en cada uno de los mismos. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 25. Historia de usuario HU09.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU09	Usuario: Clientes (Entidades agrícolas [CCS, UBPC, UEB, Granjas, Empresas y otras] o pequeños propietarios)
Nombre Historia: Determinar Adecuación de Variedades (Consultas)	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 72
Tiempo Estimado: 11	Modulo Asignado: Cliente
Descripción: El cliente al ingresar al sistema lo primero que visualiza es un primer formulario donde se le solicita la entrada de las limitantes químicas, seguido de las limitantes externas o superficiales y las físicas e hidrofísicas, y con concluye con las	

climáticas y topográficas. En modo adicional puede definir para cada factor la unidad de medida en que desea trabajarlo.
Observaciones: El interfaz debe ser intuitivo y agradable para el cliente.
Pruebas de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • No introducir valores y comprobar que se indica un error. • Introducir los datos correctos y se muestre el listado de variedades acorde a los mismos. • Introducir valores fuera de rango, negativos o no correspondientes con el tipo de dato solicitado, y comprobar que se indica un error.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 26. Historia de usuario HU10.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU10	Usuario: Clientes (Entidades agrícolas [CCS, UBPC, UEB, Granjas, Empresas y otras] o pequeños propietarios)
Nombre Historia: Diseñar rotación de variedades (Consultas)	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 80
Tiempo Estimado: 15	Modulo Asignado: Cliente
Descripción: El cliente al ingresar al sistema lo primero que visualiza los formularios para la obtención de la información requerida: <ul style="list-style-type: none"> • Primer formulario: Se le solicita seleccione los cultivos de su interés para la rotación. • Segundo formulario: Definir los principios para diseñar su propia rotación, la situación actual del área, el modelo de rotación a emplear, los principios opcionales de rotación por los cuales se va a trabajar, variante de época de siembra a utilizar, si desea definir un cultivo principal y fecha de inicio de la rotación. 	

- Tercer formulario: Se le solicitara por cada variedad agregada a la rotación que indique la duración de la preparación de suelos entre variedades y el ciclo de cultivo de las mismas.

En forma adicional puede ver la información de las variedades seleccionadas.

Observaciones:

- El interfaz debe ser intuitivo y agradable para el cliente.
- Debe incluir metáforas para que el cliente las asocie con elementos de uso real

Pruebas de aceptación:

- Seleccionar menos de dos cultivos y comprobar que se indica un error.
- No introducir valores en campos requeridos (situación actual, modelo de rotación, variante de época de siembra, fecha de inicio) y comprobar que se indica un error.
- No introducir valores en campos requeridos (preparación de suelo y ciclo de la variedad) y comprobar que se indica un error.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 27. Historia de usuario HU11.

HISTORIA DE USUARIO	
ID: HU11	Usuario: Clientes (Entidades agrícolas [CCS, UBPC, UEB, Granjas, Empresas y otras] o pequeños propietarios)
Nombre Historia: Crear Reportes	
Prioridad en el Negocio: Media	Importancia del Desarrollo: 74
Tiempo Estimado: 8	Modulo Asignado: Cliente
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de variedades: Se puede visualizar todas las variedades que hallan cumplidos los requerimientos especificados por el cliente. • Rotación de variedades: Se puede visualizar la rotación de cultivos con la siguiente información por variedad: nombre del cultivo, nombre de la variedad, 	

ciclo, fecha de siembra, fecha de fin de cosecha, preparación de suelo, rendimiento y una imagen.

- Ambos reportes con acceso a toda su información técnica, imágenes e instructivo técnico de su cultivo.
- Ambos con la posibilidad de guardar la información en formato digital o de imprimir el resultado.

Observaciones:

- El interfaz debe ser intuitivo y agradable para el cliente.
- Debe incluir metáforas para que el cliente las asocie con elementos de uso real.

Pruebas de aceptación:

- Que muestre los reportes con la información requerida.
- Que permita guardar e imprimir los reportes, y q estos se muestren según el formato especificado y con la información requerida

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 28. Planificación de entregas Sprint 1.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Creación de Base de Datos	Analizar y definir los tipos de datos	Javier Falcón	23/12/19	7/1/20	10	12
	Definir las relaciones					
	Normalizar la base de datos					
	Crear las clases de la base de datos					
	Generar la base de datos					
	Cargar datos y realizar pruebas				2	
Acceso al Sistema	Autenticar usuarios	Javier Falcón	8/1/20	20/1/20	2	9
	Registrar usuarios				4	
	Crear la vista de acceso al sistema				2	
	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista				1	
	Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño					
Comprobar la validación de los datos del formulario						

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 29. Planificación de entregas Sprint 2.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Administrar Cliente	Crear cliente	Javier Falcón	21/1/20	28/1/20	1	6
	Listar clientes				1	
	Editar cliente				1	
	Eliminar clientes				1	
	Crear y maquetar las vistas de agregar, editar y eliminar cliente				1	
	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño Comprobar la validación de los datos del formulario				1	
Administrar variedades	Crear variedades	Javier Falcón	29/1/20	11/2/20	2	10
	Generar nomencladores				1	
	Referenciar imágenes				1	
	Listar variedades				1	
	Editar variedades				1	
	Eliminar variedades				1	

	Crear y maquetar las vistas de agregar, editar y eliminar variedad				1	
	Comprobar la correcta funcionalidad de la vista Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño Comprobar la validación de los datos del formulario				2	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 30. Planificación de entregas Sprint 3.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Administrar Plagas	Crear plagas	Javier Falcón	12/2/20	24/2/20	2	9
	Generar nomencladores y vincular grado de resistencia				1	
	Referenciar imágenes				1	
	Listar plagas				1	
	Editar plagas				1	
	Eliminar plagas				1	
	Crear y maquetar las vistas de agregar, editar y eliminar plaga				1	

	<p>Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista</p> <p>Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño</p> <p>Comprobar la validación de los datos del formulario</p>				1	
Administrar Cultivos	Crear cultivos	Javier Falcón	25/2/20	5/3/20	2	8
	Agregar nomencladores				1	
	Listar cultivos				1	
	Editar cultivos				1	
	Eliminar cultivos				1	
	Crear y maquetar las vistas de agregar, editar y eliminar cultivo				1	
	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista				1	
Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño						
Comprobar la validación de los datos del formulario						

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 31. Planificación de entregas Sprint 4.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Creación de Menú de Administrador	Crear y maquetar las vistas del menú de administración	Javier Falcón	6/3/20	18/3/20	7	9
	Comprobar la correcta funcionalidad de las vistas Comprobar el funcionamiento de los redireccionamientos				2	
Diseñar Rotación de Variedades	Crear y maquetar la vista de la rotación de variedades	Javier Falcón	19/3/20	8/4/20	1	15
	Crear formularios para los requerimientos de rotación				3	
	Crear formularios para el modelo de rotación				3	
	Crear algoritmos				6	
	Comprobar la correcta funcionalidad de la vista Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño Comprobar la validación de los datos del formulario				2	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 32. Planificación de entregas Sprint 5.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Determinar Adecuación de Variedades	Crear y maquetar la vista de adecuación y de los detalles de las variedades	Javier Falcón	9/4/20	23/4/20	2	11
	Crear formularios para las consultas de adecuación de cultivos				3	
	Crear algoritmos				4	
	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista Comprobar que la información sea correcta y con el formato adecuado según el diseño Comprobar la validación de los datos del formulario				2	
Crear Reportes	Crear y maquetar la vista del reporte de adecuación de variedades, rotación de cultivos.	Javier Falcón	24/4/20	5/5/20	3	8
	Imprimir y guardar reportes				3	

	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista Comprobar el formato y la información mostrada sea la correcta				2	
--	--	--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 33. Planificación de entregas Sprint 6.

Pila del producto	Tareas	Encargado	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estimado Inicial (días)	Estimado Total (días)
Crear Página Inicio	Crear y maquetar la vista del página de inicio	Javier Falcón	24/4/20	5/5/20	6	8
	Comprobar la correcta funcionabilidad de la vista Comprobar el correcto funcionamiento de los redireccionamientos				2	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 34. Factor de peso de casos de uso sin ajustar.

CU	Peso
Acceso al sistema	5
Administrar Cliente	5
Administrar Variedades	5
Administrar Plagas	5
Administrar Cultivo	5
Diseñar rotación de variedades	5
Determinar Adecuación de Variedades	5
	35

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 35. Factor de complejidad técnica.

Factor	Descripción	Peso	Influencia	Resultado	Comentario
F1	Sistema distribuido	2	0	0	El sistema es centralizado
F2	Tiempo de respuesta y desempeño	1	1	1	La velocidad es limitada por las entradas provistas por el usuario
F3	Eficiencia respecto al usuario final	1	1	1	Escasas restricciones de eficiencia
F4	Procesamiento interno complejo	1	1	1	No hay cálculos complejos
F5	Código reutilizable en otras aplicaciones	1	2	2	Existen microservicios que pueden ser reutilizables
F6	Facilidad en la instalación	0,5	0	0	No requiere instalación
F7	Usabilidad	0,5	5	2,5	Requiere conocimiento especializado
F8	Portabilidad	2	0	0	No se requiere que el sistema sea portable al ser web
F9	Facilidad de mantener	1	2	2	Se requiere un costo medio a bajo de mantenimiento
F10	Accesos simultáneos	1	5	5	Alta probabilidad de múltiple concurrencia al ser web
F11	Incluye objetos especiales de seguridad	1	3	3	Seguridad normal
F12	Provee acceso directo a terceros	1	5	5	Los usuarios web tiene acceso directo
F13	Se requiere facilidades especiales de entrenamiento a usuarios	1	3	3	Sistema intuitivo y fácil de usar, pero requiere de conocimiento especializado
				25,5	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 36. Factor de ambiente.

Factor	Descripción	Peso	Valor	Resultado
E1	Familiaridad con el modelo de proyecto utilizado	1,5	3	4,5
E2	Experiencia en la aplicación	0,5	2	1
E3	Experiencia en orientación a objetos	1	3	3
E4	Capacidad del analista líder	0,5	2	1
E5	Motivación	1	5	5
E6	Estabilidad de los requerimientos	2	5	10
E7	Personal part-time	-1	0	0
E8	Dificultad del lenguaje de programación	-1	3	-3
				21,5

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 37. Esfuerzo total.

Actividad	Porcentaje (%)	ET
Análisis	10	114,8
Diseño	20	229,6
Programación	40	459,2
Pruebas	15	172,2
Sobrecarga (otras actividades)	15	172,2
Total	100	1 148

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 38. Escala salarial de informáticos.

Grupo	Descripción	Requerimiento	Nivel de utilización	Salario (Peso Cubano (CUP))
X	Especialistas en Ciencias Informáticas C	Graduados de nivel superior	En todas las entidades	325,00
XI	Especialistas en Ciencias Informáticas B	Graduados de nivel superior	Uniones, grupos empresariales, empresas con categoría I y II, unidades presupuestadas de similar complejidad	365,00
XII	Especialistas en Ciencias Informáticas A	Graduados de nivel superior	Organismos	385,00
Promedio				358,00

Fuente: Elaboración Propia.

9. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable; constituido por elementos minerales, orgánicos, seres vivos, agua y aire. Esta materia se encuentra sometida a constantes cambios por efecto de las variaciones del clima, la atmósfera y la acción del hombre. Otros autores lo consideran como un complejo regido por características físicas, químicas, físico – químicas y biológicas que determinan en gran medida la eficiencia en la producción agrícola (Fuentes y Águila, 2016).

La adaptabilidad de los cultivos es la capacidad de los mismos de aprovechar de modo ventajoso los estímulos del ambiente (Cattaneo *et al.*, 2015 y Gómez y Fornos, 2016).

Los factores limitantes de la capacidad agroproductiva de los suelos son aquellas propiedades y características del medio o entorno geográfico, que en un momento determinado influyen en el desarrollo de los cultivos e inciden en su productividad y en el rendimiento potencial (Bernal, *et al.*, 2015).

La rotación de cultivos según Díaz *et al.* (2004) puede definirse como una secuencia planificada de especies que lleven en consideración todo efecto negativo o positivo de un cultivo sobre el siguiente. Estos efectos pueden tener su origen en las sustancias tóxicas, el suministro de nutrientes, el incremento de materia orgánica, el sistema radical, los microorganismos, la modificación de la estructura y la humedad residual del suelo.

Baja fertilidad. Hernández *et al.* (2006) definen el Valor T como un parámetro que permite evaluar la fertilidad del suelo, también denominado como Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y la considera baja cuando es menor de 20 cmol.kg⁻¹. El mismo autor refiere como efectos desfavorables el déficit de nutrientes disponible para las plantas, el bajo poder amortiguador del suelo, la baja producción de biomasa y el decrecimiento de la actividad biológica.

Algunas zonas productoras no expresan su máximo potencial, debido en su mayoría a la deficiencia de algunos elementos importantes para que la planta complete su ciclo de vida (Ortiz, *et al.*, 2016).

Elevada acidez. Bernal A. *et al.* (2015) plantean que el grado de acidez del suelo se determina por el valor del pH, siendo importante, ya que en dependencia del mismo es la asimilación de nutrientes, el desarrollo de la microflora y la generación de iones que pueden resultar tóxicas para las plantas; y consideran valores menores de 5,5 en H₂O como limitante.

Jordán (2005), Bernal *et al.* (2014), Campuzano-Duque *et al.* (2015) y Juca (2017) coinciden en plantear que el pH ácido del suelo afecta sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que ocasiona la pérdida de bases como son Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+ debido a su lixiviación o remoción, e impide la disponibilidad de algunos nutrientes como Mo y P, siendo los fosfatos insolubles en medios muy ácidos. La elevada solubilidad de compuestos de Al^{+3} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Zn^{+2} o Ni^{+3} a pH bajos puede llegar a provocar efectos tóxicos en las plantas. La saturación del complejo de cambio por H^+ o Al^{+3} , provoca la expulsión de otros cationes a la solución del suelo, más accesibles para las plantas y pueden perderse por lavado. En estudios realizados por Scarlato *et al.* (2017) refieren al pH como primera causa de la variabilidad en la brecha de rendimiento relativo; Ortez y Zavala (2014) concuerdan al plantear que pueden influir en el crecimiento de la planta y puede limitar de forma severa la producción de cultivos.

La acidez del suelo afecta con carácter negativo a la distribución de la fauna edáfica. Los procesos microbianos como la nitrificación ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$) o la fijación de nitrógeno atmosférico son inapreciables por debajo de pH 4,5.

Elevada alcalinidad. La alcalinidad es la concentración de álcalis solubles con la capacidad para neutralizar ácidos. Los iones más importantes que la determinan son HCO_3^{-2} y CO_3^{-2} , mientras que el hidróxido, borato, amoníaco, bases orgánicas, fosfatos y silicatos son considerados contribuyentes menores (Barrios, 2013).

Según Bernal A. *et al.* (2015) en suelos con valores muy altos de pH predomina el catión sodio, que resulta dañino para los cultivos.

Un suelo es alcalino o también conocido como básico cuando el pH es mayor de 8,0 y se reduce la disponibilidad de Fe^{+3} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , y en algunos casos N, P y K, de esta manera aumenta la disponibilidad de Mo y de otros iones que pueden afectar de modo indirecto el crecimiento y desarrollo de las plantas, como los carbonatos y bicarbonatos (Ortiz *et al.*, 2016; Juca, 2017).

El síntoma más notable de la alcalinidad excesiva es la inducción de una clorosis intervenal en las hojas más jóvenes de las plantas y el retraso del crecimiento. Los problemas físicos se originan de la dispersión de los coloides del suelo, debido a la presencia de Na^+ , las partículas dispersas forman costras y bloquean los poros. La permeabilidad desciende a valores tan bajos, que en algún caso es inferior a la tasa de evaporación. Esta situación imposibilita el crecimiento de las plantas y dificulta mucho la aplicación de enmiendas químicas para corregir el problema (Barrios, 2013).

Elevada salinidad. La salinidad es un proceso complejo de degradación química, que influye sobre cambios significativos, en las propiedades físicas de los suelos. Presenta una distribución heterogénea, variable en el tiempo y espacio, a diferentes escalas (Narváez, et al., 2014). Pastor (2014) la define como la acumulación de sales en la capa arable del suelo, las cuales causan efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. La salinidad afecta de forma negativa a la mayoría de los cultivos agrícolas (Shrivastava y Kumar, 2015; Ortiz *et al.*, 2016).

Narváez *et al.* (2014) afirman que la misma tiene efectos perjudiciales sobre la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas que, de modo gradual, atrofian su crecimiento, causándole la muerte. Gonçalves *et al.* (2011) agregan que el exceso de sales perjudica el comportamiento vegetativo y productivo de los cultivos, ocasionados por la acción directa de las sales sobre el potencial osmótico del agua y el efecto de los iones, que pueden ser tóxicos, como el Na^+ , SO_4^{+2} , Cl^- , lo que según Pastor (2014) hace que los suelos salinos se comporten de forma fisiológica como secos con un nivel de humedad apreciable. Pastor *et al.* (2014) adicionan que, además de afectar el crecimiento de las plantas, puede ejercer un proceso adverso sobre la biota y sobre los procesos biológicos esenciales que mantienen la calidad de un suelo.

Sus efectos negativos sobre los cultivos y la fertilidad del suelo son desarrollados por Zhu *et al.* (2008), García *et al.* (2009), Otero *et al.* (2011), Otero *et al.* (2013), Pernús y Sánchez (2015), Quintana-Blanco *et al.* (2016), Álava y Haz, (2017) y Ramírez *et al.* (2017). Los valores de la conductividad eléctrica (CE) entre 0 y $0,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ son aceptables para el crecimiento de los cultivos en general (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA), 1999).

Elevada sodicidad. Se define que la sodicidad es limitante cuando el porcentaje de Na^+ intercambiable respecto al valor T es mayor del 15 %. Hernández *et al.* (2006) apuntan como efectos desfavorables la alcalinidad, toxicidad (Na^+), disminución de la disponibilidad de nutrientes (P_2O_5 , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Zn^{+2} , B^{+3}) y de la actividad biológica.

Las altas concentraciones de sodio no sólo perjudican las plantas de forma directa, sino también degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua. Asimismo, traen como consecuencia, un deterioro acelerado en su calidad, por dispersión de las arcillas o desintegración de agregados, que causan encostramiento y endurecimiento de la superficie del suelo. Estos fenómenos repercuten en la infiltración del agua y de la germinación, lo que trae, como consecuencia, una disminución de la productividad de éstos, del rendimiento y de la calidad de las cosechas (Narváez, et al., 2014), lo cual

coincide con Pastor (2014) y Álava y Haz (2017) quienes agregan que afecta la capacidad para conducir agua y gases, y provoca desbalances nutricionales que afectan los cultivos.

Carbonatos. Los suelos calcáreos presentan un alto contenido de carbonatos (CO_3^{-2}) libres de Ca^{+2} y Mg^{+2} cuyo pH puede llegar hasta 8,5. De manera general, se considera que es calcáreo si posee más de un 2 % de CaCO_3 . La mayoría de los suelos de pH neutro o básico contiene proporciones más o menos elevadas de carbonatos. En los ácidos, estos están ausentes. El tipo más frecuente es la calcita (CaCO_3), aunque pueden encontrarse magnesita (MgCO_3) y dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). En los salinos y de fuerte carácter básico puede existir también Na_2CO_3 . Las características químicas más importantes de la calcita, la magnesita o la dolomita son la insolubilidad en agua y su inestabilidad en medio ácido (Jordán, 2005).

Este autor considera que el principal efecto del CaCO_3 es su capacidad reguladora del pH, de modo que un elevado contenido en caliza asegura un elevado pH. El contenido en carbonatos afecta de manera directa o indirecta a otras propiedades del suelo, como son: la estructura, la textura, la actividad biológica, la capacidad de almacenaje de nutrientes y la asimilabilidad, enfatiza como efectos desfavorables la pérdida y empobrecimiento por lavado del suelo consecuencia de la saturación del complejo de cambio por cationes como Ca^{+2} o Mg^{+2} , además el exceso de estos cationes en la solución origina fenómenos de antagonismo. Los suelos con pH elevado muestran casi siempre un nivel apreciable de carbonatos, que dificultan la solubilidad / asimilabilidad de diferentes elementos, como el Fe^{+3} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Cu^{+2} , B^{+3} y otros. Asimismo, en los básicos, el P se encuentra en formas químicas no solubles, lo que imposibilita su absorción por la planta ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), lo cual concuerda con Pastor (2014) quien plantea que este elemento precipita a valores de pH por encima de 8,0 y forma complejos con los iones de calcio y magnesio.

Rocosidad, pedregosidad y gravillosidad. Entre las limitantes externas para el desarrollo de los cultivos se destaca la presencia de elevados porcentajes de rocas (>60 cm), piedras (7,5 - 60 cm) o gravas (0,2-7,5 cm).

Álvarez (2002) se basa en la presencia de estos elementos en superficie, y considera como valores limitantes 2 % y 0,01 % para la rocosidad y pedregosidad en ese orden. Vega *et al.* (2009) refieren como valor mínimo limitante de la gravillosidad 15 %. Estos factores son de gran importancia para valorar la calidad agroproductiva del suelo por su relación con la factibilidad de la mecanización y las posibilidades de que el sistema radical de las plantas pueda bosquejar y colonizar de modo adecuado el suelo (Fuentes y Águila, 2016).

Drenaje y aireación deficiente. El drenaje es un atributo del suelo que viene determinado por un conjunto de propiedades: estructura, textura, porosidad, existencia de una capa impermeable, permeabilidad, posición en el paisaje y color (Porta, et al., 2008). Un suelo se considera de mal drenaje si una vez saturado de agua, se mantiene encharcado (a pesar de no caer más precipitaciones) durante un periodo inferior a seis días (Arzola y Machado, 2015). Este trae aparejado una aireación deficiente que afecta el crecimiento de los cultivos. Diversos autores plantean que en los suelos con exceso de humedad se dificulta la circulación del aire, lo que provoca la asfixia de las plantas (Vargas y Ponce, 2008 y Falcón *et al.*, 2014).

Se considera limitante cuando la velocidad de infiltración (VI) es menor de 10 mm.h^{-1} y los macroporos menores de un 10 % en el perfil. Choque (2013) define a la infiltración como el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo de forma vertical en un tiempo determinado y se mide en términos de velocidad que puede estar expresado en: cm.h^{-1} , mm.día^{-1} y cm.min^{-1} .

Jordán (2005) plantea como efectos desfavorables la limitación del desarrollo radicular del cultivo al obtenerse sistemas radicales más cortos, densos, gruesos, menos ramificados y más superficiales; concentración elevada de CO_2 en la zona radicular que provoca una disminución de la permeabilidad celular, al generar deficiencias minerales en suelos muy húmedos; acumulaciones de productos como el H_2S , el CH_4 y otras sustancias reducidas, lo que produce cambios en la composición de la fase sólida mineral del suelo; formación de compuestos reducidos o especies tóxicas de Fe^{+2} y Mn^{+2} , al entrar el CO_2 en la solución del suelo como H_2CO_3 ; disminución de la capacidad de las raíces para absorber determinados nutrientes del suelo al no ser eficiente la respiración aeróbica de las raíces; cambios en los componentes orgánicos y minerales del suelo; alteración en la actividad fisiológica de las plantas; degradación la estructura del suelo y disminución de la actividad biológica.

Escasa profundidad efectiva. Constituye el grosor de las capas del suelo y del subsuelo, en las cuales las raíces pueden penetrar sin dificultad en busca de agua, nutrientes y sostén, que puede coincidir o no con la profundidad del suelo (Morell, et al., 2008). Arzola y Machado (2015) la definen como el límite del suelo hasta donde pueden desarrollarse las raíces del cultivo. Su mínimo inferior está dado por capas de arcillas muy densas, materiales consolidados por acción química, materiales fragmentarios (grava, piedras o rocas) o napa freática permanente, que actúan como limitante al desarrollo normal de las plantas.

La misma, constituye un índice de vital importancia para el normal desarrollo de los cultivos, tanto por el papel que desempeña en la absorción de nutrientes y agua en las capas inferiores del suelo como en lo relacionado con el anclaje (Fuentes y Águila, 2016). Numerosos autores establecen sus límites críticos; al

corroborarse que cuando la profundidad efectiva es menor que 20 cm, los rendimientos agrícolas difieren de manera significativa de los alcanzados con 50 cm, con caídas de producción próximas al 70 % cuando el espesor del suelo se reduce desde 50 hasta 10 cm (Pérez, et al., 2013).

Relieve. El relieve es un elemento de gran importancia en la redistribución de la humedad y del calor; lo que influye en la capacidad agroproductiva de una región determinada (Hernández, et al., 2006). Morell *et al.* (2008) remarcan que el grado de la pendiente del mismo es un factor fundamental en la productividad y el manejo de los suelos. Álvarez (2002) establece que se considera limitante a partir de un 2 - 3 % de pendiente.

La degradación por erosión está asociada a factores naturales como la topografía (Hernández, et al., 2015 a), en correspondencia Fuentes y Águila (2016) plantea que la pendiente, es un factor clave por el papel que desempeña en la incidencia de los procesos erosivos y su repercusión sobre los contenidos de arcilla, materia orgánica y nutrientes.

Altitud. Departamento de Estudios Básicos de Suelos (2014), define que la altitud corresponde a la altura de un punto de la superficie relativo al nivel medio del mar (msnm). La misma y la temperatura presentan correlaciones negativas, ya que por cada 100 m que se ascienden de modo vertical la temperatura disminuye entre 0,5 y 0,6 °C (Suárez, et al., 2015).

Cada cultivo posee un rango de altitud, acorde a su adaptabilidad a las variaciones de los factores climáticos (temperatura, precipitaciones, horas luz y otros), dentro del cual puede desarrollarse sin verse limitado su potencial productivo. Fuera de esta condición su productividad se puede comprometer al afectarse el nicho ecológico, lo que reduce su tasa de crecimiento y alarga el ciclo del cultivo por ineficiencia de procesos fisiológicos vitales como la fotosíntesis y la respiración celular, que afectan a su vez el porcentaje de germinación, la incidencia de plagas, entre otros múltiples factores. Díaz (2014), López (2014) y Suárez *et al.* (2015) en sus investigaciones demuestran los efectos de la altitud sobre la calidad de los productos cosechados.

Temperatura. La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, de forma especial las plantas, que requieren de la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado en su ciclo de vida a otro (Maqueira, et al., 2016). Boshell (2013) y Hernández *et al.* (2015 b) exponen los procesos en los que influye la misma y su relación con el cultivo.

Martín *et al.* (2016) coinciden al afirmar que la temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia en las diferentes fases del crecimiento. (Leonard, 1981) plantea que cada cultivo tiene sus valores óptimos para el crecimiento, y un máximo y un mínimo para desarrollarse de modo normal y sobrevivir. Las variedades de un cultivo pueden tener diferentes tolerancias a las mismas. Temperaturas muy altas o bajas pueden ser perjudiciales a los rendimientos porque influyen en la tasa de crecimiento, la esterilidad y viabilidad del polen, la pérdida de flores, la formación de tubérculos y otros. Xiao *et al.* (2007), Ruiz *et al.* (2008), Hernández y Soto (2012, 2013) y Martín y Mompíe (2015) profundizan en sus efectos de la sobre la producción y otros efectos colaterales.

Precipitaciones. Leonard (1981) plantea que la lluvia es el factor ambiental que determina cuales cultivos pueden crecer, cuando se deben sembrar y sus rendimientos. Un exceso en las lluvias puede inundar las siembras, limitar el laboreo, atrasar la cosecha y acelerar la erosión del suelo y puede tener un efecto tan negativo como un déficit hídrico. Da Silva *et al.* (2013) y Aguilar *et al.* (2015) profundizan en su incidencia en la productividad del cultivo. Figueredo *et al.* (2012) y Valle *et al.* (2014) añaden que las precipitaciones pueden generar una proliferación desmedida de plagas o enfermedades al favorecer su etiología.