

**SEGUIMIENTO AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS -
SDCPC**

ALFREDO COVALEDA VÉLEZ

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA
BOGOTÁ DC**

I - 2012

**SEGUIMIENTO AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS -
SDCPC**

ALFREDO COVALEDA VÉLEZ

**Documento de tesis para obtener el
título de tecnólogo en informática**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA
BOGOTÁ DC**

I - 2012

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA PRESIDENTE DEL JURADO

NOMBRE DEL JURADO

NOMBRE DEL JURADO

BOGOTÁ, JUNIO 13 DE 2012

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Carmen y Severiano y a las bebés de la familia, las preciosas María José y Salomé.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia de Bogotá. Entre ellos a Jairo Clavijo, Hector Laverde, Dimás Malagón y Enrique Torres, todos ellos en uso de buen retiro y no suficientemente bien sucedidos, quienes me enseñaron e inspiraron para algún día hacer este trabajo.

A todos mis profesores de la Corporación Universitaria Minuto de Dios por sus enseñanzas y ayuda.

A todas las personas que han desarrollado y mantenido las diferentes piezas de código que de algún modo han sido utilizadas como base para la obtención de este producto.

A Tom Jhonson, Professor Emeritus of Journalism.

A mis padres y a mis hermanos y cuñadas por su soporte y ayuda

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE ECUACIONES	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO	18
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.3. ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN	21
1.4. OBJETIVO GENERAL	22
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES	24
2.2. EL CRECIMIENTO	27
2.2.1. Fases de Crecimiento	27
2.2.2. Modelos matemáticos	28
2.2.3. Mediciones de crecimiento	30
2.2.3.1. Medidas directas	31
2.2.3.2. Medidas indirectas	31
2.2.4. Fisiología de cultivos	33
2.2.5. Fenología	35

2.2.6. Nutrición vegetal	35
2.2.7. Requerimientos edáficos	36
2.2.8. Clima	36
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO	37
3.1. MODELO DE DESARROLLO	37
3.1.1. Fase de Análisis	38
3.1.2. Fase de Diseño	38
3.1.3. Fase de Codificación	39
3.1.4. Pruebas	40
3.1.5. Colofón a la sección: UML	40
4. ANÁLISIS Y DISEÑO	41
4.1. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS	41
4.1.1. Requerimientos funcionales	41
4.1.2. Requerimientos no funcionales	42
4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	43
4.3. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO	47
4.3.1. Diagrama de clases	47
4.3.2. Casos de usos	49
3.3. Diagrama de maquinas de estado (DME)	65
4.3.4. Diagrama de secuencia	66
4.3.5. Diagrama de despliegue	67
4.3.6. Diagrama Entidad-Relacion	68
4.3.7. Interfaces gráficas	72
4.3.8. Diccionario de Datos	74
5. DESARROLLO	87
6. GLOSARIO	89
7. CONCLUSIONES	90
ANEXOS	91

BIBLIOGRAFÍA	93
INDICE ALFABÉTICO	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de desarrollo y crecimiento.....	28
Figura 2. Diagrama de Clases de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.....	50
Figura 3. Diagrama general de casos de uso.....	51
Figura 4. Diagrama del casos de uso para crear un nueva curva de crecimiento.....	52
Figura 5. Diagrama de caso de uso para ingreso de datos de un cultivo.....	53
Figura 6. Caso de uso cuatro para ingreso de datos del lote.....	54
Figura 7. Caso de uso cinco para ingresar datos sobre un sitio.....	56
Figura 8. Diagrama de casos de uso seis para propiedades químicas de los suelos.....	58
Figura 9. Diagrama del caso de uso abrir sesión de un registro existente.....	59
Figura 10. Diagrama del caso de uso para ingresar un registro de muestreo.....	60
Figura 11. Diagrama del caso de uso 10 para obtener una curva de TCR.....	62
Figura 12. Diagrama del caso de uso 11 para el ajuste por mínimos cuadrados.....	63
Figura 13. Diagrama de Máquinas de Estado de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.....	66
Figura 14. Diagrama de Secuencia de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos	67
Figura 15. Diagrama de Despliegue Inicialmente Propuesto para PGS.....	69
Figura 16. Diagrama de Despliegue de SDCPC.....	69
Figura 17. Diagrama Entidad Relación de la Versión Inicial.....	70

Figura 18. Diagrama Entidad Relación de la Versión Actual.....	71
Figura 19. Interface Gráfica para el Ingreso de Registros.....	72
Figura 20. Interface Gráfica para la Presentación de Curvas en Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hoja de Vida del Caso de Uso para Crear un Registro para una Nueva Curva de Crecimiento.....	52
Tabla 2. Caso de para ingresar datos sobre un cultivo.....	53
Tabla 3. Hoja de vida del caso de uso para ingresar datos sobre un lote.....	55
Tabla 4. Hoja de vida de caso de uso para ingresar información sobre suelos.....	57
Tabla 5. Hoja de vida para abrir un registro ya existente.....	57
Tabla 6. Hoja de vida para ingresar registro de muestreo (caso de uso 8).....	59
Tabla 7. Hoja de vida para el caso de uso de para modificar valores de un lote	61
Tabla 8. Caso de uso para obtener Tasa de Crecimiento Relativo.....	62
Tabla 9. Caso de uso para realizar Ajuste por Mínimos Cuadrados.....	64
Tabla 10. Hoja de vida del caso de uso para modificar las propiedades físico químicas del suelo.....	65
Tabla 11. Diccionario de Datos para la Entidad Especie.....	74
Tabla 12. Diccionario de Datos para la Entidad Índice de Plantas.....	75
Tabla 13. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos Climáticos.....	75
Tabla 14. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Elementos Mayores.....	76
Tabla 15. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Propiedades Edáficas.....	76
Tabla 16. Diccionario de Datos para la Entidad Departamento.....	76
Tabla 17. Diccionario de Datos para la Entidad Cultivo.....	77

Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad Variedad.....	77
Tabla 19. Diccionario de Datos para la Entidad Sitio.....	77
Tabla 20. Diccionario de Datos para la Entidad Muestreo.....	79
Tabla 21. Diccionario de Datos para la Entidad Lote.....	79
Tabla 22. Diccionario de Datos para la Entidad de Estados Fenológicos.....	79
Tabla 23. Diccionario de Datos para la Entidad Fenología.....	80
Tabla 24. Diccionario de Datos para la Entidad Registro.....	80
Tabla 25. Diccionario de Datos para la Entidad Propiedades Químicas de los Suelos.....	81
Tabla 26. Diccionario de Datos para la Entidad Investigación.....	82
Tabla 27. Diccionario de Datos para la Entidad Departamentopais.....	82
Tabla 28. Diccionario de Datos para la Entidad País.....	83
Tabla 29. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio.....	83
Tabla 30. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais.....	83
Tabla 31. Diccionario de Datos para la Entidad Nombrecomun.....	84
Tabla 32. Diccionario de Datos para la Entidad Pro.....	84
Tabla 33. Diccionario de Datos para la Entidad Crecimiento.....	84
Tabla 34. Diccionario de Datos para la Entidad Tratamientos.....	85
Tabla 35. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais.....	85
Tabla 36. Diccionario de Datos para la tabla crecimientoajustado.....	86
Tabla 37. Diccionario de Datos para la tabla repeticion.....	86
Tabla 38. Formulario para el levantamiento de información para la definición de los requerimientos.....	92

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de la Tasa de Crecimiento Relativo.....	28
Ecuación 2. Ecuación general de la curva logística	29
Ecuación 3. Expresión para la transformación monomolecular	30
Ecuación 4. Expresión para la transformación logística	30
Ecuación 5. Expresión para la transformación Gompertz	30
Ecuación 6. Expresión para la transformación exponencial.....	30
Ecuación 7. Relación de Área Foliar	32
Ecuación 8. Relación de Área Foliar	32
Ecuación 9. Tasa de Asimilación Neta	32
Ecuación 10. Área Foliar Específica.....	33
Ecuación 11. Relación de Peso Foliar	33
Ecuación 12. Índice de Área Foliar	34
Ecuación 13. Índice de Área Foliar	34
Ecuación 14. Tasa de Crecimiento de Cultivo	34

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo llevar a cabo el proceso que condujera a la producción de un software que sirviera como herramienta en las investigaciones de desarrollo y crecimiento de cultivos normalmente conducidas por investigadores agrícolas en estudios para la evaluación de nuevas variedades, la evaluación de nuevos insumos y transferencia de tecnología. Además se buscaba sentar las bases para la construcción de un sistema de información útil no sólo para investigadores sino también para productores agrícolas interesados en llevar registros de información relevante de sus lotes, para con ella tomar mejores decisiones de manejo. El principal resultado del trabajo fue un sistema que permite la obtención de ecuaciones lineales ajustadas por el método de mínimos cuadrados que representan el crecimiento de una variedad de una especie vegetal. Adicionalmente el aplicativo imprime gráficas de los principales índices de crecimiento como son el Índice de Área Foliar y la Tasa de Asimilación Neta entre otros.

El software ha sido construido para entorno web con PHP 5, utilizando el paradigma de Orientación a Objetos y el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador.

Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos, SDCPC por sus siglas en español, es la fase inicial de un proceso que conducirá a un software que en el futuro simulará relaciones entre los componentes de un agroecosistema.

ABSTRACT

The purpose of this work is to give the necessary steps to produce a useful software tool for investigations designed to study the development and growth of plants. This type of research is normally conducted by agricultural researchers evaluating new varieties, testing new agricultural methods and technology transfer. An additional aim was to set baseline measures to construct an information system not only useful for researchers but for farmers interested in registering their plot's relevant data and later use it to make better management decisions.

Perhaps the most valuable result of this work is an algorithm that gives adjusted lineal equations reflecting the growth of a vegetable specie variety. In addition, the software prints graphics of the main growth indexes such as Leaf Area Index and Net Assimilation Rate in addition to many others.

The software has been written for a web environment using PHP 5, Object Oriented Paradigm and Model View Controller for the architectural pattern.

Monitoring to the development, growth and crop production, Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivo - SDCPC, because of the abbreviation in Spanish, has been the first stage in a process that, in the future, will be used to simulate relations between components belonging to an agroecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta los principales aspectos del proceso de software para la construcción del aplicativo que se ha llamado SEGUIMIENTO AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS con sigla SDCPC. Se trata de un software para el entorno web diseñado para el seguimiento al desarrollo y crecimiento de cultivos, concebido y elaborado por el Ingeniero Agrónomo Alfredo Covaleda Vélez y presentado como su proyecto de tesis en la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede principal para obtener el título de Tecnólogo en Informática.

El autor del presente trabajo de tesis cree en la gran utilidad que representa para los profesionales de la agricultura, la forestería y la biología, el hecho de poder contar con herramientas informáticas que faciliten los procesos de investigación en estudios para la evaluación de nuevas variedades, la evaluación de nuevos insumos y transferencia de tecnología y que además ofrezcan información que brinde criterios para tomar decisiones adecuadas con el fin de efectuar prácticas de manejo mas racionales. Uno de las metas del autor al largo plazo consiste en el desarrollo de un software que permita simular diferentes procesos que ocurren al interior de los agroecosistemas y que involucran a las plantas en relación con agentes patógenos, insectos plaga, organismos benéficos, propiedades físico químicas de los suelos, condiciones climáticas y por supuesto, prácticas de manejo. Sin lugar a dudas se trata de una propuesta ambiciosa poco probable de realizarse en un breve lapso de tiempo y que por ende debe hacerse de

manera secuencial cumpliendo diferentes fases. El aplicativo SDCPC, que acá se presenta, es la primera fase de ese proceso y obedece al hecho de que el crecimiento vegetal es la piedra angular de las simulaciones de agroecosistemas en donde una planta crece como individuo y los cultivos como comunidad de plantas. Una segunda meta, formulada para el mediano plazo y concebida para un uso mas general, consiste en el desarrollo de un sistema de información que sirva como herramienta para que los agricultores puedan hacer un mejor seguimiento a sus lotes de cultivo.

Una de las principales funcionalidades de SDCPC lleva a la obtención de ecuaciones lineales ajustadas por el método de mínimos cuadrados que sirven para modelar el crecimiento de una variedad de una especie vegetal. Adicionalmente el aplicativo grafica a la materia seca contra tiempo, al igual que lo hace para la Tasa de Crecimiento de Cultivo, la Tasa de Asimilación Neta y la Relación de Área Foliar. El software también involucra la posibilidad de hacer seguimiento fenológico a las especies estudiadas.

SDCPC ha sido construido para entorno web con PHP 5, utilizando el paradigma de Orientación a Objetos y el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador.

El software está principalmente orientado a investigadores y estudiantes pero también podrá ser utilizado por los productores agrícolas que deseen realizar el seguimiento de sus cultivos y de sus lotes de cultivo en aras de hacer un racional manejo de ellos.

1.1. TÍTULO DEL PROYECTO

El software que se desarrolla dentro del marco de este proyecto de tesis ha sido titulado **Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos – SDCPC** y es

propuesto y adelantado por el estudiante de Tecnología en informática Alfredo Covaleda Vélez bajo la dirección del profesor Ricardo Bustos para optar por el título de Tecnólogo en Informática de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Bogotá.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la Bioinformática ha tenido un relativo poco desarrollo. Los grupos pioneros en bioinformático en el país son el grupo de Química Farmacéutica de la Universidad Nacional, el grupo de Bioinformática de Cenicafe, el grupo de Patología Vegetal de la Universidad de los Andes, mas los grupos de la Universidad del Valle y otro en la Universidad del Cauca (Restrepo S, Pinzón A, Rodríguez-R LM, Sierra R, Grajales A, et al, 2009). Es procedente aclarar que estos grupos trabajan mayoritariamente en aspectos de genómica. Por tratarse de un campo aún joven y de poco desarrollo, la bioinformática en Colombia ofrece enormes posibilidades para la solución de problemas prácticos y la generación de nuevo conocimiento en y para la agroindustria, la medicina, la farmacéutica, la educación, los pequeños y medianos productores y las entidades gubernamentales.

Por ser la plantas organismos vivos que siguen leyes generalmente muy complicadas y complejas, los procesos de desarrollo y seguimiento de los cultivos involucran muchas variables y subprocesos que abarcan desde la genética de la planta hasta las prácticas de manejo de cultivos pasando por la plasticidad fenotípica de la planta. Pese a tratarse de un fenómeno complejo, el estudio del crecimiento aun conserva la clásica metodología determinista que se ha venido empleando desde el siglo XIX. El proceso de software aquí planteado busca la construcción de una herramienta que sirva como soporte a los investigadores en los estudios de crecimiento de cultivos desde esa aproximación clásica

pero que a su vez permita sentar las bases para un futuro software de simulación de crecimientos de cultivos en función de algunos factores parametrizables de suelo y de clima e incluyendo agentes de los patosistemas. Se aspira que aquel software del futuro incluso permita llevar a cabo predicciones en el campo de la agronomía y de los procesos biológicos en general que involucran vegetación.

Hasta donde el autor conoce probablemente no existe un software específicamente diseñado para la evaluación y seguimiento de cultivos dentro del contexto de proyectos de investigación. Este hecho hace que este software tenga el potencial de ser una herramienta verdaderamente útil para investigadores, para extensionistas e incluso para promotores de ventas de semillas e insumos agrícolas. En la literatura especializada en el tema del desarrollo de simulaciones de crecimiento de plantas se encuentra que una gran mayoría de trabajos para el desarrollo de plantas virtuales se realiza desde el punto de vista arquitectural haciendo uso de los Sistemas-L. No obstante, aunque parezca reiterativo, el enfoque biológico que se propone para este software se plantea desde un enfoque clásico probablemente mas básico como lo es la perspectiva del ajuste de las ecuaciones tradicionales que se emplean para modelar el crecimiento.

El software inicialmente se había bautizado como Plant Growth Simulator pero finalmente se cambió su nombre a Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos - SDCPC. La idea ambiciosa hacia el futuro es obtener un simulador de crecimiento vegetal que por lo tanto involucra las relaciones suelo – planta – clima no solo para una planta individual sino para una comunidad vegetal bien sea un agroecosistema o un ecosistema natural. La fase a la que corresponde este trabajo de tesis es la fase inicial, quizás la mas importante, consistente en definir la estructura básica del software así como las variables

que se utilizarán para evaluar el crecimiento y la manera cómo se utilizarán esas variables para medir el crecimiento. Por esa razón SDCPC en esta fase es un sistema para el seguimiento y ajuste de curvas de crecimiento de plantas. Paralelamente se desea empezar a desarrollar una herramienta que permita a los agricultores realizar el seguimiento de sus cultivos y de sus espacios de uso agrícola.

El software incluye funcionalidades que apelan a una serie de desarrollos matemáticos y conceptuales clásicos de la fisiología vegetal, de la fisiología de cultivos y la ciencia del suelo. Entre los principales está la curva de desarrollo y crecimiento, la tasa de crecimiento relativo, diferentes índices como por ejemplo el índice de área foliar, relación del área foliar, duración del área foliar, la tasa de crecimiento de cultivo y si en futuras versiones se incluirán las relaciones nutricionales entre elementos y la *ley* del mínimo de Liebig entre otros.

1.3. ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN

A pesar de la oferta de ciertas herramientas informáticas para la administración de fincas en el mercado, no obstante la existencia de algunos paquetes para evaluar el crecimiento de ciertas especies cultivadas y el desarrollo de algunos sistemas expertos, en opinión del proponente de este trabajo de tesis aún es muy deficitario el inventario de herramientas de software para la agronomía y quizás también para la biología aplicada y para su enseñanza. Siendo la agronomía y la biología, respectivamente una disciplina y una ciencia tan amplias, existen muchas necesidades de programas informáticos. El análisis de desarrollo y crecimiento es uno de los tipos de estudio mas frecuentes en agronomía y biología botánica. De hecho, como cualquiera podría constatarlo en la biblioteca de cualquier universidad, es muy frecuente que los estudiantes de las universidades

desarrollen algún estudio de análisis de desarrollo y crecimiento como trabajo de tesis de grado para optar por títulos profesionales en agronomía, agroecología y biología. Fuera del ámbito académico la frecuencia de los análisis de desarrollo y crecimiento es incluso mayor. Este es el caso de las pruebas de campo que se requieren para la evaluación de nuevas variedades de especies cultivadas e incluso es el caso de las parcelas demostrativas que establecen los vendedores de semillas e insumos agrícolas.

El interés con este proyecto es obtener al final del proceso un software que sienta la bases para la simulación de crecimiento de plantas de ciclo corto y que cubra necesidades de aprendizaje, de investigación, toma de decisiones y de seguimiento de cultivos y lotes agrícolas. Si bien Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos está pensado para que en el futuro puedan ser incluidos otros subsistemas como enfermedades y plagas, el alcance de este software tan sólo llega hasta la obtención de una curva ajustada que modele el crecimiento de plantas de una comunidad vegetal dentro de un ambiente edáfico y climático.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo el proceso de Software que conduzca a la obtención de una herramienta para el seguimiento al crecimiento vegetal y que sienta las bases para un futuro simulador de crecimiento y desarrollo de plantas.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Brindar a la comunidad educativa, a los investigadores y a los productores agrícolas una herramienta que permita ajustar curvas de crecimiento y hacer seguimiento al desarrollo fenológico.

- Lograr que el software obtenido posibilite una fácil integración con futuros módulos adicionales que hagan uso de las clases y de los valores registrados en la base de datos en la primera versión de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.
- Lograr que el software sea una herramienta que le permita a los investigadores y productores hacer un seguimiento detallado a los lotes agrícolas.

2. MARCO TEÓRICO

En las siguientes páginas se presentan los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo del software propuesto.

2.1. ANTECEDENTES

Paulien Hogeweg y Ben Hesper acuñaron el término Bioinformática al final de los años 70 para referirse al estudio de procesos informáticos en sistemas bióticos. Aunque el término Bioinformática se reconoce y se asocia normalmente a la genómica y la genética, la Bioinformática implica en general la creación y el avance de las teorías, las bases de datos, los algoritmos y las técnicas computacionales y estadísticas para la resolución de problemas tanto formales como prácticos que surgen en el manejo y análisis de los datos resultantes de los estudios biológicos. Además de la genómica y la genética, la bioinformática tiene, entre muchos otros campos de investigación y desarrollo, el Modelamiento de Sistemas Biológicos como es el caso del modelamiento de ecosistemas y el modelamiento de enfermedades infecciosas.

Se puede constatar que en la actualidad existen varios programas informáticos de naturaleza similar al acá propuesto y adicionalmente existe una macro de una hoja de cálculo en Excel para, valga la redundancia, calcular los índices de crecimiento. Algunos de los paquetes de software existentes son DSSAT y SWAP32. DSSAT es la sigla de Decision Support for Agrotechnology Transfer y es un software privativo que ha tenido

muchos años de desarrollo y que tan sólo hasta su versión 4.0 contó con un entorno gráfico. DSSAT se ha desarrollado para simulaciones de sorgo, trigo, maní, mijo, tomate, maíz, yuca, frijol de soya, girasol, cebada, garbanzo, pastos, papa y caña de azúcar. Posiblemente la empresa y privada y las universidades está haciendo uso de DSSAT en Colombia. En el año 2000 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Bogotá se realizó un proyecto de tesis con el objetivo de evaluar el uso del software para papa (*Solanum Tuberosum*) en Colombia. Aunque distinto en su objetivo, SWAP, que es la sigla Soil-Water- Atmosphere-Plant , es un software holandés de código abierto y libre hecho en Fortran y desarrollado en asocio entre la famosa Universidad Agrícola de Wageningen y Alterra Institute, que simula el transporte de agua, nutrientes y calor en suelos saturados a nivel de campo durante todo el tiempo que dura una temporada agrícola.

Según Fourcaud et al. (2008) el “modelamiento del crecimiento de plantas se ha vuelto una actividad clave de investigación.... en agronomía, forestería y en ciencias ambientales”. Adicionalmente, los mismos autores sostienen que el desarrollo de modelos de crecimiento de plantas ha progresado mucho durante los últimos veinte años gracias al incremento de los recursos computacionales y al intercambio de experiencias entre biólogos, matemáticos y científicos de computadores. Los modelos computacionales, a los que también se les denomina plantas virtuales, son cada vez mas reconocidos e utilizados para la comprensión de las relaciones entre la funciones de los genes, la fisiología de las plantas, el desarrollo de las plantas y la forma resultante de las plantas (Prusinkiewicz, 2004). La teoría de los Sistemas-L de 1968 ha llevado a una muy bien definida metodología para la simulación de la arquitectura ramificada de las plantas. Según Prusinkiewicz (ibid), muchos modelos arquitectónicos se usan para obtener indicios de los

mecanismos de desarrollo de la planta gracias a la incorporación de procesos fisiológicos mientras que de otro lado, otros modelos apuntan a dilucidar la geometría de los órganos mediante la orientación a las relaciones entre patrones de expresión genética y la forma resultante de la planta (ibid).

Es muy importante referirse a los Sistemas Lindenmayer por cuanto ellos constituyen la quintaesencia del desarrollo de simulaciones de plantas desde los últimos 20 a 25 años. Según Gabriela Ochoa los Sistemas-L son formalismos matemáticos propuestos en 1968 por el biólogo Aristid Lindenmayer como fundamento para una teoría axiomática del desarrollo biológico. Dos de las principales áreas de aplicación de este desarrollo conceptual incluyen la generación de fractales y el modelamiento realístico de plantas. Según la misma autora, el aspecto central de los Sistemas-L, es la noción de re escritura, donde la idea básica es definir objetos complejos mediante sucesivos reemplazos de objetos simples utilizando un conjunto de reglas de escritura o producciones. La re escritura puede ser lograda recursivamente. Astrid Lindenmayer introdujo un nuevo tipo de re escritura de cadenas en donde las producciones son aplicadas en paralelo, reemplazando simultáneamente todas las palabras en una letra dada. Las producciones intentan capturar la división celular en un organismo, en donde ocurren muchas divisiones al mismo tiempo.

Como colofón al apartado bien cabe insistir en que el presente software se fundamenta en las ecuaciones tradicionales que se emplean para modelar el crecimiento y que no tiene pretensiones en el sentido arquitectural por lo tanto no se hará uso de los Sistemas-L. Por eso se hace la siguiente presentación de los aspectos mas importantes de la visión clásica de crecimiento que son la base en torno a la cual gira el software propuesto.

2.2. EL CRECIMIENTO

En virtud a que el crecimiento es el eje fundamental en torno al cuál gira la idea del software propuesto, resulta apropiado contar con una o algunas definiciones para el término crecimiento. Básicamente el crecimiento es un “aumento irreversible de volumen” causado por las expansión celular (Taiz & Zeiger, 2006). Sin embargo, el crecimiento también puede medirse en función de la variación de peso fresco, es decir en función del peso de los tejidos vivos a determinados intervalos de tiempo. Esta medida de peso fresco puede ser afectada por las cambiantes condiciones hídricas del suelo y es por esta razón que se considera mucho mas adecuado el uso del peso seco para medir el crecimiento (ibid). Otra forma en la que se mide el crecimiento se refiere al número de células. Naturalmente esto es biológicamente importante por cuanto el desarrollo y crecimiento de las plantas al igual que el de cualquier organismo viviente está asociado a la morfogénesis y a la diferenciación.

2.2.1. Fases de Crecimiento

En algunos textos de Fisiología Vegetal se habla de tres fases de crecimiento a las que se les asignan los nombres de fases: Lag, Log y Estacionaria. Lo que es lo mismo, otros autores como Lallana & Lallana (2003) llaman a estas tres fases de crecimiento fase exponencial o logarítmica, la fase lineal y la fase de senescencia. En otra forma de denominar las fases de crecimiento estas se denominan Fase A, Fase B, Fase C y Fase D. Estas se describen a continuación.

- **Fase A**

Mejor conocida como Fase Lag. Es la fase inicial de crecimiento en donde la tasa de crecimiento es muy baja.

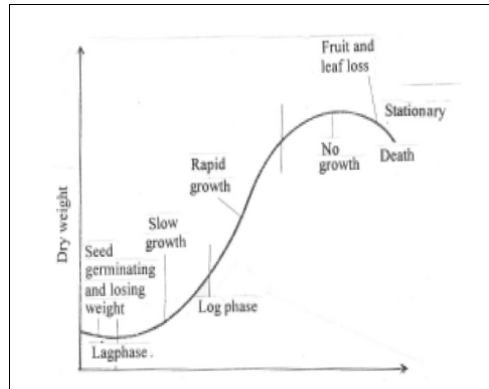


Figura 1. Curva de desarrollo y crecimiento.

- **Fase B**

También llamada fase exponencial o logarítmica. Esta fase muestra un crecimiento rápido y en ella se obtiene el máximo crecimiento.

- **Fase C**

La Fase C es la fase transicional o fase estacionaria, en donde la tasa de crecimiento empieza a decrecer hasta que finalmente se detiene.

- **Fase D**

Fase de senescencia o muerte.

2.2.2. Modelos matemáticos

La Tasa de Crecimiento Relativo, en inglés Relative Growth Rate (RGR), es el concepto central en los análisis de crecimiento de plantas. Esta se define como el incremento de biomasa por unidad de biomasa y de tiempo y se denota como r . Su expresión matemática se presenta en la Ecuación 1.

$$r = \frac{\ln(w_2) - \ln(w_1)}{t_2 - t_1}$$

Ecuación 1. Ecuación de la Tasa de Crecimiento Relativo

Bajo condiciones normales los seres vivos no crecen de manera uniforme a lo largo de su vida. El desarrollo y crecimiento se representa mediante la función sigmoide (figura 1). Las funciones sigmoides se utiliza en general para representar muchos fenómenos biológicos y sistemas complejos. Estas funciones se caracterizan porque siguen como patrón una progresión histórica que comienza con pequeños crecimientos, luego se hace rápido y luego viene un decrecimiento. En la figura 1 se observa la curva de crecimiento que exhibe la típica forma de S de las funciones sigmoides y la ecuación 2 presenta la expresión matemática para las curvas sigmoides y específicamente para la función logística.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Ecuación 2. Ecuación general de la curva logística

Los modelos, pertenecientes a la llamada familia de curvas de crecimiento de Richards son las ecuaciones *monomolecular*, *logística* y *Gompertz y exponencial*.

Las curvas de crecimiento han sido utilizadas para describir el crecimiento de cualquier clase de organismo viviente, desde seres humanos hasta el progreso de enfermedades de plantas. El proceso de ajuste es similar en todos los casos, incluyendo los modelos para el ajuste de las curvas que describen el crecimiento. Este proceso básicamente consiste en la construcción de ecuaciones con parámetros transformados linealmente haciendo uso de las regresiones lineales (Franci y Neher, 1997). También es posible que posean parámetros lineales que “*representan ecuaciones de predicción que se comparan con los datos empíricos que han sido transformados linealmente*” (ibid).

La transformación de datos a la función monomolecular se realiza mediante la ecuación:

$$\ln(1/(1-y))$$

Ecuación 3. Expresión para la transformación monomolecular

La transformación de datos a la función logística se realiza mediante la ecuación

$$\ln(y/(1-y))$$

Ecuación 4. Expresión para la transformación logística

La transformación de datos a la función Gompertz se realiza mediante la expresión

$$-\ln(-\ln(y))$$

Ecuación 5. Expresión para la transformación Gompertz

La transformación de datos a la forma exponencial se realiza mediante la expresión

$$\ln(y)$$

Ecuación 6. Expresión para la transformación exponencial

Desarrollar un software que efectúe el ajuste de cualquiera de las curvas gompertz, logística o monomolecular no es una tarea trivial, particularmente porque el proceso tradicional demanda algunos procedimientos manuales por parte del usuario. El procedimiento debe llevar al cálculo del exponente z de la ecuación 2 para lo cual se requiere la obtención de la tasa de crecimiento, normalmente referida como r por el término rate de la lengua inglesa.

2.2.3. Mediciones de crecimiento

Hunt et al. (2002) definen al análisis de crecimiento de plantas como a una aproximación exploratoria, holística e integradora para la interpretación de la forma y la función de la planta. Para éste análisis se hace uso de datos primarios que “cuantifican pesos, áreas, volúmenes y contenidos de componentes de las planta para investigar procesos que envuelven a la planta entera” (Hunt ET AL., 2002; citando a Evans, 1972; Causton and Venus, 1981; Hunt, 1990).

Adicionalmente, y aunque la definición pueda resultar en extremo obvia, es necesario indicar que el crecimiento es un fenómeno cuantificable o medible en función del tiempo. Como se mencionó en el párrafo anterior, en el proceso se deben medir diferentes partes de la planta como son tallos, raíces, hojas y frutos, obteniéndose de esta manera diferentes medidas directas en términos de longitudes, pesos, áreas, conteos y días. Además de estas medidas directas, el análisis de crecimiento involucra varias medidas indirectas como son RAF, TAN, IAF, TCC y DAF.

2.2.3.1. Medidas directas

Las principales medidas directas tomadas en el proceso de evaluación del desarrollo y crecimiento de plantas son el peso seco total de la planta, el área foliar total y el tiempo. También es útil medir la altura de la planta, las longitudes de tallos, ramas y hojas, número de hojas verdes por planta. Otras medidas directas importantes dentro de un proceso de esta naturaleza tiene que ver con los parámetros fenológicos de la planta y que se miden en número de días desde el momento de la siembra hasta la aparición de un evento tal como la germinación, la emergencia, la aparición de folíolos, ramas, frutos y flores y otras estructuras especiales dependiendo de la especie.

2.2.3.2. Medidas indirectas

Los fisiólogos vegetales han propuesto varios índices que se calculan a partir de las mediciones directas. Los siguientes son esos índices y sus expresiones matemáticas.

- **RAF**

Relación de Área Foliar. En términos de Clavijo (1989), la RAF es la relación entre el área foliar (AF) expuesta por la planta (tejido fotosintetizador) y la biomasa total

de la planta o tejidos capaces de respirar (W). RAF se expresa mediante la siguiente ecuación y se calcula como un valor instantáneo:

$$RAF = \frac{AF}{W}$$

Ecuación 7. Relación de Área Foliar

AF = área foliar de la planta

W = peso seco total de la planta

La anterior no es la única forma de expresar la Relación de Área Foliar. Esta también puede ser expresada así:

$$RAF = AFE * RWF$$

Ecuación 8. Relación de Área Foliar

En la ecuación anterior el término AFE corresponde al área promedio de una hoja abierta por cada unidad de peso foliar (WF).

- **TAN**

Tasa de Asimilación Neta. Es una medida de la eficiencia de una planta o de una población como sistema asimilatorio o en otras palabras, un estimador de la eficiencia fotosintética de la planta (Palomo et al). Es la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo. Matemáticamente se expresa así:

$$TAN = \frac{W2 - W1}{T2 - T1} \frac{\ln AF2 - \ln AF1}{AF2 - AF1}$$

Ecuación 9. Tasa de Asimilación Neta

En donde:

W = peso seco de las muestras en los tiempos 1 y 2

AF = área foliar en los tiempos 1 y 2

- **AFE**

Área Foliar Específica. Se trata del promedio de una hoja abierta por unidad de peso foliar (WF). Esta es una medida de la densidad de las hojas o del grosor relativo de la capa de hojas (Clavijo, 1989).

$$AFE = AF / WF$$

Ecuación 10. Área Foliar Específica

en donde:

AF = área foliar de la planta

WF = peso seco del área foliar

- **RWF**

Relación de Peso Foliar o RPF es un índice para la producción de tejido foliar con respecto al peso seco total.

$$RWF = \frac{WF}{PSP}$$

Ecuación 11. Relación de Peso Foliar

En donde:

WF = Peso seco del área foliar

PSP = Peso seco total de la planta

2.2.4. Fisiología de cultivos

El alcance se indicó SDCPC no solamente llega a la planta individual sino por el contrario SDCPC se concibe como una herramienta que permita entender las dinámicas de la comunidad de las plantas cultivadas. En el numeral inmediatamente anterior se hacía referencia a la Tasa de Asimilación Neta que como ya se dijo es una medida que tanto a nivel de planta como a nivel de cultivo. Sin embargo no es la única medida al nivel de cultivo.

- **IAF**

El *Índice de Área Foliar*. Es una medida derivada a nivel del cultivo. Esta medida es una relación entre el área foliar (superficie sintetizadora) y el área del suelo ocupada por el cultivo. El óptimo se alcanza cuando un cultivo intercepta virtualmente toda la radiación fotosintéticamente activa disponible y la planta está haciendo mayor acumulación de materia seca. El IAF se calcula de la siguiente manera:

$$IAF = \frac{AFT}{S}$$

Ecuación 12. Índice de Área Foliar

En donde:

AFT = área foliar total

En algunas investigaciones se calcula de la siguiente manera:

$$IAF = \frac{AF \times DP}{US}$$

Ecuación 13. Índice de Área Foliar

AF = área foliar

DP = densidad de población

US = unidad de superficie

- **TCC**

La *Tasa de Crecimiento de Cultivo* permite medir el incremento de la biomasa por unidad de tiempo. Su expresión matemática es:

$$TCC = \frac{(W2 - W1)}{(A \times (T2 - T1))}$$

Ecuación 14. Tasa de Crecimiento de Cultivo

En donde:

A = Área en donde el peso fue muestreado

W2 = Peso seco de la muestra 2

W1 = Peso seco de la muestra 1

T2 = Días después de la siembra para el muestreo 2

T1 = Días después de la siembra para el muestreo 1

2.2.5. Fenología

Mientras el crecimiento se puede simplificar al aumento del tamaño o de la biomasa, el desarrollo se define como los cambios cualitativos que ocurren en una planta a lo largo de su ciclo biológico. La Fenología es, por su parte, el estudio de todos estos cambios a lo largo del tiempo. La fenología es, en otras palabras, el estudio del desarrollo de un organismo vivo tal como una planta o un animal. Para el caso de la plantas se habla genéricamente de los siguientes estados fenológicos o de desarrollo:

- Germinación de la semilla
- Nacimiento de la Plántula
- La brotación que consiste en la formación de ramas y de hojas.
- El crecimiento de las raíces
- La floración
- La maduración del fruto

Este software dará la opción de realizar un seguimiento de la fenología de las plantas.

2.2.6. Nutrición vegetal

El crecimiento y desarrollo vegetal ocurren en función de algunos parámetros nutricionales y climáticos para un determinado genotípico. En general existen unos muy bien conocidos efectos nutricionales que son el resultado tanto de las deficiencias como de los excesos de elementos nutrientes. Por convención, en el mundo de las plantas los elementos nutrientes se clasifican en mayores, medios y menores o micronutrientes. Los

nutrientes mayores son el nitrógeno, el fósforo y el potasio; los medios son azufre, calcio y magnesio; y los menores son hierro, zinc, manganeso, boro, cobre y molibdeno.

2.2.7. Requerimientos edáficos

Por definición la edafología es la rama de la ciencia del suelo que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con la vegetación. El numeral inmediatamente anterior hace clara referencia a los elementos nutricionales que constituyen algunos de los mas relevantes asuntos de interés de la edafología. Sin embargo los aspectos químicos de la relación suelo planta deben ser vistos en dos sentidos; uno desde el punto de vista de las necesidad que posee cada planta para su óptimo crecimiento y el otro desde la perspectiva de los contenidos de nutrientes que posee el suelo en forma disponible para las plantas. Además de las propiedades químicas ya expresadas existen otras propiedades, algunas igualmente químicas como el pH, pero también otras de naturaleza física cómo la textura, las densidades, la estructura del suelo, la porosidad, la profundidad de los horizontes A y B entre otros.

2.2.8. Clima

En la sección introductoria de su libro sobre meteorología y climatología de 1998, Montealegre establece que “es innegable que muchas de las actividades agropecuarias gravitan en torno al estado y evoluciones de la atmósfera inferior”. Efectivamente la producción agrícola está condicionada por variables como la cantidad, intensidad, duración y frecuencia de las lluvias, así como las temperaturas máximas y mínimas, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la precipitación y la radiación.

3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

Cada una de las diferentes fases del Proceso de Software puede involucrar en su que hacer uno o mas elementos o actividades de varios de los distintos modelos de desarrollo de software. En los siguientes párrafos se presentan los modelos que se han utilizado y los que se prevé se utilizarán a lo largo del proceso de software para la obtención del software Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.

3.1. MODELO DE DESARROLLO

En principio se consideró que el gran número de factores, la gran cantidad de requerimientos funcionales, algunos de los cuales posiblemente aún no habían sido considerados mientras que otros de los ya considerados posiblemente serían descartados en el proceso, conllevaban a que en lo referente al Modelo de Desarrollo de Software se utilizara un modelo de tipo evolutivo. Se considera que ese modelo evolutivo es el modelo de espiral. Esto en razón a la gran incertidumbre que hace al proceso riesgoso y a la necesidad permanente de ajuste y evaluación que este requiere. De otro lado, la naturaleza misma del proceso a modelar determina el uso del paradigma orientado a objetos

A continuación se explican las fases del ciclo de vida de vida del proyecto desde su concertación y levantamiento de información hasta su puesta en marcha.

3.1.1. Fase de Análisis

Para esta fase se han utilizado elementos de los modelos de desarrollo: Espiral, OMT y RUP. Al principio del desarrollo del proceso para el desarrollo de SDCPC, se consideró que el modelo exclusivo sería el de Espiral. La razón para esa consideración obedecía particularmente a que teóricamente los requerimientos estaban pobremente definidos. Es una realidad que para llegar a la actual definición de requerimientos fue necesario realizar diferentes iteraciones. Cada una de estas iteraciones ha tenido diferentes etapas. Por un lado ha tenido objetivos, con riesgos implícitos y que naturalmente ha tenido un desarrollo de cuyo resultado final se desprende una planificación para el desarrollo de una nueva iteración. De esta manera se han logrado varias versiones del documento de la fase de análisis en donde cada vez más se hizo mayor claridad de los objetivos y de las metas a lograr con el desarrollo del software SDCPC.

Del modelo OMT se destaca y se emplea la presentación del dominio del problema mediante la redacción de un enunciado claro que describa por completo de qué se trata el software en desarrollo.

De RUP se extrae la producción de artefactos como lo es este documento que usted está leyendo y los dos manuales que acompañan a este.

3.1.2. Fase de Diseño

Durante la fase de diseño han sido tomados elementos de desarrollo procedentes de los modelos OOSE, OMT, Espiral, MVC y RUP.

Del modelo **OOSE** se toma la utilización de los Casos de Uso necesarios para la

definición de requerimientos. Adicionalmente, del modelo **OOSE** se extrae el reconocimiento de Objetos y Asociaciones entre ellos. De la misma manera de OOSE se emplea la asignación de atributos y la división en subsistemas. El modelo **OMT** en su concepción tiene muchas características similares a OOSE. No obstante, de OMT fundamentalmente se emplea la creación de un Diagrama de Secuencia, del Diagrama de Maquinas de Maquinas de Estado y la necesidad de la creación de un Diccionario de Datos (Tablas 10 al 27).

El modelo de **Espiral** se está empleando en la fase de análisis en el mismo sentido que se expuso para la fase de Análisis pero a diferencia de ella, en esta etapa de diseño se obtienen fundamentalmente diagramas. De hecho ya se han obtenido varias versiones de Casos de Uso al igual que varias versiones de Diagramas de Clases, Diagramas de Secuencia y de Diagramas de Máquinas de Estado.

3.1.3. Fase de Codificación

Del modelo **OOSE** se toma la semántica de funcionamiento, la toma de decisiones sobre bases de datos y del lenguaje de programación. En una versión temprana de este documento se indicó que dependiendo de las clases y de los métodos era muy probable que durante la codificación fuera necesario emplear el método de **CASCADA**. De esta manera se buscaba garantizar que el software se desarrollara de manera ordenada, lineal y correcta. Naturalmente esto ocurrió así y muy especialmente en el desarrollo del código para el ajuste de curvas que requiere de cierta secuencia de pasos. Por obvio que parezca, de **RUP** se toma la producción de artefactos tanto en términos de código como manuales y documentación en general.

3.1.4. Pruebas

Del método **OOSE** las pruebas de SDCPC tomarán la necesidad de realizar las pruebas del software a través de evaluación de los casos de uso uno a uno. De la misma manera se podría considerar que esto implicará realizar algunos ajustes que tendrán que verse reflejados en la corrección del código y actualización de manuales. Acá podríamos entonces estar hablando de RUP. Todo lo anterior, si bien implica ir a la fase anterior, de cualquier forma debe considerarse como un resultado de la fase de pruebas y como se puede observar implica una serie de pasos y subfases que sugieren que las pruebas también implican el uso del método Espiral.

3.1.5. Colofón a la sección: UML

A lo largo de esta sección 3.1 se describió cómo se abordaría cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto y con ello resultó evidente que es muy poco probable que un software se desarrolle haciendo uso de tan sólo una única aproximación metodológica. El uso de tan diversos Modelos de Desarrollo, como los que se ha previsto estarán involucrados a lo largo de su proceso de software de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos (SDCPC), implica que lo que realmente se está utilizando en el desarrollo de SDCPC es el UML que agrupa herramientas de diseño provenientes de todos los métodos de desarrollo de software. Por esa razón en la sección correspondiente al diseño del software se presentan diferentes diagramas que hacen parte del UML. Estos son Diagrama de Clases, de Casos de Uso, al igual que varias versiones de Diagramas de Secuencia y de Diagramas de Máquinas de Estado.

4. ANÁLISIS Y DISEÑO

El análisis y diseño particularmente tienen como intención el levantamiento de información para la definición de requerimientos y la planeación y presentación de la manera como finalmente quedará construido el software. Por esa razón en la primer parte de esta sección se hará toda una presentación del dominio o ámbito en al cual se circunscribe el software que se propone desarrollar. Posteriormente se presentarán algunos de los diagramas resultantes del diseño y a los que se hacía mención en el capítulo sobre el modelo de desarrollo.

4.1. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

La captura de los requerimientos se realizó mediante dos técnicas básicas. La primera fue la realización de entrevistas no estructuradas y la segunda fue la revisión de notas del desarrollador, quien es agrónomo de profesión, así como de documentos de publicaciones seriales especializadas. El listado de los documentos consultados se encuentra en la sección bibliográfica de los anexos. En el anexo también se encuentra el formato empleado para la definición de requerimientos (Tabla 38).

4.1.1. Requerimientos funcionales

Con el fin de iniciar el camino hacia la construcción de un futuro simulador de crecimiento, en principio es indispensable la construcción de un software que cumpla con los siguientes aspectos.

- ♦ El usuario debe ingresar los valores de pesos de materia seca y área foliar para cada muestreo.
- ♦ El usuario puede escoger entre modelos existentes y puede modificar sus valores.
- ♦ El usuario puede modificar las tasas de crecimiento para poder crear sus propias curvas teóricas.
- ♦ Debe calcular y mostrar:
 - ♦ Índice de Área Foliar (IAF).
 - ♦ Tasa de Crecimiento de Cultivo.
 - ♦ Tasa de Asimilación Neta (TAN).
 - ♦ Área Fotosintética (AF).
 - ♦ Área de Superficie del Suelo (AS).
 - ♦ Duración del Área Foliar.
 - ♦ Biomasa Total.
 - ♦ Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)
- ♦ Los resultados deben mostrarse al usuario en gráficas y tablas.
- ♦ El sistema debe permitir la parametrización de los estados fenológicos de las especies.
- ♦ El usuario puede ingresar y editar información del sitio, del lote y de suelos.

4.1.2. Requerimientos no funcionales

Con el claro objetivo de poder llegar a un simulador de plantas a partir de este software o cuando menos poder agregar módulos a SDCPC, se necesita que el software sea especialmente mantenible. De esta manera se quiere asegurar que la implementación de las futuras clases y funcionalidades así como la modificación de las actuales, no implique cambios significativos. Adicionalmente se quiere que las interfaces gráficas sean de buen aspecto y de uso sencillo.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

En el marco teórico se estableció que la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) es el concepto central de los análisis de crecimiento. Por este motivo es obligatorio que el software calcule este valor para el conjunto de datos. Otro resultado deseable de un trabajo de análisis de crecimiento es la obtención de los parámetros lineales de los datos ajustados a las curvas Gompertz, Logística, Monomolecular, Exponencial y/o Logarítmica. La obtención de esos parámetros lineales debe ser realizada mediante una regresión lineal de los datos transformados de peso de biomasa seca total contra el tiempo. Además de los parámetros lineales (la intercepción de la recta en el eje y y la pendiente de la recta), es indispensable obtener los coeficientes de correlación y de determinación. Para efectos del presente trabajo bastará con el ajuste de tan sólo una de las curvas de ajuste. La curva ajustada debe ser graficada. Igualmente se debe presentar una tabla con los resultados de los parámetros lineales y los coeficientes. Además de lo anterior, el software suministrará todo el conjunto de índices que se busca obtener en esta clase de estudios tanto a nivel de planta como del cultivo. Los índices que el software arrojará son el Índice de Área Foliar (IAF), la Relación de Área Foliar (RAF), la Tasa de Asimilación Neta (TAN), el Área Foliar Específica, la Relación de Peso Foliar (RWF) y la Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC).

Para este efecto, el usuario inicialmente debe crear un registro para la curva. Orden seguido digita los datos esenciales para identificar a la especie vegetal para la que se hace la curva. Posteriormente ingresa datos de información geográfica y espacial. La gran mayoría de estos datos son de obligatorio ingreso. Punto seguido se inicia una etapa esencial consistente en la estructuración del muestreo para todo lo largo del proceso de investigación. El usuario debe ingresar la frecuencia de toma de muestras, el número de

plantas a muestrear, las variables que se han a medir en cada muestreo y el tipo de Diseño Experimental entre otros.

Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos (SDCPC) debe permitir al usuario, según sea su interés, elegir curvas de crecimiento de plantas ya existentes en el sistema o crear nuevas curvas. Puede modificar los valores de curvas existentes para crear nuevas curvas. En virtud a que se busca que versiones futuras de este software permitan ejecutar simulaciones que permitan evaluar el crecimiento en función de cambios sobre diferentes parámetros nutricionales, edáficos y climáticos, en la base de datos se deben incluir tablas para varios de estos aspectos.

Al crear nuevas curvas desde cero, en primer lugar se debe ingresar información asociada sobre la especie cultivada, la densidad de cultivo, el sitio de siembra para su geo referenciación y las propiedades físicas y químicas y clasificación taxonómica del suelo. Una vez salvada la información anterior, los parámetros que se deben ingresar para cada muestreo son la fecha, el número de días desde la siembra, el área foliar y los pesos de materia seca de hojas, de tallos, de raíces, de flores y de frutos o simplemente el peso seco de toda la planta. Del mismo modo el usuario podrá ingresar la información asociada a prácticas de manejo.

El aplicativo debe graficar a la materia seca contra tiempo, la Tasa de Crecimiento de Cultivo, la Tasa de Asimilación Neta y la Relación de Área Foliar entre otros. Adicionalmente debe mostrar tablas de los índices calculados y la serie de datos crudos a partir de los cuales se construyen las gráficas y se obtienen los índices.

El usuario ingresa al sistema y selecciona en el menú Inicio entre Curva de Crecimiento, Estudio Fenológico o Ciclo de Producción (ver Figura 3). La opción Ciclo de Producción se indica pero no será parte de la versión del software resultante de este proceso. Al elegir Curva de Crecimiento, inmediatamente se despliega un submenú con tres opciones: Nueva Curva, Abrir Sesión, Tasa de Crecimiento y Eliminar Curva (ver Figura 3). Seleccionando la opción Nueva Curva del menú se despliega un formulario que solicita el ingreso de los nombres científico y común de la especie, el nombre de la variedad y una descripción de esta última. Los datos digitados por el usuario en este formulario son registrados o comprobados en cuatro tablas de la base de datos. Estas tablas son especie, nombrecomun, variedad, y registro. El sistema verifica si los registros de especie, nombre común o variedad han sido previamente registrados, mas sin embargo no se lo notifica al usuario. Esto implica que si no existen los registra y les asigna un identificador que es una entero autoincremental, pero si el registro ya existe entonces captura su id y continua verificando. Una vez que se completa este proceso el sistema crea un código formado por el número 1 o 2, un según el caso y un guion seguido por doce dígitos provenientes de la función de php que captura la fecha y hora. Una vez efectuado el registro de la nueva curva se despliega un formulario para el ingreso de información de algunos parámetros del cultivo tales como la densidad, y el método y fecha de siembra. El registro es generado automáticamente por el sistema garantizando que una vez creado el registro el código generado jamás será repetido.

Posteriormente el usuario debe registrar información geográfica del lote en un formulario localizado en el menú Inicio– Curva de Crecimiento – Editar Curva – Información del Lote. Para ello, previamente debe abrirse una sesión a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Abrir Sesión. Las variables a ingresar para el lote son el área, la longitud, la

altitud y la altura sobre el nivel del mar en la que se encuentra el lote. Adicionalmente el usuario puede ingresar en un formulario la información resultante de un análisis de suelos. Las variables que se registran son la fecha de muestreo, la identificación de la muestra, porcentajes de arena, limo y arcilla, gravilla, pH 1:1, pH 1:2, aluminio, saturación de aluminio, CE, PSI, CaCO_3 , carbón orgánico, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio, magnesio, potasio, sodio, bases totales, manganeso, hierro, zinc, cobre, boro, nitrato, amonio, azufre y fósforo. El usuario también tiene la posibilidad de ingresar registros fenológicos del cultivo a lo largo del ciclo. Sin embargo, como ya se indicó en la sección 2.2.6 sobre Fenología, cada especie puede presentar diferentes estados fenológicos en función de su arquitectura. Por tal motivo, antes de poder iniciar el proceso de registro de observaciones fenológicas, el usuario debe parametrizar los estados fenológicos de la especie que está evaluando. Para realizar esta parametrización se debe ir al menú y tomar la ruta Inicio – Estudio Fenológico – Ingresar Estados. Al digitar en ese vínculo aparece un formulario que solicita el nombre de la especie, nombre del estado fenológico y descripción del estado fenológico. Una vez creados los estados fenológicos, los registros se realizan a través de la ruta Inicio – Estudio Fenológico – Ingresar Estados. Al seleccionar el vínculo de Ingresar Estados se despliega un formulario que contiene los estados fenológicos que anteriormente se habían parametrizado para esa especie en particular. Los estados pueden incluir desde la germinación hasta la senescencia. En este formulario el usuario debe registrar el código de la investigación en curso, la fecha de la observación, el nombre de quien realiza la observación, el número de la etiqueta de la planta y el número de días desde el día de la siembra y por supuesto, el estado fenológico. Adicionalmente el formulario contiene un cuadro de texto para escribir observaciones relevantes al momento de la realización del registro.

El registro de la biomasa es el insumo esencial para la construcción de las curvas. Los registros de la biomasa se efectúan con una sesión abierta. Una vez abierta se debe ir a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Curva – Registros de Muestreo. Allí se despliega un formulario para registrar semana después de la siembra, área foliar total, biomasa seca de las hojas, biomasa fresca de las hojas, biomasa seca de los tallos, biomasa fresca de los tallos, Biomasa Seca de las Hojas, Biomasa Seca de los Tallos, Biomasa Seca de los Fruto, Biomasa Seca Total y Área Foliar.

Adicional al módulo de ingreso de datos a través de los formularios anteriores, el sistema debería contar con un módulo para la edición de la información registrada en ellos.

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

Esta sección está dedicada exclusivamente a la etapa de diseño, y tal como ya se adelantó en la sección tres, para el diseño de SDCPC se ha hecho uso del UML que implica la creación de una serie de diagramas: Diagrama de Clases, de Casos de Uso, al igual que varias versiones de Diagramas de Secuencia y de Diagramas de Máquinas de Estado. Esos diagramas se presentan a continuación.

4.3.1. Diagrama de clases

El diagrama de clases es un tipo de diagrama estático muy relevante tanto para el desarrollo como para la presentación de la idea del software. El diagrama que se presenta en la figura 2 es un modelo del sistema tal y como sería en el mundo real y aunque una de las pretensiones de la programación orientada a objetos es desarrollar software de la manera mas parecida a la realidad, el software resultante no implica que estas clases de la vida real sean necesariamente las que se encuentren en el software. De hecho,

muchas de ellas no harán parte del software; cuando menos no en la versión resultante. Además de entender que esencialmente este diagrama es el modelamiento para la comprensión del sistema en general, además debe ser visto como el derrotero que se tiene a fin de lograr un software que simule una parte de los agroecosistemas. El diagrama cuenta con 19 clases pero en la medida que el software “evolucione” este número crecerá para obtener un modelo que se ajuste lo máximo posible a la realidad observada en la naturaleza.

La clase alrededor de la cual muchas cosas giran en torno es la clase variedad. Como se puede observar en el diagrama de clases existe toda una serie de clases agregadas a la variedad. La razón para que estén agregadas a variedad no es otra diferente a que todas estas clases no tendrían sentido, es decir, no serían necesarias si no existiera la variedad. Algunas de estas clases son ReqEdaficos, ReqClimaticos, RequerimientosMayores, RequerimientosMedios y RequerimientosMenores. Como se puede observar todas estas clases obedecen a características que son necesarias para el crecimiento y desarrollo de cada variedad de una especie en particular. La misma lógica se emplea para la clase cultivo: en un cultivo están agregadas las plantas de una especie. Además, un cultivo, que es una comunidad de plantas de una especie, se encuentra agregado a un lote sobre el cual se realizan diferentes prácticas de manejo. El muestreo es un subconjunto de plantas de la variedad dentro de una estructura de muestreo. La clase lote y la clase lote están relacionadas en la medida en que en un lote existe un suelo que posee características particulares. Por motivos de espacio se omiten del diagrama los atributos del suelo. Los atributos de la entidad suelos son el número de la identificación de campo, el número de laboratorio, el día, mes, año, los porcentajes de arena, limo y arcilla, la clase textural, el contenido de gravilla, pH 11, pH 12, aluminio, porcentaje de saturación de aluminio, ce

Sal, pSI Sal, Carbonato de Calcio (CaCO_3), Carbón Orgánico (%), Nitógeno Total, Capacidad de Intercambio Catiónico, Calcio, Magnesio, Sodio, Bases Totales, el porcentaje de Saturación de Bases, Manganeso, Hierro, Zinc, Cobre, Boro, NNO_3 , NNH_4 , Azufre y el Fósforo.

4.3.2. Casos de usos

A partir del enunciado del problema planteado y de la definición de requerimientos que se desprende de él se define una gran cantidad de casos de uso. En primer lugar se presentará el diagrama general de casos de uso, también conocido como nivel 0, junto con su hoja de vida. Posteriormente se incluyen diagramas de casos de uso para el nivel 1. Adicional al caso de uso general, se presentan los casos de uso para la creación de un registro y los datos requeridos asociados a él como lo son la identificación de la especie sembrada, algunos detalles de la siembra, información del sitio, el lote y las propiedades físico químicas del suelo de lote. Posteriormente se muestran los casos de uso que permiten realizar los ajustes de los datos hasta la obtención de la más óptima recta que representa los datos de crecimiento. Finalmente se describen los casos de uso que muestran las funcionalidades que permiten la edición de algunos de los datos sobre el lote y las propiedades físico químicas inicialmente registradas.

- **Caso de uso 1**

El diagrama que se presenta en la figura 3 establece de manera general las opciones de uso del sistema que tiene el usuario. Este caso de uso corresponde a las opciones del menú horizontal inicial. En este menú no se despliegan opciones para la opción resultados. Resultados despliega su submenú cuando el usuario abre una sesión pero eso es algo para otros casos de uso.

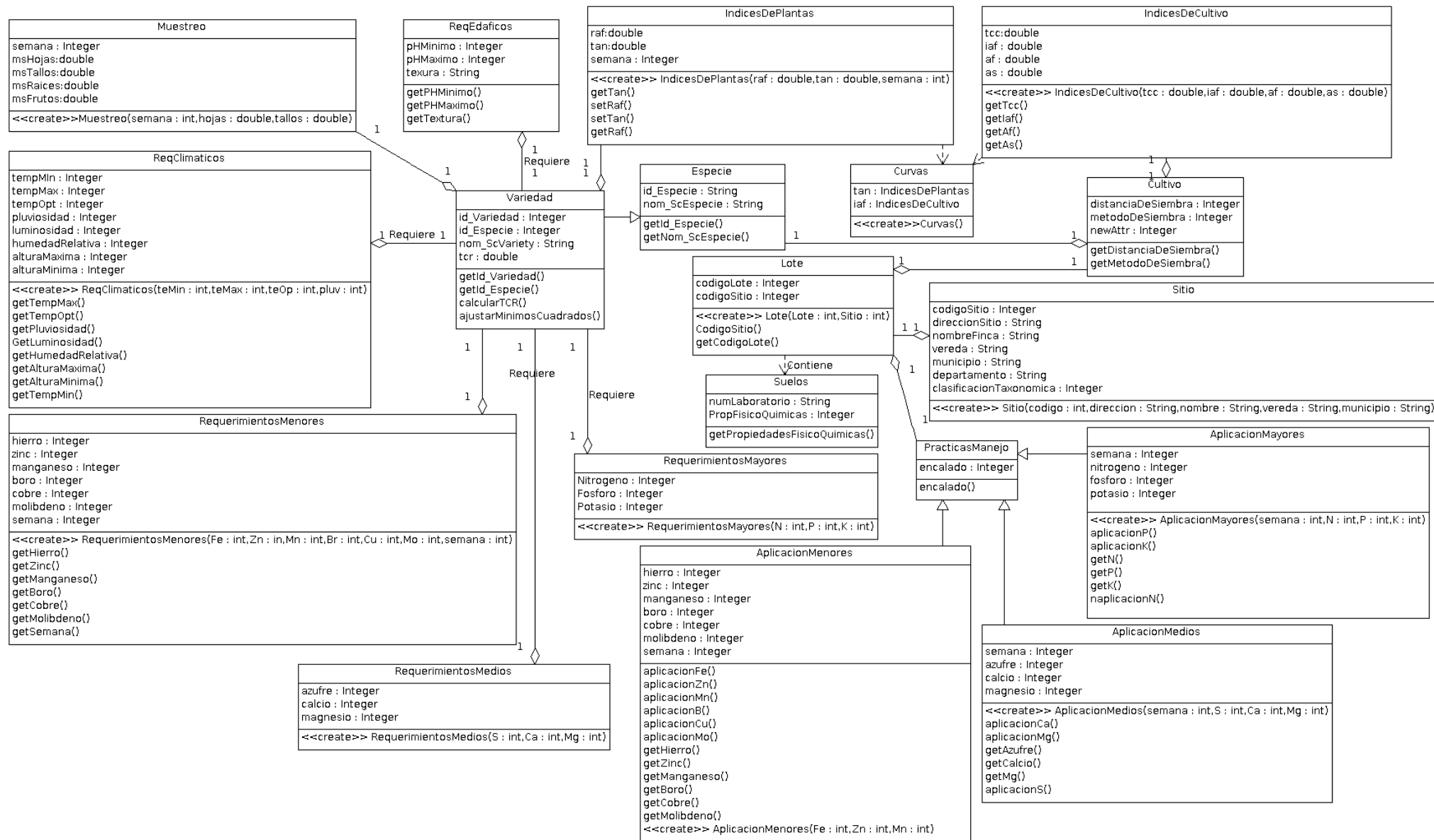


Figura 2. Diagrama de Clases de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos

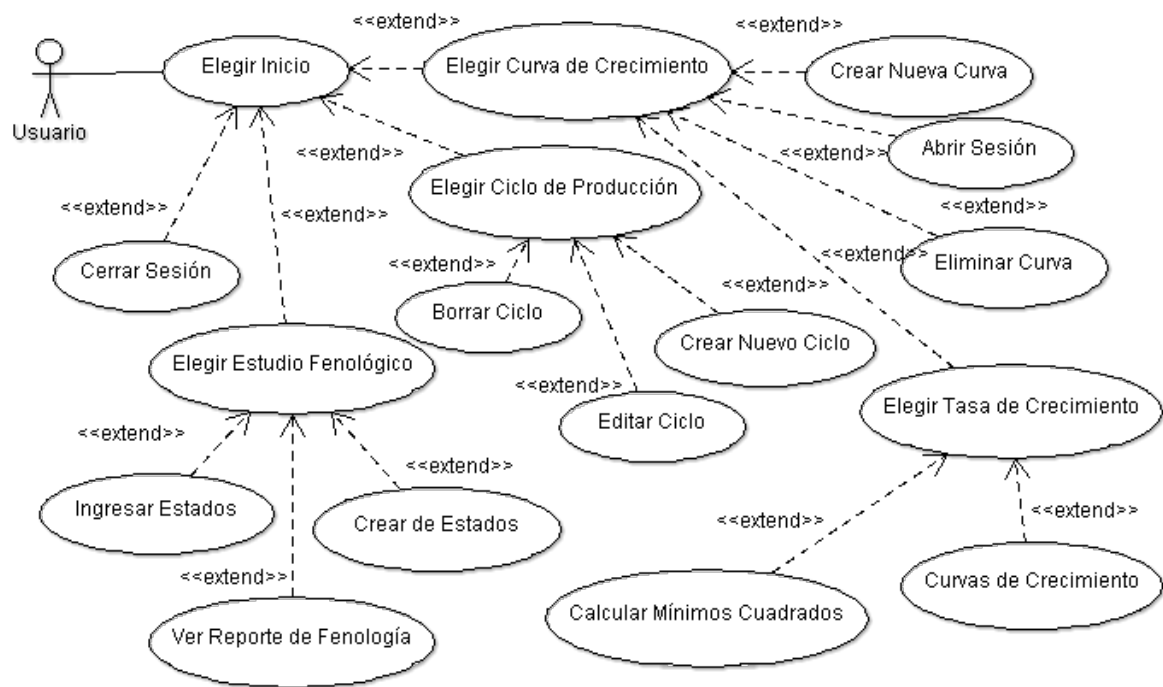


Figura 3. Diagrama general de casos de uso.

- **Caso de uso 2**

El caso de uso números dos muestra el proceso para la creación de una nuevo registro para una nueva curva de crecimiento. Se observa en la tabla 1 que la postcondición del caso de uso 2 es el formulario de nombre Registrar Información General de la Investigación. El caso de uso 2 es muy similar al caso de uso llamado Registrar un Nuevo Ciclo de Producción. La diferencia radica en que mientras para las curvas de crecimiento se genera un registro cuyo primer dígito es el uno, para el ciclo de producción el primer dígito es el dos. La segunda diferencia radica en que la poscondición tras crear el registro de la nueva curva de crecimiento es un formulario que solicita información de la investigación como el título, el objetivo general, la hipótesis y otros mas mientras que en el caso del ciclo de producción sólo pide características de la siembra como densidad y método (figura 5).

Nombre	Crear registro de una nueva curva de crecimiento
Fecha:	Octubre 17 de 2010 y actualizado en Mayo 12 de 2012
Descripción:	Permite crear el registro de una nuevo estudio de desarrollo y recimiento.
Actores:	Usuario, Sistema
Precondiciones:	El programa Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos debe haberse inicializado.
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede a Inicio en el menú principal y selecciona Curva de Crecimiento. 2. Seleccionar Nueva curva. 3. El sistema despliega un formulario para introducir los nombres común y científico de la especie, el nombre de la variedad y alguna observación relevante. 4. El usuario introduce la información completa en el formulario y digita sobre ok. 5. El sistema genera un código de registro cuyo primer dígito es 1. 6. El sistema inicia una sesión con el código de registro recientemente creado 7. El sistema imprime al formulario para el ingreso de para ingresar información general de la investigación.
Flujo Alternativo:	<ol style="list-style-type: none"> 4. El usuario digita sobre ok sin haber ingresado en el formulario los campos obligatorios. 5. El sistema devuelve mensajes indicando que no se ha ingresado los campos obligatorios
Postcondiciones:	El sistema despliega un formulario para ingresar información general de la investigación.

Tabla 1. Hoja de Vida del Caso de Uso para Crear un Registro para una Nueva Curva de Crecimiento

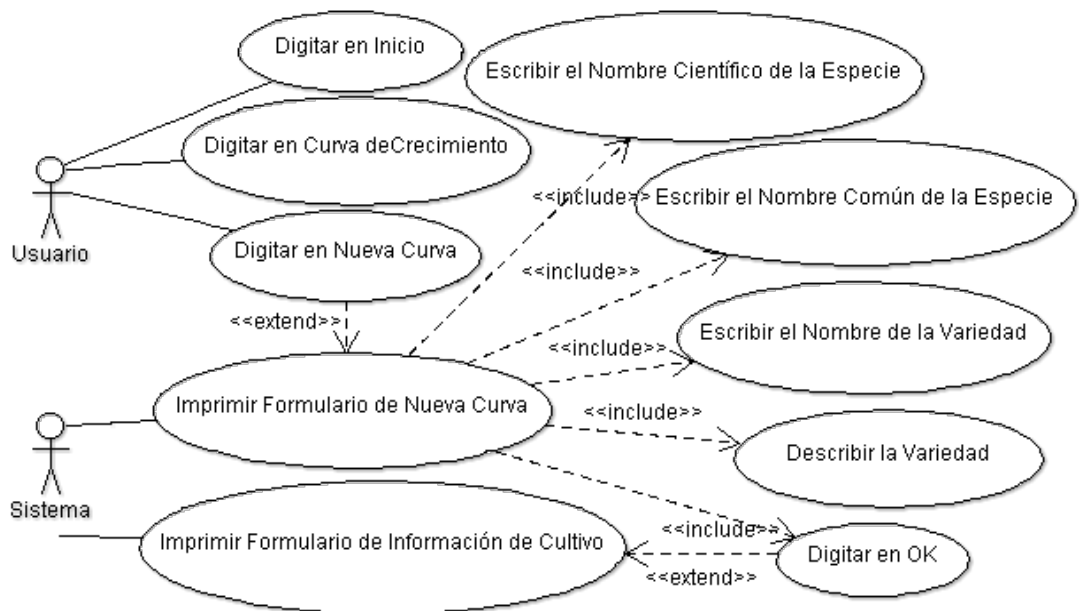


Figura 4. Diagrama de los casos de uso para crear una nueva curva de crecimiento.

● **Caso de uso 3 para ingreso información de un cultivo**

El diagrama número 5 presenta el caso de uso para el ingreso de datos del cultivo.

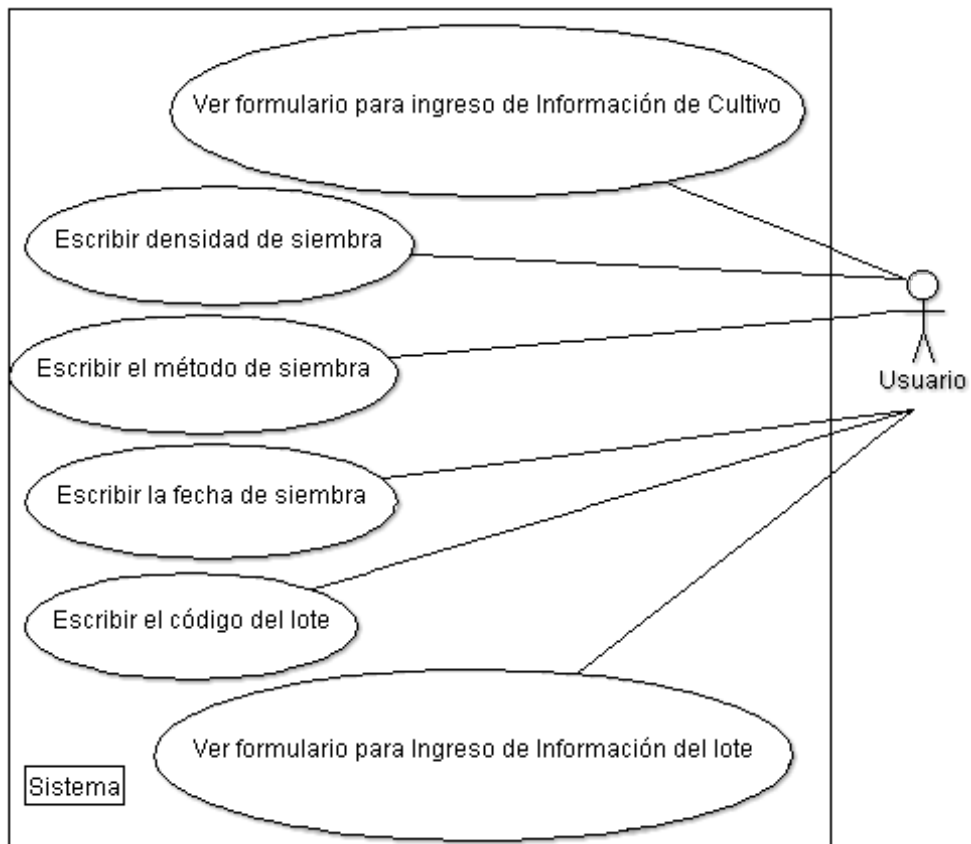


Figura 5. Diagrama de caso de uso para ingreso de datos de un cultivo.

Nombre:	Ingresar Información Sobre Cultivo
Fecha:	Enero13 de 2012
Descripción:	Permite ingresar información general sobre el cultivo.
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	El sistema ha generado y registrado el código de la nueva curva con el número dos (2) como primer dígito y se ha registrado una sesión con ese código.
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega un formulario para ingresar información sobre cultivo. El formulario solicita el registro de la densidad de siembra, el método de siembra, la fecha de siembra y el código del lote. 2. El usuario introduce la información en los campos del formulario. 3. El usuario digita sobre el botón ok. 4. El sistema comprueba la completud del registro y lo almacena. 5. El sistema llama al formulario para el ingreso de Información del Lote.
Flujo Alternativo:	<ol style="list-style-type: none"> 4. El sistema le anuncia al usuario que esta incompleto el diligenciamiento de los campos del formulario para el ingreso de información del cultivo. 5. El usuario debe volver atrás para precisar que campos debe terminar de completar. 2. El usuario introduce la información en los campos del formulario.
Postcondiciones:	El sistema despliega un formulario para ingresar información sobre el lote. (caso de uso 4).

Tabla 2. Caso de para ingresar datos sobre un cultivo

- **Caso de uso 4 para ingreso de datos del lote**

Al ingresar la información del cultivo el usuario asignó un código al lote en donde se estableció o se establecerá el cultivo. Ese código es esencial para el caso de uso cuatro (4) al igual que para el caso de uso cinco (5). En la figura 6 se presenta el caso de uso cuatro para ingreso de información del lote en donde se establece el cultivo.

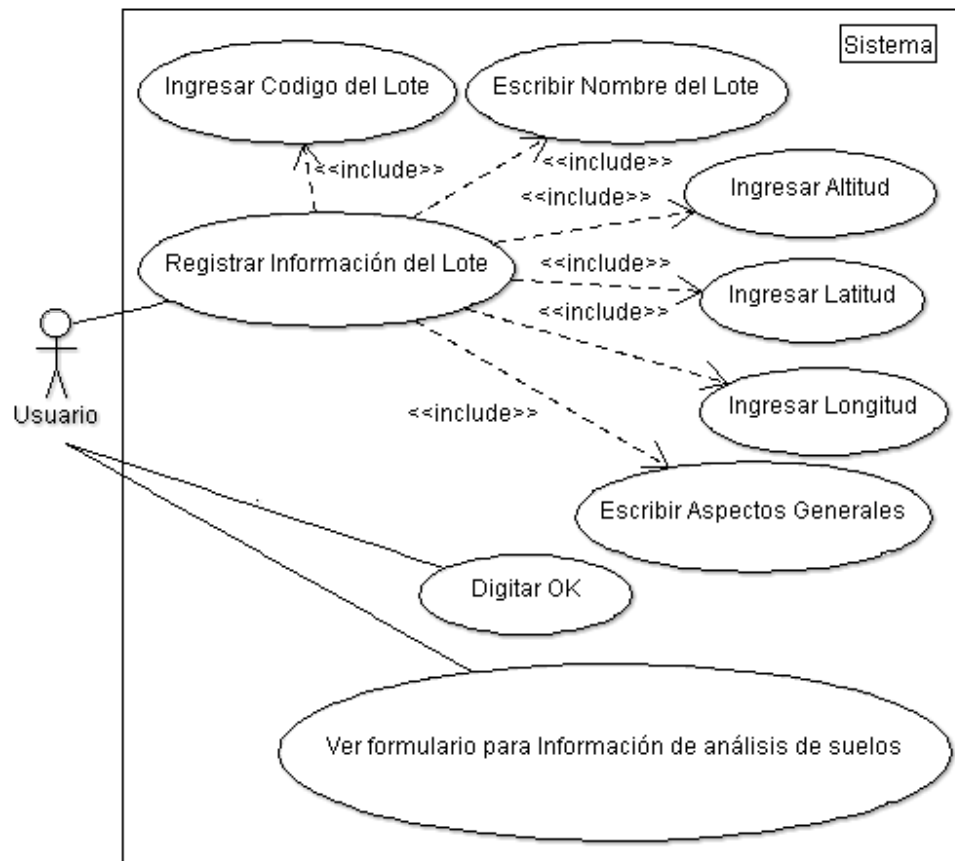


Figura 6. Caso de uso cuatro para ingreso de datos del lote.

Nombre:	Ingresar datos sobre un lote
Fecha:	Octubre 17 de 2010 y revisada en enero 14 de 2012
Descripción:	Permite ingresar información sobre el lote en donde se encuentra establecido el cultivo.
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	El sistema debe tener registrada la información sobre el cultivo al que se le realiza la curva de crecimiento y debe pasar el código del lote a través de una sesión.
Flujo Normal:	

Nombre:	Ingresar datos sobre un lote
1. El sistema despliega un formulario para ingresar información sobre el lote en donde se establece el cultivo. 2. El usuario introduce en el formulario la información sobre nombre del lote, latitud, altitud, 3. El usuario digita sobre el botón ok . 4. El sistema comprueba la completitud del registro y lo almacena.	
Flujo Alternativo: 4. El sistema le anuncia al usuario que esta incompleto el diligenciamiento de los campos del formulario para el ingreso de información sobre el sitio de establecimiento del cultivo. 5. El usuario debe volver atrás para precisar que campos debe terminar de completar. 2. El usuario introduce la información en los campos del formulario.	
Postcondiciones: El sistema despliega un formulario para ingresar información sobre el sitio (caso de uso 5).	

Tabla 3. Hoja de vida del caso de uso para ingresar datos sobre un lote

- **Caso de uso 5 para el ingreso de datos de un sitio**

El caso de uso cinco corresponde al ingreso de datos sobre un sitio. La precondición es el ingreso de información del lote. En el caso de uso cuatro el usuario ingresó un código para el lote. Este código de lote es necesario para el caso de uso cinco (5) y posteriormente para el caso de uso seis. Es tan importante ese código que se creó una sesión llamada lote para ser una y otra vez utilizada en las consultas a la base de datos que se realizan en los casos de uso cinco y seis. Este caso de uso se presenta en la figura 7.

- **Caso de uso 6 para ingresar datos sobre propiedades de los suelos**

La postcondición de caso de uso número cinco es la impresión en pantalla de un formulario para el ingreso de los resultados de los análisis de suelos y de manera muy particular de los análisis químicos y de algunas propiedades físicas (Figura 8).

- **Caso de uso 7 para abrir una sesión**

El caso de uso se trata de abrir un registro de un ciclo de producción o de una curva de crecimiento. Las precondiciones para el caso de uso 7 son la pre

existencia de al menos un registro de una variedad de un cultivo y la certeza de haber cerrado alguna sesión previamente abierta. Al abrir la sesión en la práctica se ejecuta una función que cambia el menú por uno en donde se habilita el despliegue del menú para resultados y a su vez cambia el submenú de la curva de crecimiento permitiendo aparecer un submenú para Editar Datos (ver figura 9).

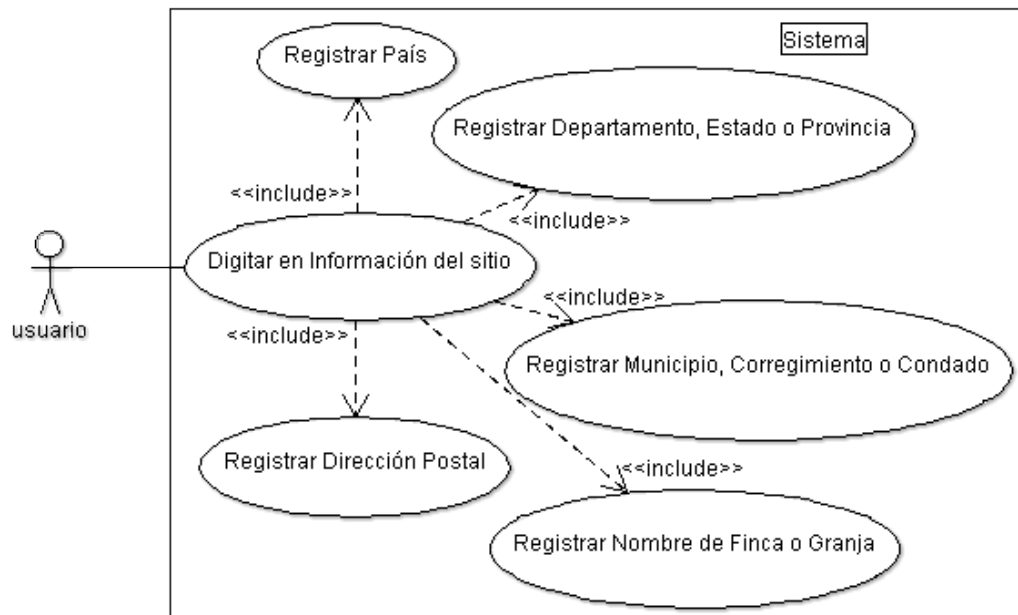


Figura 7. Caso de uso cinco para ingresar datos sobre un sitio

Nombre:	Ingresar Datos Sobre Suelos
Fecha:	Octubre 17 de 2010
Descripción:	Permite ingresar información sobre las propiedades químicas y algunas propiedades físicas del suelo del sitio en donde se encuentra establecido el cultivo.
Actores:	Usuario, Sistema
Precondiciones:	El sistema debe tener registrada la información sobre el lote en el cual se toma la muestra para el análisis de suelos. En el caso de uso y debe pasar el código del lote
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega un formulario para ingresar información del sitio en donde se establece el cultivo. 2. El usuario introduce la información en los campos del formulario. 3. El usuario digita sobre el botón Ingresar. 4. El sistema comprueba la completitud del registro y lo almacena.

Nombre:	Ingresar Datos Sobre Suelos
Flujo Alternativo:	<p>4. El sistema le anuncia al usuario que esta incompleto el diligenciamiento de los campos obligatorios del formulario para el ingreso de datos sobre el propiedades físico químicas del suelo.</p> <p>5. El usuario debe volver atrás para precisar que campos debe terminar de completar.</p> <p>2. El usuario introduce la información en los campos del formulario.</p>
Postcondición:	El sistema despliega un formulario para ingresar registro de muestreo (caso de uso 7).

Tabla 4. Hoja de vida de caso de uso para ingresar información sobre suelos

Nombre:	Abrir sesión de un registro ya existente
Fecha:	Octubre 17 de 2010
Descripción:	Muestra las acciones que se deben realizar para que el usuario pueda escoger una curva ya existente,
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos debe haberse inicializado en un navegador preferiblemente diferente a Explorer. Adicionalmente, ya debe existir al menos un registro de un cultivo. Se debe haber cerrado alguna sesión previamente abierta.
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario despliega en el menú el submenú de la opción Inicio 2. El usuario selecciona la opción Abrir Sesión del submenú Curva de Crecimiento. 3. El Sistema despliega un menú desplegable que contiene los números de registro de las investigaciones. 4. El usuario selecciona del menú el registro de su interés. 5. El sistema cambia el menú horizontal. 6. El sistema imprime en pantalla el nombre común y el nombre científico de la especie, el nombre de las variedades y la característica destacable inicialmente registrada por el usuario.
Flujo Alternativo:	El usuario no elige ninguna curva
Postcondiciones:	El usuario puede elegir entre múltiples opciones del menú horizontal

Tabla 5. Hoja de vida para abrir un registro ya existente.

● Caso de uso 8 para registrar un muestreo

El registros de los muestreos es un caso de uso esencial para las curvas de crecimiento. A este caso de uso se llega a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Datos – Registro de Muestreo. Es muy importante que el usuario ingrese valores en una escala apropiada y que todas las variables de peso estén en el mismo tipo de unidad, es decir que no combine, por ejemplo, gramos con libras o kilos (ver figura 10).

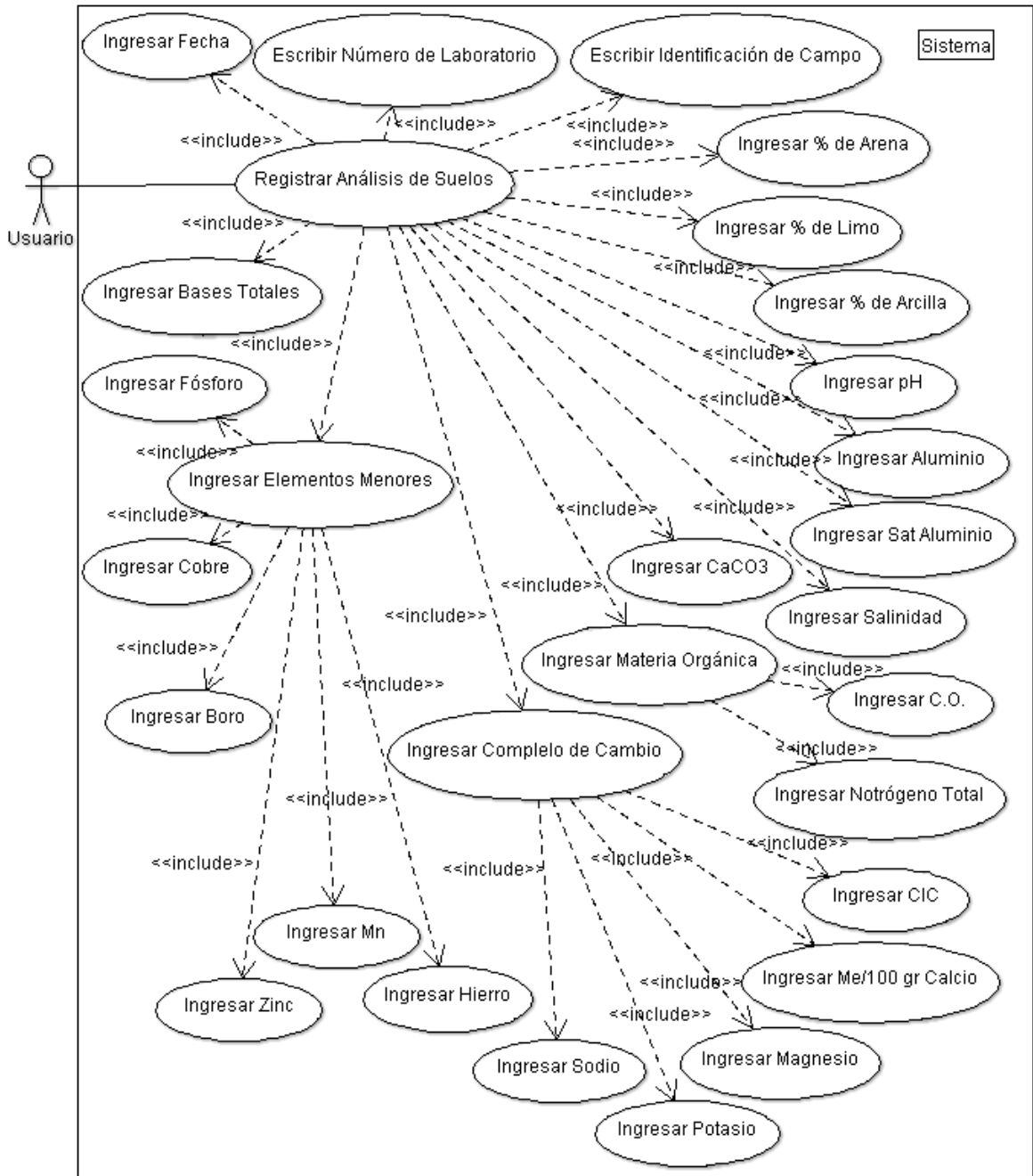


Figura 8. Diagrama de casos de uso seis para propiedades químicas de los suelos.

- **Caso de uso 9 para actualizar información de un lote**

Este caso de uso se emplea para actualizar la información del lote en el se ha establecido o establecerá un cultivo. Este caso de uso es muy similar al caso de uso número cuatro que se muestra en la figura 6.

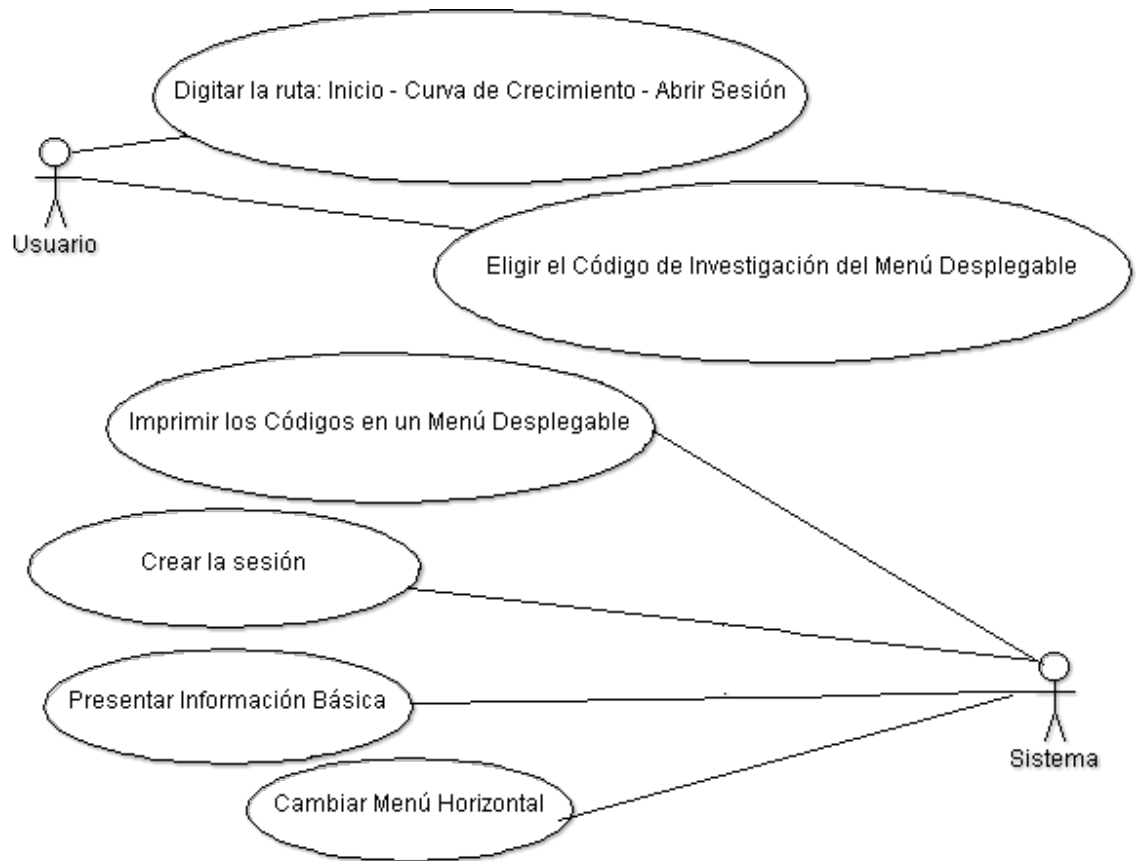


Figura 9. Diagrama del caso de uso abrir sesión de un registro existente.

Nombre:	Ingresar Registro de Muestreo
Fecha:	Octubre 17 de 2010
Descripción:	Permite ingresar información los registros de los pesos de materia seca, las áreas foliares, las longitudes de tallos y demás información evaluada durante el proceso de muestreo para la construcción de una curva de desarrollo y crecimiento de un cultivo.
Actores:	Usuario y Sistema.
Precondiciones:	El usuario debe haber iniciado una sesión (caso de uso 7).
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario despliega en el menú el submenú de la opción Inicio. 2. El usuario selecciona la opción Editar Datos del submenú Curva de Crecimiento. 3. El usuario selecciona Registros de Muestreo del Submenú Editar Datos. 4. El sistema despliega un formulario para ingresar los registros de la muestra. 5. El usuario introduce los datos de pesos y demás en los campos del formulario. 6. El usuario digita sobre el botón Ingresar. 7. El sistema comprueba la completud del registro y lo almacena.
Flujo Alternativo:	<ol style="list-style-type: none"> 7. El sistema le anuncia al usuario que está incompleto el diligenciamiento de los campos del formulario. 8. El usuario debe volver atrás para precisar que campos debe terminar de completar. 4. El usuario introduce la información en los campos del formulario.
Postcondiciones:	El sistema imprime el formulario de muestreo y está listo para aceptar un nuevo registro.

Tabla 6. Hoja de vida para ingresar registro de muestreo (caso de uso 8)

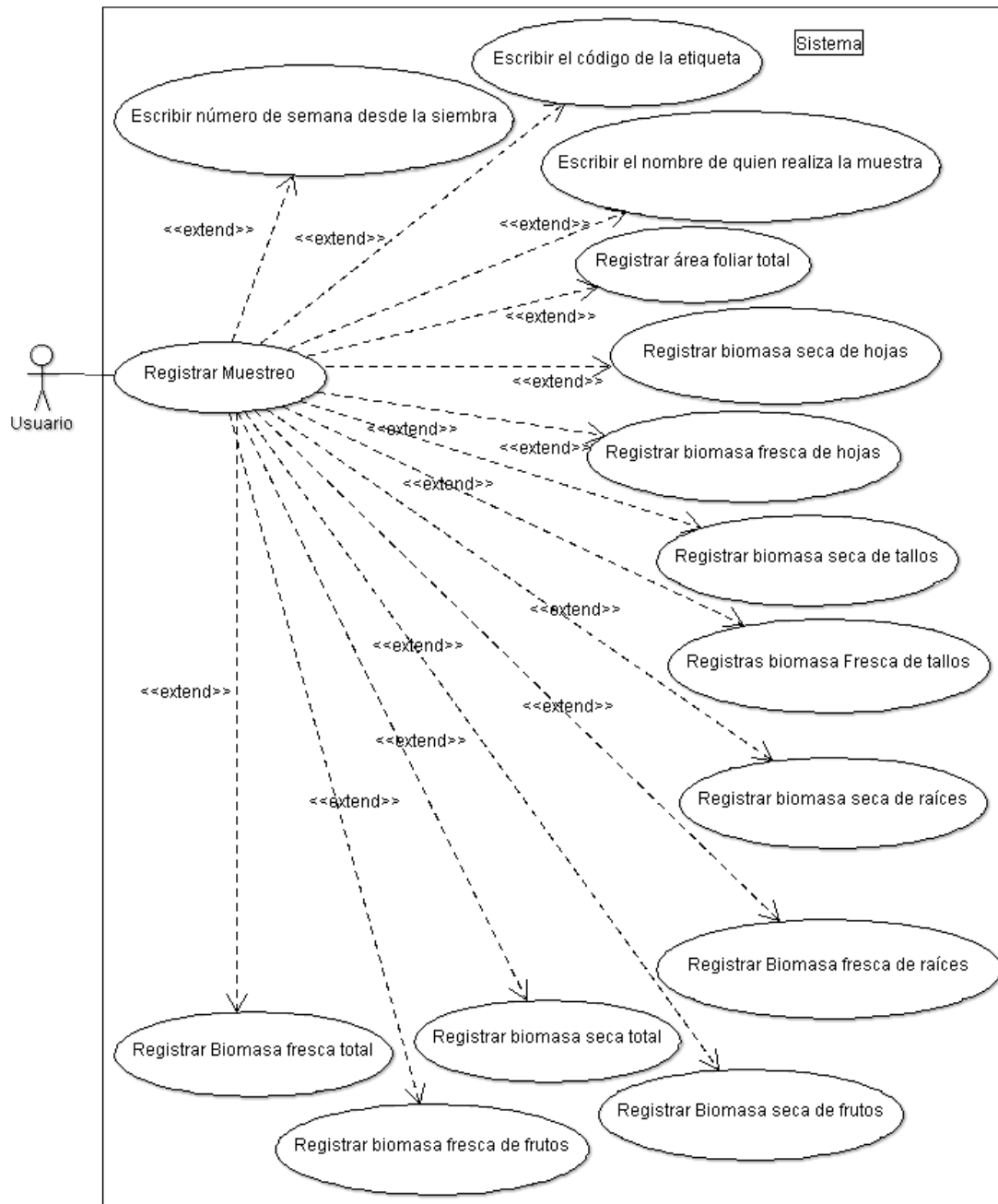


Figura 10. Diagrama del caso de uso para ingresar un registro de muestreo

Nombre:	Modificar valores del lote.
Fecha:	Junio 9 de 2012
Descripción:	En este caso de uso se pueden ver las acciones requeridas para modificar los datos en las tabla que contiene la información del lote.
Actores:	

Usuario y Sistema
Precondiciones: El usuario debe haber iniciado una sesión (caso de uso 7).
Flujo Normal: 1. El usuario toma la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Datos – Información del lote. 2. El sistema muestra un formulario que contiene los actuales valores de la tabla de suelos. 3. Usuario modifica los datos en las área de texto del formulario. 4. El usuario digita sobre el botón aceptar.
Flujo Alternativo: 2. El usuario no guarda nuevos datos y la base de datos sigue con los valores por defecto. 3. El usuario digita sobre el botón salir.
Postcondiciones: El sistema tiene registrados en la base de datos a los datos modificados por el usuario.

Tabla 7. Hoja de vida para el caso de uso de para modificar valores de un lote

● **Caso de uso 10**

La tasa de crecimiento relativo se calcula a partir de la ecuación 1 de la página 19 del presente documento y se obtiene a través de datos de muestreos ingresados en el caso de uso 8.

Nombre:	Obtener Tasa de Crecimiento Relativo
Fecha:	Diciembre 8 de 2011
Descripción:	Muestra las acciones que debe realizar el sistema para correr el modelo seleccionado por el usuario.
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	El usuario debe haber iniciado una sesión (caso de uso 7).
Flujo Normal:	1. El usuario despliega en el menú el submenú de la opción Inicio. 2. El usuario selecciona la opción Editar Datos del submenú Curva de Crecimiento. 3. El usuario selecciona Registros de Muestreo del Submenú Obtener Tasa TCR. 4. El sistema imprime en pantalla dos gráficas y dos tablas de las TCR calculadas por el sistema a partir de los datos del muestreo. 5. El usuario cambia los valores de TCR del eje y digita sobre actualizar. 6. El sistema imprime en pantalla la gráfica del lado derecho con los cambios realizados sobre el eje y. 7. El usuario realiza cuantas veces requiera el paso 5 y en esa misma proporción el sistema presenta el paso 6. 8. Cuando el usuario este satisfecho con la gráfica pulsa en el botón OK localizado abajo de las tablas de datos.
Flujo Alternativo:	4. El sistema no imprime gráficas ni datos por que aún no se han ingresado valores para de muestreos. 5. Si por el contrario si hay gráficas y datos y el usuario no desea editar la gráfica entonces pulsa en el botón OK localizado abajo de las tablas de datos.
Postcondiciones:	El sistema almacena en una tabla de la base de .datos los valores de la tabla tras pulsar OK y genera para

Nombre:	Obtener Tasa de Crecimiento Relativo
Fecha:	Diciembre 8 de 2011
ese arreglo de datos un código de curva.	

Tabla 8. Caso de uso para obtener Tasa de Crecimiento Relativo

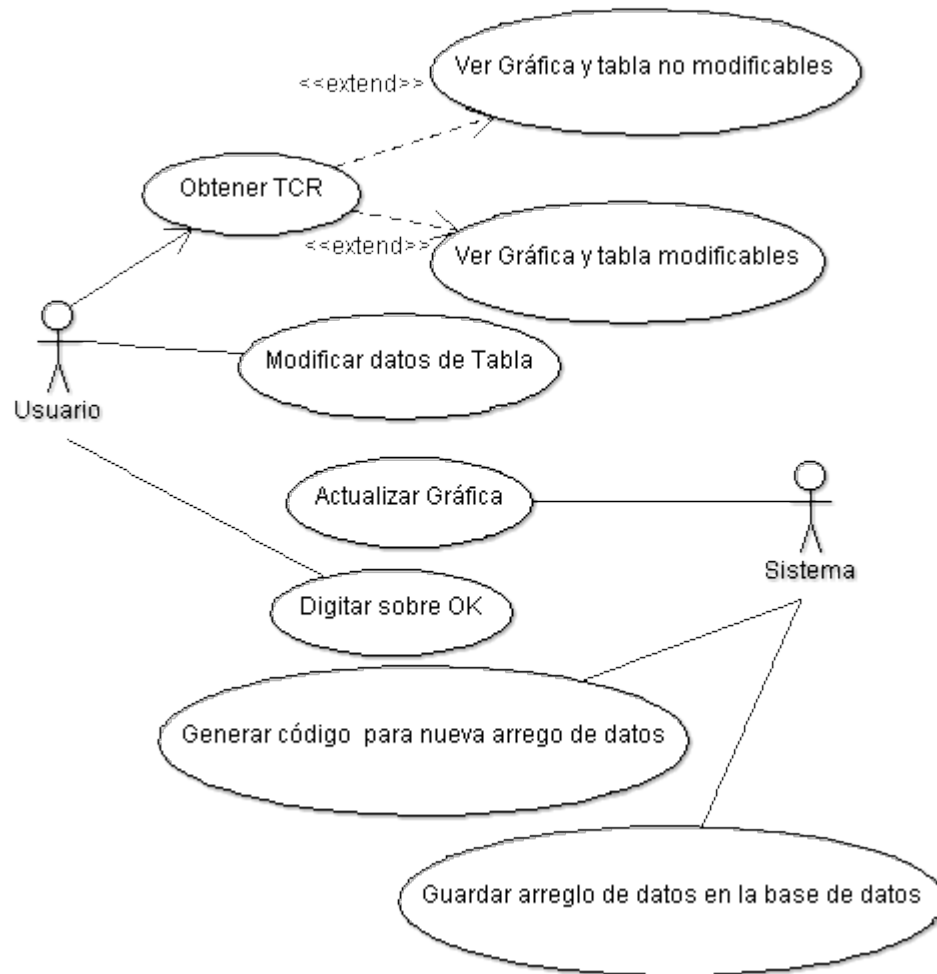


Figura 11. Diagrama del caso de uso 10 para obtener una curva de TCR

- **Caso de uso 11**

La funcionalidad del caso de uso 11 realiza el ajuste de los datos por mínimos cuadrados. En ella el usuario elige los puntos que mejor linealizan la nube de puntos y a partir de ellos el sistema realiza el ajuste por el método de los mínimos cuadrados (ver figura 12).

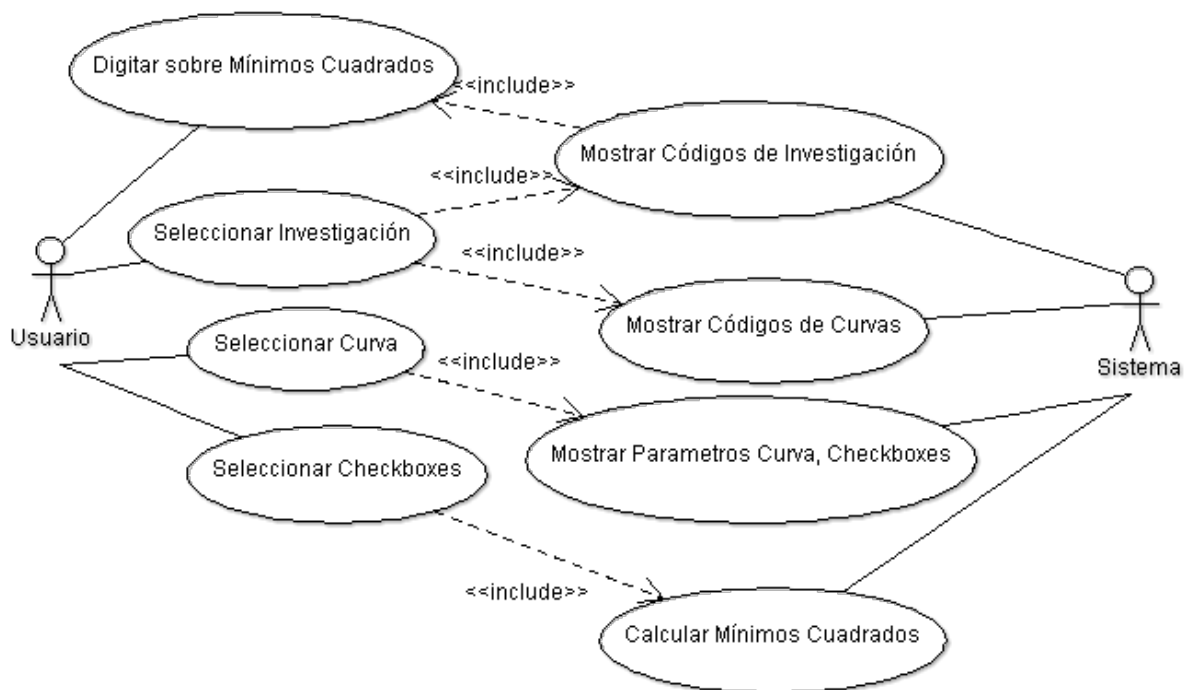


Figura 12. Diagrama del caso de uso 11 para el ajuste por mínimos cuadrados

Nombre:	Ajuste por mínimos cuadrados
Fecha:	Enero 10 de 2012
Descripción:	Muestra las acciones que debe realizar el sistema para ajustar una curva mediante el método de mínimos cuadrados.
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	Debe existir al menos una curva ajustada asociada a un registro de un cultivo (caso de uso 10).
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario debe asegurarse de cerrar cualquier sesión que esté abierta a través de la ruta Inicio – Cerrar Sesión. 2. El usuario elige la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Tasa de Crecimiento – Mínimos Cuadrados. 3. El usuario selecciona un código de investigación en el menú desplegable y digita OK. 4. El sistema inicia una sesión del registro a partir del código de la investigación seleccionado por el usuario. 5. El sistema imprime una tabla con la información básica del cultivo y presenta un menú desplegable con los códigos de las diferentes curvas generadas en el caso de uso para la obtención de una tasa de crecimiento relativo. 6. El usuario elige uno de los registros de las curvas y digita sobre OK. 7. El sistema inicia una sesión 8. A partir de los datos de la curva seleccionada el sistema calcula e imprime los parámetros para la recta, calcula los parámetros para la recta ajustada logarítmicamente, imprime la curva con los datos crudos y despliega la lista de datos seleccionables con checkboxes. 9. El usuario marca en las checkboxes de los datos que considere que mejor linealizan la nube de puntos y digita sobre Enviar. 10. El sistema presenta un resumen de los datos elegidos por el usuario y muestra un botón para efectuar el ajuste por mínimos cuadrados. 11. El usuario pulsa sobre el botón. 12. El sistema realiza las operaciones y presenta los parámetros ajustados de la curva.

Nombre:	Ajuste por mínimos cuadrados
Fecha:	Enero 10 de 2012
Flujo Alternativo:	6. El usuario no selecciona curva alguna y sale de la funcionalidad. 9. El usuario no selecciona ningún checkbox y sale de la funcionalidad.
Postcondiciones:	El sistema proporciona los los parámetros para realizar los ajustes.

Tabla 9. Caso de uso para realizar Ajuste por Mínimos Cuadrados

● **Caso de uso 12**

Este caso de uso permite la edición de los datos de registrados con respecto a las propiedades físico químicas de un suelo presente en el lote en donde se ha establecido o se establecerá un cultivo. El caso de uso permite actualizar uno o todas las 33 variables de identificación del registro y propiedades físicas y químicas de los suelos; estas son identificación de campo, el número de laboratorio, el día, mes, año, los porcentajes de arena, limo y arcilla, la clase textural, el contenido de gravilla, pH 11, pH 12, aluminio, porcentaje de saturación de aluminio, ce Sal, pSI Sal, Carbonato de Calcio (CaCO₃), Carbón Orgánico (%), Nitógeno Total, Capacidad de Intercambio Catiónico, Calcio, Magnesio, Sodio, Bases Totales, el porcentaje de Saturación de Bases, Manganeso, Hierro, Zinc, Cobre, Boro, NNO₃, NNH₄, Azufre y el Fósforo.

Nombre:	Modificar valores de las propiedades físicas y químicas de los suelos.
Fecha:	Junio 8 de 2011
Descripción:	En este caso de uso se pueden ver las acciones requeridas para modificar los datos de la tabla suelos.
Actores:	Usuario y Sistema
Precondiciones:	El usuario debe haber iniciado una sesión (caso de uso 7). El usuario debe haber registrado un lote al momento de la realización del registro del cultivo de una variedad.
Flujo Normal:	1. El usuario toma la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Datos – Información del suelo. 2. El sistema muestra un formulario que contiene los actuales valores de la tabla de suelos. 3. Usuario modifica los nuevos datos en las área de texto del formulario. 4. El usuario digita sobre el botón aceptar.
Flujo Alternativo:	

Nombre:	Modificar valores de las propiedades físicas y químicas de los suelos.
2. El usuario no guarda nuevos datos y la tabla suelos sigue con los valores iniciales.	
Postcondiciones:	El sistema tiene registrados en la tabla suelos de la base de datos a los datos modificados por el usuario.

Tabla 10. Hoja de vida del caso de uso para modificar las propiedades físico químicas del suelo

3.3. Diagrama de maquinas de estado (DME)

El hecho de haber utilizado diferentes modelos de desarrollo y especialmente el modelo del espiral y OMT se evidencia en el diagrama de máquinas de estado de la figura 13. Este diagrama, aunque no está demasiado lejos de la versión actual, es un artefacto resultante de una de las etapas tempranas del desarrollo. El diagrama de máquinas de estado es un tipo de diagrama dinámico que permite ver la manera como se comporta un solo objeto con la especificación de toda la secuencia de eventos por la que atraviesa dicho objeto durante todo su tiempo de vida en respuesta a los eventos mismos. Inclusive por encima de los diagramas de casos de uso, el carácter dinámico del diagrama de máquinas de estado ha sido para el autor esencial en el proceso de software y es el diagrama preferido por el autor.

Al referirse al diagrama de clases del software se decía que tal y como lo es en el mundo real un cultivo es una agregación de plantas, y si bien el primer evento en el uso de la aplicación es la creación de un objeto planta, todos los eventos descritos por este Diagrama de Maquinas de Estado describen la secuencia de eventos por la que atraviesa un objeto de tipo cultivo.

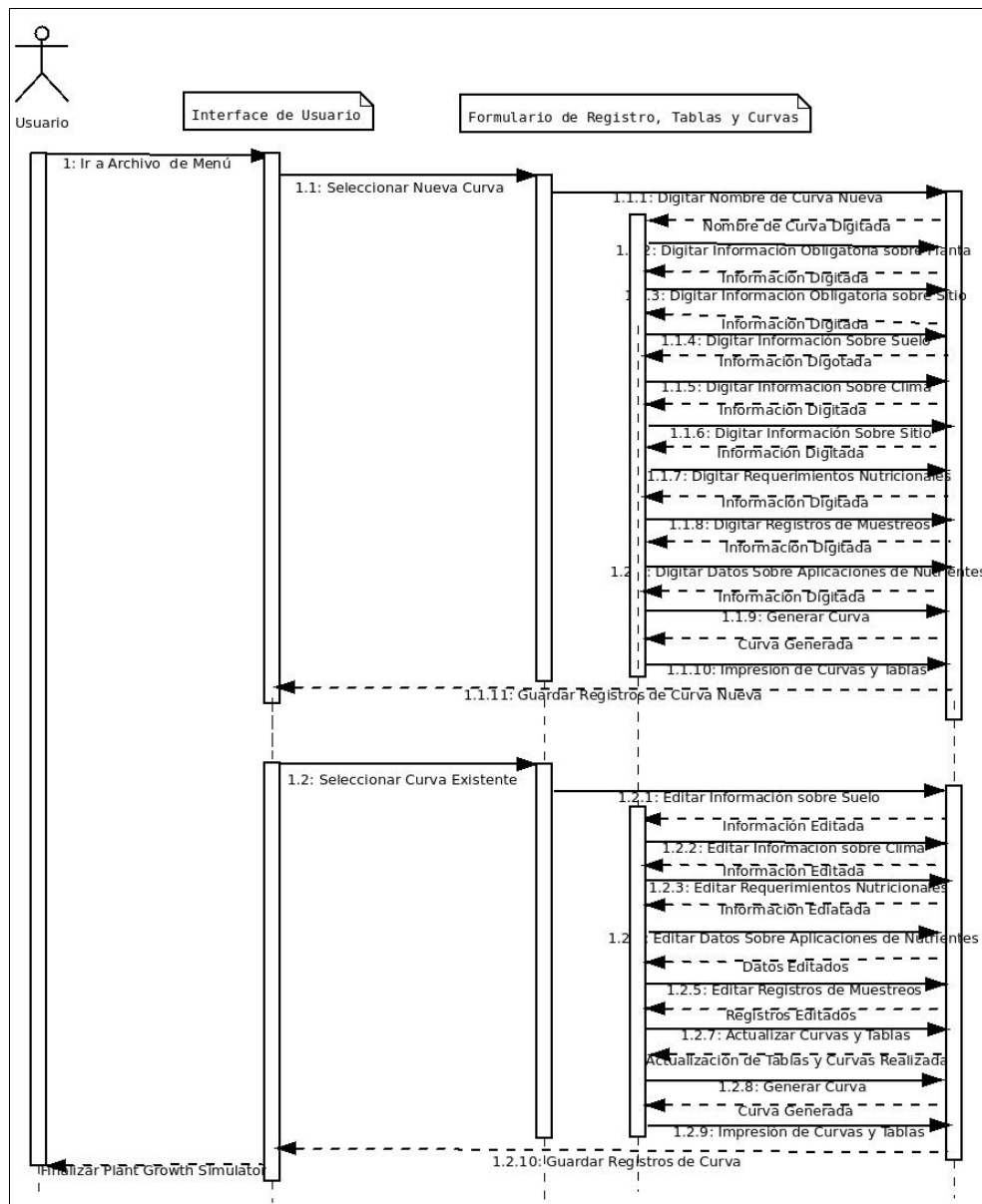


Figura 14. Diagrama de Secuencia de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos (Diagrama realizado con el software Dia para Linux)

4.3.5. Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue se utiliza normalmente para mostrar la arquitectura en tiempo en ejecución de un sistema así como los elementos y artefactos de software en ella para arquitectura cliente servidor. El proyecto inicialmente llamado Plant Growth Simulator se formuló como un software standalone de arquitectura quizás mas monolítica para un único

usuario. Aunque un diagrama de despliegue tenga posiblemente mas sentido para arquitecturas del tipo cliente servidor, en ese momento se presentaba el diagrama de la figura 15 que presentaba los elementos de software mas importantes del sistema stand alone propuestos al inicio. Sin embargo, se tomo la decisión de cambiar el software a un entorno web lo que adicionalmente conllevó a un cambio en el nombre del proyecto al de Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos, e implicó el cambio a una arquitectura cliente servidor de un Modelo Vista Controlador cuyo diagrama de despliegue general se presenta en la figura 16. Se presentan ambos diagramas como muestra de diferentes artefactos resultantes de diferentes iteraciones en el desarrollo del sistema.

4.3.6. Diagrama Entidad-Relacion

Un modelo Entidad-Relación ofrece una visión de los resultados del diseño de una base de datos. Se trata de una percepción del mundo real formada por una colección de objetos básicos, a los que se les llama entidades, y las relaciones establecidas entre ellos (Silberschatz, 2002). En la figura 17 se presenta el modelo Entidad-Relación diseñado inicialmente y que involucra 11 tablas. Sin embargo, luego de varias iteraciones el número de tablas aumento a 29 generando un mas intrincado modelo Entidad-Relación que se muestra en la figura 18. Entre el primer y el segundo diagrama existe un salto significativo en la medida en que las tablas de la figura 17 muestran entidades muy descriptivas bastante estáticas, mientras que muchas de las tablas adicionales de la figura 18 denotan actividad y movimiento, posiblemente por el hecho de que ya hay muchas mas tablas que corresponden a relaciones, incluyendo algunas que registran valores que son resultado de operaciones matemáticas y estadísticas.

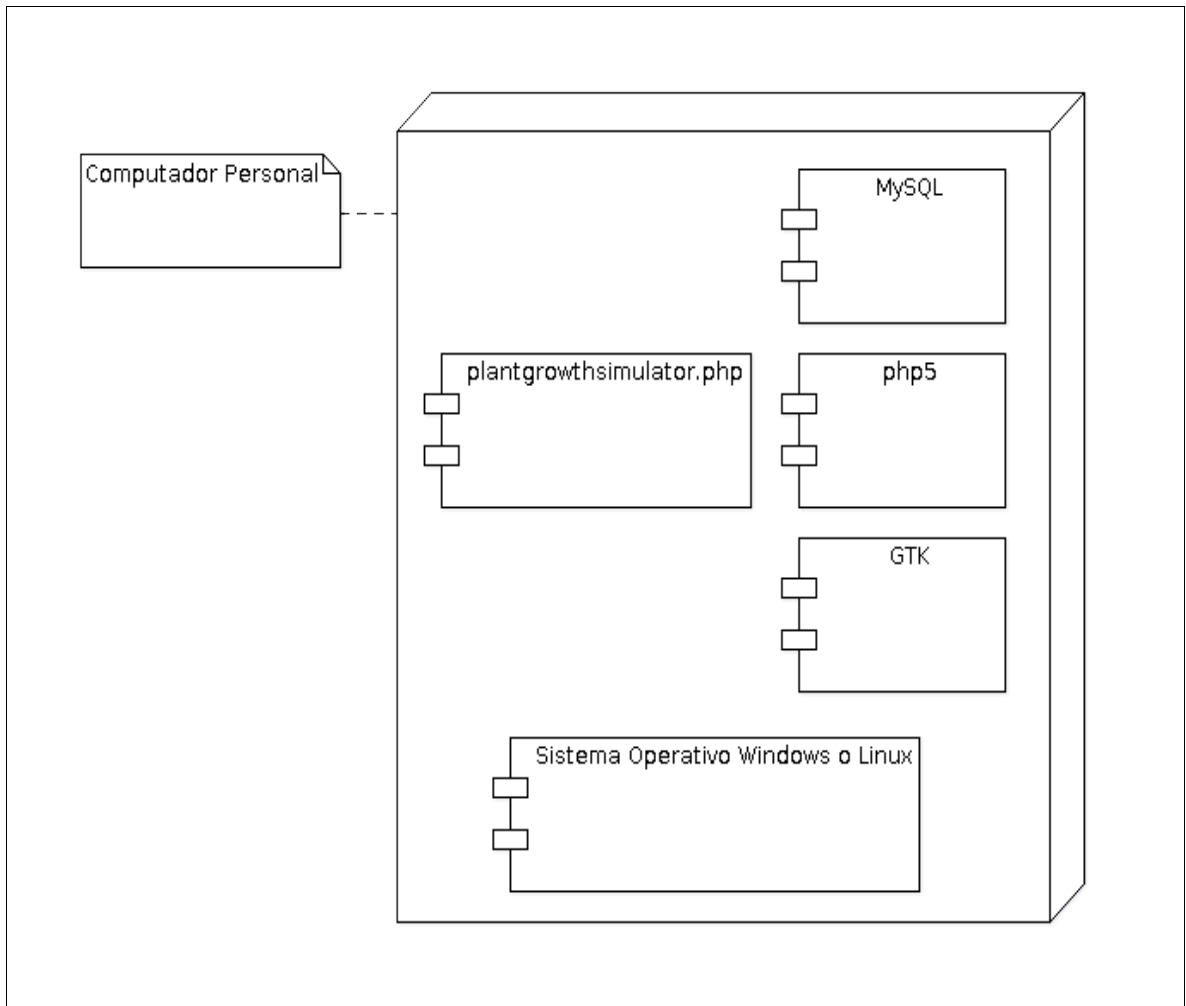


Figura 15. Diagrama de Despliegue Inicialmente Propuesto para PGS

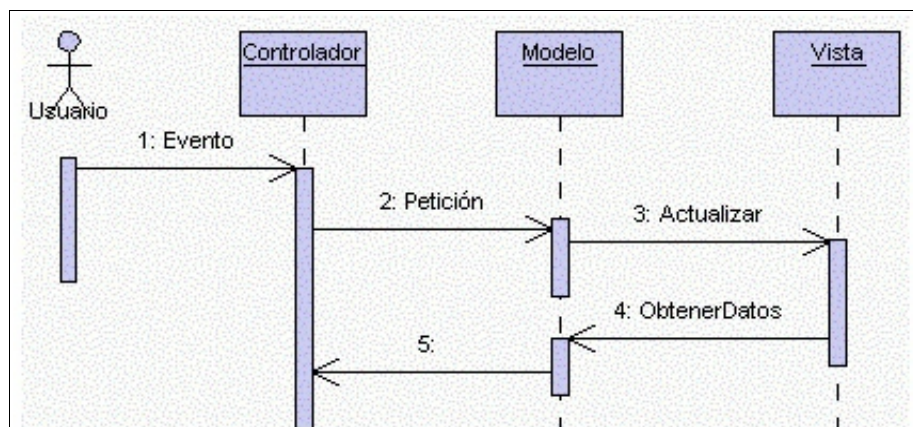


Figura 16. Diagrama de Despliegue de SDCPC (Fuente <http://www.proactiva-calidad.com/java/patrones/mvc.html>)

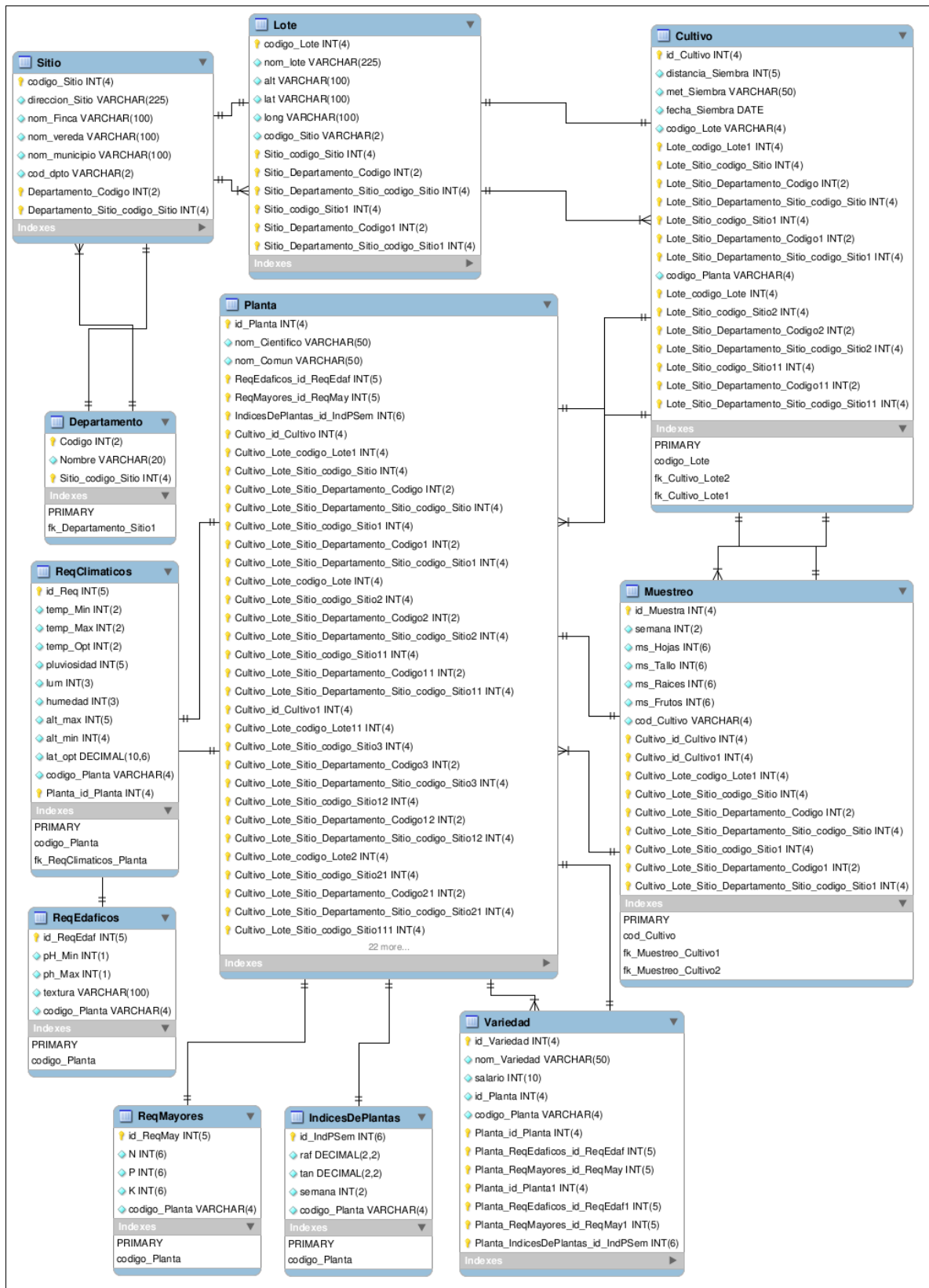


Figura 17. Diagrama Entidad Relación de la Versión Inicial

La figura 18 muestra los nombres de las tablas y las relaciones entre ellas. En ella se observa que la entidad registro es la tabla central en torno a la cual gira el diseño de la base de datos. No obstante, el registro se refiere a una variedad determinada y por lo tanto desde la perspectiva biológica el diseño gira en torno a las variedades. Sin embargo, una variedad puede estar en varias investigaciones y eso exige diferentes registros. Los campos de las tablas se encuentran en los diccionarios de datos que van de la tabla 11 en adelante. Las gráficas Entidad-Relación fueron realizadas con MySQL Workbench.

4.3.7. Interfaces gráficas

Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos se desarrolla en entorno web con PHP5. Las interfaces se ha realizado con HTML. El estilo escogido fue tomado y adaptado de la plantilla Green Cogs. Esta es una plantilla gratuita que se puede descargar en <http://www.mitchinson.net>. En la figura 19 se presenta una imagen de la interface que permite el ingreso de los datos de los muestreos de biomasa seca y fresca.

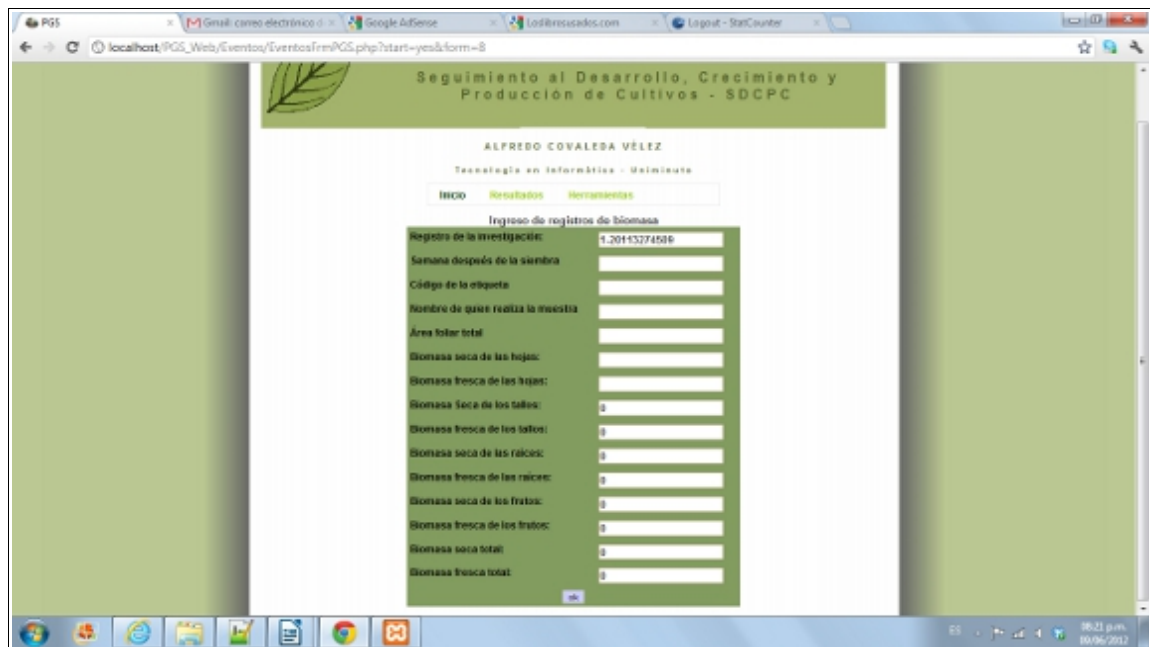


Figura 19. Interface Gráfica para el Ingreso de Registros

Por su parte las gráficas están hechas con la librería phplot desarrollada inicialmente por el programador de PHP Afan Ottenheimer. En la figura 20 se presentan gráficas hechas con phplot.



Figura 20. Interface Gráfica para la Presentación de Curvas en Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos

4.3.8. Diccionario de Datos

La versión actual del sistema cuenta con 30 tablas llamadas: crecimiento, crecimientoajustado, cultivo, datosajustados, datosajustadospro, departamento, departamentopais, especie, estados_fenologicos, fenologia, IndicesDePlantas (actualmente sin uso), investigacion, lote, muestreo, municipio, municipio_dptopais, nombrecomun, pais, pro, propolinomico, registro, repeticiones, reqclimaticos, ReqEdaficos, ReqMayores, seguimiento_fenologico, sitio, suelo, tratamiento y variedad. Durante el diseño de las bases de datos y posteriormente en las diferentes iteraciones se hizo un esfuerzo por normalizar las tablas cuando fuera necesario. Algunas de estas tablas han sido creadas pero aún no están relacionadas con funciones específicas. La razón para ello es que tales funciones serán implementadas para las futuras versiones del aplicativo. De las tablas presentadas en el diagrama Entidad-Relación se obtiene el siguiente diccionario de datos.

Nombre de la Tabla	especie	En esta tabla se registran los nombres científicos de las especies vegetales a la que se les realiza seguimiento.		
Llave Primaria	id_Especie	Identificador de la especie vegetal del cultivo		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Especie	Identificador de la especie	int(11)	No nula	Llave Primaria para identificar el estado fenológico
nom_ScEspecie	Nombre de la especie	varchar(255)	No nula	Nombre científico de la especie vegetal cultivada

Tabla 11. Diccionario de Datos para la Entidad Especie

Nombre de la Tabla	IndicesDePlantas	Permite conocer semanalmente los valores para los índices mas importantes a nivel de la planta.		
Llave Primaria	id_IndPSem			
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_IndPSem		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro del índice
raf	Relación de Area Foliar:	decimal(5.2)	No nula	Relación entre el área foliar expuesta por la planta (tejido fotosintetizador) y la biomasa total de la planta o tejidos capaces de respirar.
tan	Tasas de Asimilación Neta	decimal(5.2)	No nula	Es una medida de la eficiencia de una planta. Es la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo.

Nombre de la Tabla	IndicesDePlantas	Permite conocer semanalmente los valores para los índices mas importantes a nivel de la planta.		
semana	Número de Semana desde la Siembra	int(2)	No nula	Registra el número de la semana en el cual se toma la muestra.
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 12. Diccionario de Datos para la Entidad Indice de Plantas.

Nombre de la Tabla	ReqClimaticos	En la tabla ReqClimaticos se registran las condiciones climáticas ideales a las que crece la planta.		
Llave Primaria	id_Req	Indice de Requerimientos Climáticos		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Req	int	int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
temp_Min	Temperatura Mínima	int(2)		El valor corresponde a la temperatura mínima a la que crece la planta.
temp_Max	Temperatura Máxima	int(2)		El valor registrado es la temperatura máxima a la que crece la planta.
temp_Opt	Temperatura Optima	int(2)		Este valor corresponde a la temperatura ideal a la que crece la planta.
Pluviosidad	Pluviosidad	int(5)		Es la precipitación a la que esta adaptada la planta
lum	Radiación	int(3)		Unidad de medida de fotones en $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}$
humedad	Humedad Relativa	int(3)		Medida que permite saber que tan humedo o seco está el aire.
alt_max	Altitud Máxima	int(4)		Altura máxima sobre el nivel del mar a la que crece la planta.
alt_min	Altitud Mínima	int(4)		Altura mínima sobre el nivel del mar a la que crece la planta.
lat_opt	Látitud Optima	decimal(10,6)		Posición con respecto a la linea ecuatorial en la que el crecimiento y desarrollo son óptimos.
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 13. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos Climáticos.

Nombre de la Tabla	ReqMayores	En la tabla ReqMayores se registran los requerimientos nutricionales de los nutrientes mayores de las plantas.		
Llave Primaria	id_ReqMay	Indice de Requerimiento de Mayores		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ReqMay		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
N	Nitrógeno	decimal(5,2)	No nula	Ruqerimientos de nitrógeno por hectárea.
P	Fósforo	decimal(5,2)	No nula	Requerimientos de nutrición fosfórica por hectárea.
K	Potasio	decimal(5,2)	No nula	Requerimientos de nutrición potásica por hectárea.

Nombre de la Tabla	ReqMayores	En la tabla ReqMayores se registran los requerimientos nutricionales de los nutrientes mayores de las plantas.		
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 14. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Elementos Mayores.

Nombre de la Tabla	ReqEdaficos	En esta tabla se registran los valores adecuados que para el desarrollo de las plantas establecen parámetros edáficos como el pH y la textura del suelo.		
Llave Primaria	id_ReqEdaf	Indice de Requerimientos Edáficos		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ReqEdaf		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
pH_Min	pH Mínimo	decimal(1.2)		Indica que tan tolerante es la planta a suelos ácidos.
ph_Max	pH Máximo	decimal(1.2)		Muestra el valor máximo de pH al que crece la planta.
textura	Textura del Suelo	varchar(100)		Indica las proporciones de arena, limo y arcilla óptimos para el crecimiento de la planta.
codigo_Planta	Código de la Planta:	varchar(4)	No nula	Permite la agregación a la tabla planta.

Tabla 15. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Propiedades Edáficas.

Nombre de la Tabla	Departamento	En esta tabla consigna los nombres de los departamentos, estados o provincias de un país en donde se encuentra establecido el lote del cultivo.		
Llave Primaria	cod_departamento	Código del Departamento.		
Llave Foránea	cod_DepartamentoPais	Llave secundaria que relaciona un departamento a un país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_departamento	Código del Departamento	int(11)	No nula	Llave Primaria para identificar al país
nom_departamento	Nombre del Departamento	varchar(100)	No nula	Indica el nombre del departamento, estado o provincia en donde se encuentra ubicado el cultivo.
cod_DepartamentoPais	Código Departamento País	int(11)	No nula	Llave secundaria que relaciona un departamento a un país

Tabla 16. Diccionario de Datos para la Entidad Departamento.

Nombre de la Tabla	Cultivo	En esta tabla se registran la información mas relevante que caracteriza e identifica al establecimiento de un cultivo.		
Llave Primaria	id_Cultivo	Identificador del Cultivo		
Llave Foránea	id_Registro Cultivo	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un registro determinado.		
Llave Foránea	codigo_Lote Cultivo	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un lote.		

Nombre de la Tabla	Cultivo	En esta tabla se registran la información mas relevante que caracteriza e identifica al establecimiento de un cultivo.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Cultivo	Identificador del Cultivo	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
codigo_Lote Cultivo	Identificador del Lote	varchar(50)	No nula	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un lote.
densidad_Siembra	Densidad de Siembra	int(5)	No nula	Determina el número de plantas sembradas en un lote.
met_Siembra	Método de Siembra	varchar(100)	No nula	Describe la disposición espacial de las plantas en el lote.
fecha_Siembra	Fecha Siembra	date	No nula	Indica la fecha en la que se realizó la siembra del cultivo.
id_Registro Cultivo	Identificador de Registro	varchar(50)	No nula	Relaciona el cultivo con un registro
codigo_Lote Cultivo	Código del Lote	varchar(50)	No nula	Permite relacionar un cultivo a un lote.

Tabla 17. Diccionario de Datos para la Entidad Cultivo.

Nombre de la Tabla	Variedad	En esta tabla se registra el nombre de las variedades		
Llave Primaria	id_Variedad	Código de la Variedad		
Llave Foránea	id_Especie	Llave secundaria que relaciona la variedad con una especie vegetal		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Variedad	Identificador de la Variedad	Int(4) incremental	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
nom_ScVariety	Nombre de la Variedad	varchar(100)	No nula	Indica el nombre de la variedad de una especie determinada
cod_Especie	Código de la Especie	int(4)	No nula	Relaciona la variedad con una especie vegetal.

Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad Variedad

Nombre de la Tabla	Sitio	En esta tabla se registra información básica sobre el sitio en donde se establece el cultivo.		
Llave Primaria	codigo_Sitio	Código del Sitio		
Llave Foránea	id_mdpSitio	Identificador de municipio, departamento y país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Sitio	Código del Sitio	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
direccion_Sitio	Dirección del Sitio	varchar(225)		Indica la dirección catastral del sitio en donde se establece el cultivo.
nom_Finca	Nombre de la Finca	varchar(100)		Indica el nombre de la finca en donde se establece el cultivo.
id_mdpSitio	Código del Departamento	int(2)	No nula	Relaciona al sitio con un municipio de un departamento de un país.

Tabla 19. Diccionario de Datos para la Entidad Sitio.

Nombre de la Tabla	Muestreo	En esta tabla se registran los datos resultantes de los muestreos y que se utilizan para construir las curvas.		
Llave Primaria	id_Muestra	Codigo de la Muestra		
Llave Foránea	id_Registro Muestreo	Relaciona el muestreo con un registro		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Muestra		int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
num_Etiqueta			No nula	Codigo de la etiqueta en campo
semana	Tiempo después de la Siembra	int(11)	No nula	Indica el número de semanas o días después de la siembra transcurridos hasta el día en que se realiza la toma de la muestra.
area_Foliar	Area Foliar	float	No nula	Es el valor en unidad de área fotosintética de la planta.
ms_Hojas	Materia Seca de las Hojas	float	No nula	Es el valor en unidad de peso que se obtiene tras secar las hojas a una temperatura de 110 grados cent.
mf_Hojas	Materia Fresca Hojas	float	No nula	Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de las hojas
ms_Tallo	Materia Seca de los Tallos	float		Es el valor en unidad de peso que se obtiene tras secar los tallos a una temperatura de 110 grados centígrados.
mf_Tallo	Materia Fresca Tallos	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de los tallos.
ms_Raices	Materia Seca de las Raíces	float		Es el valor en gramos que se obtiene tras secar las raíces a una temperatura de 110 grados cent.
mf_Raices	Materia Fresca de las Raíces	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de las raíces.
ms_Frutos	Materia Seca de los Frutos	float		Es el valor en en unidad de peso que se obtiene tras secar los frutos a una temperatura de 110 grados centígrados.
mf_Frutos	Materia Fresca Frutos	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de los frutos.
cod_Etiqueta	Código de la Etiqueta	varchar(100)		Es el código de la etiqueta para la planta muestreada
bm_SecaTotal	Biomasa Seca Total	int(6)	No nula	Es el valor en en unidad de peso que se obtiene tras secar la muestra completa a una temperatura de 110 grados centigrados.
gompertz	Ajuste Gompertz	float		Este campo para guardar el ajuste gompertz
logistica	Ajuste Logístico	float		
monomolecular	Ajuste Monomolecular	float		
exponencial		float		
bm_FrescaTotal	Biomasa Fresca Total	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca total de la planta muestreada

Nombre de la Tabla	Muestreo	En esta tabla se registran los datos resultantes de los muestreos y que se utilizan para construir las curvas.		
muestreador	Muestrador	varchar(100)		Nombre de la persona que toma la muestra
id_Registro Muestreo	Identificador de Registro	int(4)	No nula	Relaciona la muestra con un registro

Tabla 20. Diccionario de Datos para la Entidad Muestreo.

Nombre de la Tabla	Lote	En esta tabla se registra información básica sobre el lote en donde se establece el cultivo.		
Llave Primaria	codigo_Lote	Código del Lote		
Llave Foránea	id_LoteSitio	Código del Sitio		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Lote		int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
nom_lote	Nombre del Lote	varchar(100)		Indica el nombre de la variedad de una especie determinada
alt	Altitud:	int(4)		Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el lote.
lat	Latitud	decimal(1.2)		Latitud a la que se encuentra el lote de cultivo.
longitud	Longitud	decimal(1.2)		Longitud a la que se encuentra el lote de cultivo.
cod_LoteSitio	Código del Sitio	int(4)	No nula	Llave que relaciona el Lote con un Sitio

Tabla 21. Diccionario de Datos para la Entidad Lote

Nombre de la Tabla	estados_Fenologicos	En esta tabla se registran los estados fenológicos específicos para un proceso de investigación o seguimiento.		
Llave Primaria	id_Efen	Código del estado fenológico		
Llave Foránea	id_Sp	Código de la especie		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Efen		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el estado fenológico
id_Sp	Código de la especie	int(5)	No nula	Es el identificador de la especie vegetal cultivada
desc_Estado	Descripción	Mediumtext (1000)	No nula	Descripción del estado fenológico

Tabla 22. Diccionario de Datos para la Entidad de Estados Fenológicos

Nombre de la Tabla	registros_Fenologicos	En esta tabla se registran los nombres de los estados fenológicos específicos para un proceso de investigación o seguimiento.		
Llave Primaria	codigo_Efen	Código del Estado Fenológico		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Efen	Identificador del Estado Fenológico	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro

Nombre de la Tabla	registros_Fenologicos	En esta tabla se registran los nombres de los estados fenológicos específicos para un proceso de investigación o seguimiento.		
nom_Estado	Nombre del estado	varchar(100)		Indica el nombre del estado fenológico.

Tabla 23. Diccionario de Datos para la Entidad Fenología

Nombre de la Tabla	Registro	En esta tabla consigna el código de registro		
Llave Primaria	cod_Registro	Código del Registro		
Llave Foránea	cod_Servicio	Código que identifica el servicio		
Llave Foránea	cod_Variiedad	Código que identifica la variedad		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_Registro	Código del Registro	varchar(50)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro del departamento
cod_Servicio	Código del Servicio	int(11)	No nula	Código que identifica si se trata de un análisis de crecimiento o de un seguimiento a un cultivo
cod_Variiedad	Código de la Variedad	varchar(50)	No nula	Llave secundaria que el registro con una variedad
descripcion_Variiedad	Descripción de la Variedad	text		Espacio para escribir anotaciones relevantes
fechaCreacion	Fecha de Creación	varchar(45)		Fecha de creación del registro

Tabla 24. Diccionario de Datos para la Entidad Registro

Nombre de la Tabla	Suelos	En esta tabla consigna los resultados de los análisis químicos de los suelos de los lotes		
Llave Primaria	id_Campo	Código de la muestra de campo que identifica la muestra de suelo.		
Llave Foránea	codigo_Lote	Código del lote en donde se toma la muestra		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Campo	Identificación de Campo	varchar(255)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
codigo_Lote	Código del Lote	int(11)	No nula	Llave Foránea que establece la relación entre la muestra de suelo y el lote dónde fue tomada.
num_Laboratorio	Número de Laboratorio	varchar(255)		Indica el código que el laboratorio de suelos le asignó a la muestra
Día	Día	tinyint(2)	No nula	Día del mes en que se toma la muestra
Mes	Mes	tinyint(2)	No nula	Mes del año cuando se efectúa la muestra
Year	Año	smallint(6)	No nula	Año en el que se realiza la muestra
arena	arena	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción arena en el suelo
limo	limo	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción limo en el suelo
arcilla	arcilla	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción arcilla en el suelo
clase_Textural	Clase Textural	varchar(255)	No nula	Clase textural de acuerdo al triangulo textural
gravilla	gravilla	tinyint(4)	No nula	

Nombre de la Tabla	Suelos	En esta tabla consigna los resultados de los análisis químicos de los suelos de los lotes		
pH_11	PH 1.1	tinyint(4)	No nula	
pH_12	PH 1.2	tinyint(4)	No nula	
aluminio	Aluminio	float	No nula	
sat_Alum	Saturación de Aluminio	tinyint(4)	No nula	
ce_Sal	Conductividad Electrica	float	No nula	
pSI_Sal	Sodio de Intercambio	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de sodio intercambiable
caCO3	Carbonato de Calcio	float	No nula	
cO_100	Carbón Orgánico	tinyint(4)		Porcentaje de Carbón Orgánico
n_Total	Nitrógeno Total	float		
cic	Intercambio Catiónico	float		Capacidad de Intercambio Catiónico
calcio	Calcio	tinyint(4)		
magnesio	Magnesio	tinyint(4)		
sodio	Sodio	tinyint(4)		
basesTotales	Bases Totales	tinyint(4)		
satBases	Saturación de Bases	tinyint(4)		Porcentaje de Saturación de Bases
Manganeso	Manganeso	float		
Hierro	Hierro	float		
Zinc	Zinc	float		
Cobre	Cobre	float		
Boro	Boro	float		
NNO3	Nitrato	float		
NNH4	Amonio	float		
`Azufre	`Azufre	float		
Fosforo	Fosforo	int(11)		Partes por millón de fósforo
id_Registro Suelo	Identificador de Registro	varchar(255)		Vincula un análisis suelos con un registro.

Tabla 25. Diccionario de Datos para la Entidad Propiedades Químicas de los Suelos

Nombre de la Tabla	Investigacion	En esta tabla se registra información básica sobre la investigación		
Llave Primaria	id_ Investigacion	Identificador de la investigación		
Llave Foránea	id_mdpSitio	Identificador de municipio, departamento y país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ Investigacion	Identificador de la investigación	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
titulo_ Investigacion	Titulo de la Investigación	varchar(225)	No nula	Indica la dirección catastral del sitio en donde se establece el cultivo.
objetivoGeneral	Objetivo General	varchar(100)		
investigadorTitular	Código del Departamento	int(2)	No nula	Relaciona al sitio con un municipio de un departamento de un país.
hipotesis	Hipotesis			Hipótesis de la investigación
design	Diseño			Tipo de Diseño Experimental utilizado en la investigación
numero_ Tratamientos	Numero de Tratamientos	Int		Indica el número de tratamientos evaluados en la investigación.
fecha	Fecha	date		Indica la fecha en la que se inicia la investigación
cod_Registro Tratamiento	Codigo Registro	varchar(100)	No nula	Vincula a una investigación con un resgistro

Tabla 26. Diccionario de Datos para la Entidad Investigación

Nombre de la Tabla	departamento pais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los departamentos con los códigos de los países.		
Llave Primaria	id_DptoPais	Identificador Departamento País.		
Llave Foránea	cod_Dpto	Codigo Departamento		
Llave Foránea	cod_Pais	Codigo Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_DptoPais	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador de municipio de un departamento en un país
cod_Dpto	Código de Departamento	Int(11)	No nula	identificador del registro de un departamento proveniente e la tabla departamento
cod_Pais	Código de País	Int(11)	No nula	identificador del registro de un país proveniente de la tabla pais

Tabla 27. Diccionario de Datos para la Entidad Departamentopais

Nombre de la Tabla	pais	Esta tabla registra los nombres de los países		
Llave Primaria	cod_pais	Identificador de un País.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_pais	Codigo del País	Int(11)	No nula	Llave Primaria para Identificador a un país

Nombre de la Tabla	pais	Esta tabla registra los nombres de los paises		
		incremental		
nom_pais	Nombre del País	Int(11)	No nula	Registra el nombre de un país

Tabla 28. Diccionario de Datos para la Entidad País

Nombre de la Tabla	municipio	Esta tabla registra los nombres de los municipios		
Llave Primaria	id_Municipio	Identificador Departamento País.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Municipio	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador el nombre de un municipio
nombre_Municipio	Nombre del Municipio	varchar(200)	No nula	Registra el nombre de un municipio

Tabla 29. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio

Nombre de la Tabla	municipio_dptopais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los municipios con los códigos de los departamentos relacionados con los países.		
Llave Primaria	id_mdp	Identificador para un Municipio de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Municipio	Código de un Municipio		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_mdp	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
cod_Municipio	Código de Municipio	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un municipio proveniente de la tabla municipio
cod_DptoPais	Código del Departamento en un País	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un departamento de un país proveniente de la tabla departamentopais

Tabla 30. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais

Nombre de la Tabla	nombrecomun	Esta tabla guarda los registros de los nombres comunes de las especies vegetales.		
Llave Primaria	id_NombreComun	Identificador para un nombre común de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Especie	Código de la Especie		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_NombreComun	Identificador de un Nombre Común	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
nombre_Comun	Nombre Común de la Especie	Int(11)	No nula	Campo en donde se registra el nombre común de una especie
cod_Especie	Código de la Especie	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de una especie vegetal proveniente

Nombre de la Tabla	nombrecomun	Esta tabla guarda los registros de los nombres comunes de las especies vegetales.		
				de la tabla especie

Tabla 31. Diccionario de Datos para la Entidad Nombrecomun

Nombre de la Tabla	pro	Esta tabla es una subtabla que se genera a partir de la tabla de muestreo		
Llave Primaria	id	Identificador del registro de la muestra		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador de la muestra	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador el nombre de un municipio
tiempo	Nombre del Municipio	varchar(200)	No nula	Registra el tiempo en el que se realizó la toma de la muestra
var1	Biomasa Seca de las Hojas	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de las hojas de una planta.
var2	Biomasa Seca de los Tallos	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de los tallos de una planta.
var3	Biomasa Seca de las Raíces	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de las raíces de una planta.
var4	Biomasa Seca Total	float	No nula	Registra la sumatoria de los pesos secos de hojas, tallos, raíces y frutos de una planta.

Tabla 32. Diccionario de Datos para la Entidad Pro

Nombre de la Tabla	crecimiento	Esta tabla registra los valores calculados de la tasa de crecimiento		
Llave Primaria	id	Identificador del registro del par de datos		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador del par de datos	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
tiempoMedio	Tiempo medio	float	No nula	Registra el tiempo medio calculado a partir de los valores originales de la tabla muestreo.
tasaCrecimiento	Rasa relativa de crecimiento	float	No nula	Registra la tasa relativa de crecimiento calculada a partir de los valores de la tabla muestreo.

Tabla 33. Diccionario de Datos para la Entidad Crecimiento

Nombre de la Tabla	tratamiento	Esta tabla registra un tratamiento y lo caracteriza		
Llave Primaria	id	Identificador del tratamiento		
Llave Foránea	cod_Registro Tratamiento	Identificador del registro de una investigación		
Llave Foránea	cod_LoteTratamiento	Identificador del registro de un lote		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción

id	Llave primaria del tratamiento	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
cod_tratamiento	Código del Tratamiento	varchar(50) unique	No nula	Registra el tiempo medio calculado a partir de los valores originales de la tabla muestreo.
nombre_tratamiento	Nombre del Tratamiento	varchar(100)	No nula	Registra el nombre de un tratamiento
descripcion_tratamiento	Descripcion del Tratamiento	varchar(255)	No nula	Describe un tratamiento
area_Sembrada	Area Sembrada	float	No nula	Area sembrada con el tratamiento
patron_Siembra		varchar(255)	No nula	Campo para indicar la distribución espacial de las plantas para un tratamiento
num_Plantas		int(11)	No nula	Número de plantas sembradas para un tratamiento
fecha	Fecha de Siembra	date	No nula	Fecha de siembra de plantas para un tratamiento determinado
cod_LoteTratamiento		varchar(255)	No nula	Llave foránea que identifica el lote en donde se establece un tratamiento determinado.
cod_RegistroTratamiento		varchar(255)	No nula	Llave foránea que relaciona al tratamiento con el registro de una curva de crecimiento

Tabla 34. Diccionario de Datos para la Entidad Tratamientos

Nombre de la Tabla	municipio_dptopais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los municipios con los códigos de los departamentos relacionados con los países.		
Llave Primaria	id_mdp	Identificador para un Municipio de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Municipio	Código de un Municipio		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_mdp	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
cod_Municipio	Código de Municipio	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un municipio proveniente e la tabla municipio
cod_DptoPais	Código del Departamento en un País	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un departamento de un país proveniente de la tabla departamentopais

Tabla 35. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais

Nombre de la Tabla	crecimientoajustado	Esta tabla es producto de la utilización de la ecuación que obtiene las tasas de crecimiento relativo		
Llave Primaria	id	Identificador para el crecimiento ajustado		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción

id	Identificador Departamento	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
tiempoMedio	Código de Municipio	float	No nula	Tiempo medio calculado
tasaCrecimiento	Tasa de Crecimiento	float	No nula	Tasa de crecimiento se obtiene de calcular la tasa de crecimiento sobre los datos del muestreo

Tabla 36. Diccionario de Datos para la tabla crecimientoajustado

Las tablas datosajustados, datosajustadospro y propolinomico tienen en común entre si y con la tabla crecimientoajustado, que todas ellas tienen entre sus campos a tiempoMedio y a tasaCrecimiento. La tabla datosajustadospro es muy importante porque en ella se registran los datos de las curvas ajustadas a partir de los datos originales de una investigación. Por ese motivo en la tabla datosajustadospro existen dos llaves secundarias adicionales. Una de ellas es idAjustadosRegistro que relaciona a cada conjunto de datos ajustados con el registro de una investigación. La otra llave secundaria se denomina codigoCurva y permite tener el registros del “arreglo” de datos ajustados para una subcurva originada a partir del registro de una investigación. En la actual versión, la tabla repetición carece de uso. Ella se empleará cuando se escriba el código que permita obtener los datos de ajuste a partir de la estructuras de los diseños experimentales tales como son el completamente al azar y los bloques al azar entre otros.

Nombre de la Tabla	repeticion	Esta tabla identifica las repeticiones dentro de la estructura de un muestreo en una investigación		
Llave Primaria	id	Identificador del registro de una dato de un muestreo		
Llave Secundaria	cod_Tratamiento Repeticion	Relaciona a un numero de repetición con un tratamiento.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador de la etiqueta	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
numero_Repeticion	Numero de la Repetición	int(11)	No nula	Registra a una repetición de un tratamiento.
cod_Tratamiento Repeticion	Codigo del Tratamiento	int(11)	No nula	Relaciona a un número de repetición con un tratamiento.
cod_EtiquetaRepeticion	Identificador de la repetición de un tratamiento	int(11)	No nula	Identifica en campo a la repetición de un tratamiento

Tabla 37. Diccionario de Datos para la tabla repeticion

5. DESARROLLO

El software SDCPC se desarrolló para entorno web usando PHP5 con el patrón arquitectural Modelo Vista Controlador y ha sido desarrollado bajo el paradigma de orientación a objetos. Metodológicamente se ha estado construyendo tomando elementos de diferentes modelos de desarrollo pero muy especialmente del modelo de Espiral. Para la codificación no se empleó framework alguno ni tampoco algún IDE. Básicamente se codificó en Windows mediante el uso del Notepad++ y en otros momentos se uso Kwrite en Ubuntu Linux.

El patrón arquitectural básico a partir del cual se desarrolló SDCPC se inspiró en el ejercicio CalcCurso del curso de Php de Uniminuto dictado por el profesor Carlos Armando López durante el primer semestre de 2010. También se utilizaron scripts no hechos en objetos pero que se integraron al código. Aunque la mayor parte del software fue codificado por el autor de este trabajo, se utilizaron librerías y se adaptaron piezas de código de terceros encontradas en Internet y que han sido esenciales en la construcción del presente software. Una de las librerías usadas es phplot que fue creada para realizar gráficas en php. Este software se puede descargar desde <http://www.phplot.com>. Otro código esencial utilizado para este software fue la clase CregressionLinear necesaria para la obtención de la ecuaciones de las rectas en diferentes clases del software. La clase CregressionLinear fue escrita por Son Nguyen en el año 2005 y se descargó de <http://blog.trungson.com/?p=42>. En ese mismo vínculo aparece un mensaje con fecha del

30 de diciembre 2011 en donde Alfredo Covaleda Vélez expresa su intención de hacer uso de ese código realizando algunas modificaciones y adiciones. Una tercera fuente de código que se utilizó fue la plantilla Green Cogs que le da el estilo al sitio. Esta es una plantilla gratuita que se puede descargar en <http://www.mitchinson.net>. SDCPC utiliza algunos javascript y algunos frameworks relacionados como son JQuery y Ajax. La manera como se usó Ajax se basó en un código desarrollado por Jesús Liñán que se encuentra en el sitio web ribosomatic.com. En la última iteración del desarrollo se modificó un código presentado por la programadora argentina Eugenia Bahit (2011). Este código completamente orientado a objetos se utilizó como base para la creación de la clase abstracta DBPGSAbstracto y las clases lote y suelo que la extienden. Al momento de la entrega del presente documento de tesis el autor se encontraba creando la clase muestreo tal y como lo hizo con las clases lote y suelos basándose en el código de ejemplo presentado por Bahit (Ibid) en su libro.

6. GLOSARIO

Objeto. Se define como una *entidad* poseedora tanto de métodos o mensajes a los cuales responde (comportamiento), como de atributos que poseen valores concretos también conocidos como estados. Adicionalmente los objetos tienen y propiedades que determinan su identidad.

Método. Es el algoritmo asociado a un objeto que indica lo que éste objeto puede hacer. Es decir, el comportamiento que puede tener un objeto.

MVC. El Modelo Vista Controlador es un patrón arquitectural que separa los datos de la aplicación, la interfaz del usuario y lo que se denomina la lógica del negocio. El *controlador* responde a los eventos, normalmente las acciones del usuario, e invoca modelo y a la vista. Por su parte el modelo esta referido a las diferentes clases y scripts que contienen los métodos o funciones que como ya se indicó establecen los comportamientos que pueden tener los objetos.

Servicio. Se refiere a las dos tareas principales que un usuario puede realizar con este software. Una de ellas es el seguimiento a un ciclo de producción y la otra es la realización de una curva de desarrollo y crecimiento. El primer servicio está orientado a productores mientras que el segundo está orientado a investigadores.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un interesante y útil algoritmo para efectuar el ajuste de curvas de crecimiento. El procedimiento permite la obtención de tasas de crecimiento relativo y llega hasta el ajuste de los parámetros de una recta por el método de mínimos cuadrados. El paso inmediato a dar consiste en la obtención de los ajustes para los modelos logístico, monomolecular y gompertz.
- El patrón arquitectural Modelo Vista Controlador y la Orientación resultaron ser enfoques apropiados para conseguir el propósito de obtener un software que permita la fácil integración de nuevos módulos y nuevas entidades adicionales. De esta manera se logró que iteración tras iteración a lo largo de la implementación del modelo de espiral se agregaron fácilmente funcionalidades a través de la creación de nuevas clases y la implementación de los eventos.
- La base de datos diseñada no solamente permite el registro de datos para la identificación de los lotes y no solamente vincula esos lotes a las variedades de los cultivo sino que también los relaciona a otras entidades como por ejemplo los suelos y sus propiedades físico químicas. Aunque la base de datos actualmente cuenta con 30 diferentes tablas aún es necesarios adicionar varias mas.

ANEXOS

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos		Alfredo Covaleda Vélez F-01		
No. Requerimiento		aaaa	mm	dd
Responsable del Levantamiento de Información		Firma Responsable		
Número de Acta de Visita		Firma Entrevistado		

No.	Requerimiento Funcional	Entrevistado

Especificaciones del Requerimiento Funcional
Objetivo:
Antecedentes y Justificación:
Actores:
Entradas:
Descripción del Proceso:
Salidas:
Relación de Diagramas (anexos):

Tabla 38. Formulario para el levantamiento de información para la definición de los requerimientos

BIBLIOGRAFÍA

ASCENCIO J, SGAMBATTI L. 1975. Analisis Del Crecimiento En Tres Cultivares De Caraoatas Venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Coche', cv 'Cubagua', cv 'Tacarigua'), En Condiciones De Campo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. *Agronomía Tropical* 25(2): 125-147. {En línea} Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2502/arti/ascencio_y.htm

Ajuste de Curvas. {En línea} Recuperado de http://www.raydesign.com.mx/psicoparaest/index.php?option=com_content&view=article&id=258:ajuste-curvas&catid=55:ajuste-curvas&Itemid=76

VILLAR R, RUIZ-ROBLETO J, QUERO J L, POORTER H, VALLADARES F, MARAÑÓN T. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. {En línea}. Recuperado de http://www.escet.urjc.es/biodiversos/publica/Tasas_crecimiento.pdf

AMARO J, GARCÍA E, ENRÍQUEZ J, CARRILLO A, PÉREZ J, HERNÁNDEZ A. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiara* híbrido, cv.). *Técnica Pecuaria en México*, 2004. 42(3):447-558. {En línea} <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200410182383.pdf>

BAHIT E. POO y MVC en PHP. El paradigma de la Programación Orientada a Objetos en PHP y el patrón de arquitectura de Software MVC. 66 paginas. Publicado en Julio 17 de 2011 bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported.

BAYUK E, DE BENITO M, OTTENHEIMER A. PHPlot Reference Manual. Release 2012-04-06 for PHPlot-5.8.0. {En línea}. Recuperado de: <http://www.phplot.com/phplotdocs/>

CLAVIJO J. 1989. Análisis de Crecimiento de Malezas. Revista Comalfi. Volumen XVI: 12 – 16. Colombia.

COVALEDA A. Apuntes de clases de las asignaturas de Fisiología de Cultivos y de Fisiología Vegetal del Pregrado de Agronomía. Profesores Jairo Clavijo y Miguel Laverde. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.

EVANS G. The quantitative analysis of plant growth. Studies in Ecology. Volume 1. 1971. {En línea}. Recuperado de: http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=pxw3-IFvTVMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=journal+of+growth+analysis+plant&ots=MSs2rvamb6&sig=ahcASr_rCw8HzgJKk5cCKAiXREc#v=onepage&q&f=false

FOURCAUD T, ZHANG X, STOKES A, LAMBERS H, KORNER C . 2008. Plant Growth Modelling and Applications: The Increasing Importance of Plant Architecture in Growth Models. Annals of Botany 101: 1053–1063, 2008.

FRANCL L, NEHER D. 1997. Exercises in Plant Disease Epidemiology. APS PRESS. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp. 29 – 37.

HEUVELINK E. 1999. Evaluation of a Dynamic Simulation Model for Tomato Crop Growth and Development. Annals of Botany 83: 413 - 422, 1999.

HUNT R, CAUSTON D, SHIPLEY B, ASKEW A. A Modern Tool for Classical Plant Growth Analysis. Annals of Botany 90: 485-488, 2002

HUNT R. Plant Growth Analysis: The Rationale Behind the use of Fitted Mathematical Function. Ann. Bot. 43, 245-247, 1979. {En línea}. Recuperado el día 22 de septiembre 2011 de <http://people.exeter.ac.uk/rh203/rationale.pdf>

ICONTEC. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación.
Norma Técnica Colombiana NTC 1846. Cuarta Actualización.

LALLANA V, LALLANA, M. Manual de Fisiología Vegetal. Crecimiento y Desarrollo.
Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. 2003. Entre Ríos. Argentina. Edición
Digital.

MARTINEZ, A. 2008. El ajuste de datos a fórmulas. Recuperado el 01-02-2012 de
<http://ajuste-de-datos.blogspot.com/2008/03/3-la-parbola-de-mnimos-cuadrados.html>

MATHIEU A, COURNEDE P, LETORT V, BARTHÉLÉMY D, DE REFFYE P. A dynamic
model of plant growth with interactions between development and functional mechanisms
to study plant structural plasticity related to trophic competition. Annals of Botany. 2009.
England. Volume 103, Issue 8. Pp. 1173-1186.

MEAGHER P. ANOVA Statistical Programming with PHP. 2003. {En línea} . Recuperado el
12 /11/2012 de http://onlamp.com/pub/a/php/2004/07/22/php_anova.html

MEAGHER P. Simple linear regression with PHP: Part 1. The importance of a math library
in PHP. 2003. {En línea}. Recuperado el 02/11/2011de <http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-linphp/>

MONTEALEGRE, A. Curso Básico de Meteorología y Climatología. Universidad Nacional
de Colombia. 1998. Sede Palmira. Segunda Edición.

PALOMO A, OROZCO J, GUTIÉRREZ DEL RÍO E, ESPINOZA A, RODRÍGUEZ S.
Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. En

Resultados de Proyectos de Investigación 2003. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. {En línea} Recuperado de: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/cultbasicos/analisis.pdf>

OCHOA G. An Introduction to Lindenmayer Systems. {En línea}. Recuperado de http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e28_3/lsys.html en 26/09/2010.

PALOMO A, OROZCO J, GUTIÉRREZ DEL RÌO E, ESPINOSA A & RODRÍGUEZ S. Sin Dato. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. 125 - 130.

PRUSINKIEWICZ, PRZEMYSŁAW. 2004. Modeling plant growth and development. Current Opinion in Plant Biology 2004, 7:79–83.

RESTREPO S, PINZÓN A, RODRÍGUEZ-R LM, SIERRA R, GRAJALES A, ET AL. 2009. Computational Biology in Colombia. PLoS Comput Biol 5(10): e1000535. doi:10.1371/journal.pcbi.1000535

SILBERSCHATZ A. Fundamentos de Bases de datos. McGRAW-HILL. 2002. Cuarta Edición. Madrid España.

STUMP J. Understanding MVC in PHP. 2005. {En línea}. Recuperado el día 12/11/2011 desde <http://oreilly.com/php/archive/mvc-intro.html>

WIKIPEDIA. Bioinformatics. Recuperado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Bioinformatics> en 06/09/2010.

VERES, E.1985. Nuevo procedimiento para el ajuste de la curva logística : aplicación a la población española. ESTADÍSTICA ESPAÑOLA. núm. 108, 1985, págs. 5 a 17.

TAIZ L. & ZEIGER E. 2006. Fisiología Vegetal. II Universitat Jaume I. Publicacions. Castelló de La Plana. España.

INDICE ALFABÉTICO

agroecosistema	20
agronomía	20, 25
Bioinformática	19, 24
CASCADA	40
Colombia	19
crecimiento	20, 21, 22, 25, 27, 28, 29, 31, 45, 53, 55, 60, 76, 77
Crecimiento	18, 43, 45
cultivos	21, 22
CULTIVOS	34
DSSAT	24, 25
edafología	36
emergencia	31
Entidad-Relación	73
Especie	78
Espiral	39, 40, 41
exponencial	29
fases de crecimiento	27
fisiología de cultivos	21
Fortran	25
función sigmoide	29
funciones sigmoides	29
germinación	31, 47
Gompertz	29
humedad	37, 76
Humedad	76
IAF	31, 34, 43
ley del mínimo	21
Lindenmayer	26, 97
logística	29
monomolecular	29
nitrógeno	76
Nitrógeno	76
OMT	39, 40
OOSE	39, 40, 41
phplot	88
Plant Growth Simulator	18, 20, 22, 38, 41, 53, 73
planta	19, 20, 26, 31, 32, 34, 45, 66, 75, 76, 77
Planta	75, 76, 77
plantas	78
RAF	31, 32

Relative Growth Rate	28
RGR	28
RUP	39, 40, 41
sigmoide	29
Sistemas-L	25, 26
Solanum Tuberosum	25
tan	76, 77
TAN	31, 32, 43
Tasa de Asimilación Neta	32
Tasa de Crecimiento de Cultivo	18, 43, 45
Tasa de Crecimiento Relativo	28, 44
Universidad Nacional	19
Wageningen	25

**SEGUIMIENTO AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS -
SDCPC**

ALFREDO COVALEDA VÉLEZ

**MANUAL TÉCNICO DE SEGUIMIENTO
AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS - SDCPC**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA
BOGOTÁ DC**

I - 2012

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS Y DE ECUACIONES	6
1. Introducción	7
1.1. Objetivo General	8
2. Manifiesto de Responsabilidad	8
4. Reconocimiento y Agradecimientos	8
5. Instalación del Software	9
6. Paradigma de Programación y Lenguaje Utilizado	11
6.1. El modelo vista controlador	11
6.1.1. La capa de la vista	11
6.1.2. Creación de un registro	12
6.1.3. Ingreso de Información sobre sitios, lotes y cultivos	12
6.1.4. Ingreso de muestreos	13
6.2. El modelo	15
6.2.1. Obtención de tasas de crecimiento	15
6.2.2. Ajuste por mínimos cuadrados	17
6.3. El Controlador	18
7. Diccionario de Datos	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Método para configuración de la base de datos en la clase PGS	10
Tabla 2. Fragmento de la clase db_pgs_abstracto para configuración de la base de datos	10
Tabla 3. Método de un evento	19
Tabla 4. Diccionario de Datos para la Entidad Especie	20
Tabla 5. Diccionario de Datos para la Entidad Indice de Plantas	20
Tabla 6. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos Climáticos	21
Tabla 7. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Elementos Mayores	21
Tabla 8. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Propiedades Edáficas	21
Tabla 9. Diccionario de Datos para la Entidad Departamento.	22
Tabla 10. Diccionario de Datos para la Entidad Cultivo	22
Tabla 11. Diccionario de Datos para la Entidad Variedad	23
Tabla 12. Diccionario de Datos para la Entidad Sitio	23
Tabla 13. Diccionario de Datos para la Entidad Muestreo	24
Tabla 14. Diccionario de Datos para la Entidad Lote	25
Tabla 15. Diccionario de Datos para la Entidad de Estados Fenológicos	25
Tabla 16. Diccionario de Datos para la Entidad Fenología	25
Tabla 17. Diccionario de Datos para la Entidad Registro	26
Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad Propiedades Químicas de los Suelos	27
Tabla 19. Diccionario de Datos para la Entidad Investigación	28
Tabla 20. Diccionario de Datos para la Entidad Departamentopais	28

Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad País	28
Tabla 21. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio	29
Tabla 22. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais	29
Tabla 23. Diccionario de Datos para la Entidad Nombrecomun	29
Tabla 24. Diccionario de Datos para la Entidad Pro	30
Tabla 25. Diccionario de Datos para la Entidad Crecimiento	30
Tabla 26. Diccionario de Datos para la Entidad Tratamientos	31
Tabla 27. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais	31
Tabla 28. Diccionario de Datos para la tabla crecimientoajustado	31
Tabla 29. Diccionario de Datos para la tabla repeticion	32

ÍNDICE DE FIGURAS Y DE ECUACIONES

Figura 1. Diagrama Entidad Relación de la Versión Actual.....	14
Ecuación 1. Ecuación de la Tasa de Crecimiento Relativo.....	15
Ecuación 2. Polinomio generalmente obtenido en estudios de crecimiento.....	17

1. Introducción

SDCPC es un software para el entorno web desarrollado para el seguimiento al desarrollo y crecimiento de cultivos desarrollado por Alfredo Covalada y presentado como proyecto de tesis en la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

El software está principalmente orientado a investigadores y estudiantes pero también puede ser utilizado por los productores agrícolas para el seguimiento de sus cultivos y sus lotes de cultivo en aras de hacer un racional manejo de ellos. Por su parte el presente manual está orientado a administradores del sistema, a desarrolladores interesados en realizar cambios o en agregar nuevas funcionalidades y eventualmente a agrónomos, biólogos o forestales interesados en entender las funcionalidades del sistema.

Es indispensable indicar que si bien se ha recorrido un largo camino hasta acá y si bien el sistema realiza cálculos matemáticos y estadísticos e imprime gráficas, el sistema presenta y plantea gran número de funcionalidades que están en desarrollo. Todo esto obedece a que este software es un primer paso en un camino que quiere concluir en el desarrollo de un software muy ambicioso cuyo elemento central es este primer paso que se ha dado que son las funcionalidades que se encuentran en la actual versión.

En el presente documento se describe aspectos generales del proceso de software y se presentan las principales funcionalidades.

1.1. Objetivo General

Realizar las acciones para obtener curvas ajustadas para evaluar el crecimiento y registrar información de algunos de los subsistemas del cultivo.

2. Manifiesto de Responsabilidad

Ni quien desarrolla de SDCPC ni la entidad académica asociada a él se hacen responsables por los errores que puedan surgir tras el uso del software bien sea como resultado de la impericia del usuario o por eventuales fallas, errores o limitaciones del software, máxime cuando este aún se encuentra en sus versiones iniciales.

4. Reconocimiento y Agradecimientos

El patrón arquitectura básico a partir del cual se desarrolló SDCPC se inspiró en el ejercicio CalcCurso del curso de Php de Uniminuto dictado por el profesor Carlos Armando López. No obstante, también se utilizaron scripts no hechos en objetos pero que se integraron al código.

Aunque la mayor parte del software fue codificado por el autor de este trabajo adicionalmente se utilizaron y adaptaron alguna librerías y piezas de código de terceros. Una de las librerías usadas es phplot, que fue creada para realizar gráficas en php. Este software se puede descargar desde <http://www.phplot.com>. Otro código esencial utilizado para este software fue la clase CregressionLinear necesaria para la obtención de la ecuaciones de las rectas en diferentes clases del software. La clase CregressionLinear fue escrita por Son Nguyen en el año 2005 y se descargó de <http://blog.trungson.com/?p=42>. En ese mismo vínculo aparece un mensaje con fecha del 30 de diciembre 2011 en donde Alfredo Covalada Vélez expresa su intención de hacer uso de ese código

realizando algunas modificaciones y adiciones. Una tercera fuente de código que se utilizó fue la plantilla Green Cogs que le da el estilo al sitio. Esta es una plantilla gratuita que se puede descargar en <http://www.mitchinson.net>. SDCPC utiliza algunos javascript y algunos frameworks relacionados como son JQuery y Ajax. La manera como se usó Ajax se basó en un código desarrollado por Jesús Liñán que se encuentra en el sitio web ribosomatic.com. El autor agradece a las personas que han desarrollado y mantenido las diferentes piezas de código utilizadas para la obtención de este producto.

Finalmente el autor desea agradecer a Oracle no solamente por el gestor de bases de datos MySQL sino también por el software MySQL Workbench utilizado para el modelamiento de los diagramas Entidad-Relación. Adicionalmente agradece a los propietarios de ArgoUML, descargable en <http://argouml.tigris.org>, utilizado para realizar los diagramas de clases, de casos de uso y los diagramas de despliegue. En ese mismo sentido el autor agradece a Gnome por el software dia empleado para producir tanto el diagrama de secuencia como el diagrama de máquinas de estado. Finalmente, resulta obligatorio agradecer a Apache Friends, al PHP Group y a The Document Foundation por LibreOffice en cuyo procesador de texto se ha escrito este y los demás manuales que acompañan al software Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos.

5. Instalación del Software

Para su instalación SDCPC requiere que el equipo de cómputo tenga instalado un servidor web, PHP 5 y el gestor de base de datos MySQL. Se recomienda PHP versión 5.2.9 y la versión 5.0.51 del API para cliente de MySQL. Este sistema se desarrolló en XAMPP version 1.7.1 para Windows y se probó en un servidor Apache2 del sistema operativo Ubuntu Linux con kernel 2.6.32-41.

La instalación consiste en copiar la carpeta PGS_Web en el servidor web. Una vez instalado es necesario verificar la ruta del servidor. Esto se realiza dirigiéndose a la carpeta PGS_Web – Configuración y abriendo el archivo ruta.php. En este archivo se escribe la ruta del servidor. Debido a que este se realizó en XAMPP para Windows por defecto el archivo ruta.php tiene la configuración /xampp/htdocs/

Se ha trabajado buscando que el usuario pueda utilizar su propia base de datos y sus propios valores de huésped, usuario y claves. Sin embargo, si por alguna razón no funcionan sus valores, la base de datos mysql se podría configurar con los valores por defecto que se encuentran en las tablas 1 o 2. La configuración se debe realizar en las clases PGS.php y db_pgs_abstracto localizadas en el directorio Clases. En el caso de la clase PGS se debe realizar en la primer función de la clase, llamada conectarBD() localizada al inicio de la clase justo después del constructor.

```
/* Esta función permite configurar la base de datos */  
public function conectarBD() {  
    $this->conectarDB=  
    $link = mysql_connect ("localhost", "root", "hlalternopsw") or die("Could not connect");  
    mysql_select_db("PGS") or die("Could not select database");  
}
```

Tabla 1. Método para configuración de la base de datos en la clase PGS

```
abstract class DBPGSAbstracto {  
    private static $db_host = 'localhost';  
    private static $db_user = 'root';  
    private static $db_password = 'hlalternopsw';  
    protected $db_name = 'PGS';  
    protected $rows = array();  
    private $conn;
```

Tabla 2. Fragmento de la clase db_pgs_abstracto para configuración de la base de datos

6. Paradigma de Programación y Lenguaje Utilizado

El software SDCPC se desarrolló para entorno web usando PHP5 con el patrón arquitectural Modelo Vista Controlador y ha sido desarrollado bajo el paradigma de orientación a objetos. SDCPC está dividido en tres capas. Metodológicamente, este se ha estado construyendo tomando elementos de diferentes modelos de desarrollo y muy especialmente del modelo de Espiral. En un sentido estricto el producto SDCPC que acá se presenta debería considerarse como el resultante de una iteración de lo que se llamará Plant Growth Simulator (PGS).

6.1. El modelo vista controlador

El modelo vista controlador o MVC es el patrón arquitectural empleado para este aplicativo. Para el autor del aplicativo las principales ventajas al usar este patrón son la facilidad que brinda para la modularidad, la reusabilidad de las piezas de código y la mayor facilidad para realizar el mantenimiento.

6.1.1. La capa de la vista

La capa de la vista incluye 17 formularios en código HTML. Mediante esta capa el usuario interactúa con el sistema para ingresar los registros y para realizar los ajustes de las curvas. Teniendo en mente la economía en cuanto al número de líneas y en virtud a que el código se realiza mediante el enfoque de la programación orientada a objetos, los distintos formularios se construyen mediante una combinación de clases. Algunas de estas clases son fragmentos de código generales para todos los formularios y se encuentran en la clase HtmlFormat. La clase HtmlFormat contiene la función encabezado que muestra desde la etiqueta <html> que abre el formato html y va hasta la etiqueta <body>. Buscando aprovechar las funcionalidades mas modernas del estándar HTML, se

han incluido las etiquetas que definen la revisión HTML5. En la clase HtmlFormat se han creado las funciones `men` y `menuEdition` que imprime el menú en la parte superior del formulario. Adicionalmente `HtmlFormat` contiene las funciones `tabla_1`, `NombreFormulario` y `pie`.

6.1.2. Creación de un registro

Crear un registro es esencial para el funcionamiento del software. La llave primaria del registro se relaciona con la gran mayoría de tablas de la base de datos. Como se puede ver en la figura 1, la entidad registro es la tabla central en torno a la cual gira casi por completo la base de datos. Sin embargo, el registro se refiere a una determinada variedad con lo cual desde la perspectiva biológica todo el diseño gira en torno a las variedades. Los campos de las tablas se pueden encontrar en la sección de diccionarios de datos de este documento.

Es relevante indicar que actualmente la eliminación del registro de una investigación o seguimiento de cultivo no significa la eliminación de los registros de la tabla muestreo y de otros similares. De este modo, si un usuario elimina por error un registro o si quiere recuperarlo, para el administrador de la base de datos sería fácil restaurarlo reingresando el mismo código directamente a la tabla registro de la base de datos.

6.1.3. Ingreso de Información sobre sitios, lotes y cultivos

Una vez registrado un ciclo de cultivo o una investigación el sistema solicita datos adicionales. Para el caso de una investigación, tras el registro, el sistema pide al usuario que ingrese información sobre la investigación y los distintos tratamientos que se planea evaluar. Aunque la estructura de la base de datos para esta funcionalidad ya está

realizada y además es posible ingresar registros aún no tiene efectos para los cálculos ni tiene formularios de reportes porque esta funcionalidad hará parte de las funcionalidades que permitirán realizar operaciones estadísticas a partir de diseños experimentales tales como diseños al azar y bloques al azar.

Una vez realizado el registro del ciclo productivo el sistema solicita registrar información sobre la ubicación geográfica del sitio, descripción e identificación del lote de cultivo así como las propiedades químicas del suelo si es que estas están disponibles.

6.1.4. Ingreso de muestreos

Para que se puedan ejecutar las diferentes funcionalidades que realizan cálculos y gráficas es absolutamente indispensable haber ingresado registros en la tabla. Para ingresar registros es necesario haber iniciado previamente una sesión. Una vez abierta la sesión los registros se ingresan a través de la ruta Inicio – Curva Crecimiento – Editar Datos – Registros de muestreo. En este momento por cada muestreo se ingresa un sólo conjunto de datos y con eso es suficiente para ejecutar las funcionalidades estadísticas como son las regresiones y los ajustes por mínimos cuadrados.

Lo ideal sería que en cada muestreo se ingresarán valores para diferentes tratamientos, al menos tres repeticiones por cada tratamiento para que tenga validez estadística. Esta situación ideal se logrará cuando se puedan estructurar los diseños experimentales. Algunas de las tablas de la bases de datos han sido diseñados teniendo ese derrotero. Es el caso de las tablas repeticiones y tratamientos (Tablas 26 y 29).

6.2. El modelo

El modelo incluye todas las clases que realizan los cálculos, la impresiones de la gráficas y las consultas para los registros en la base de datos. El sistema cuenta con varias clases en esta capa. A continuación se describen las principales funcionalidades que están mas directamente relacionadas con la obtención de las curvas ajustadas.

6.2.1. Obtención de tasas de crecimiento

Al digitar en el menú en la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Obtener Tasa TCR Curvas el archivo controlador llama a función `curvasTCR`. Esta función `curvasTCR` crea el objeto `$vAjuste` a partir de la clase `AjusteLogistico`. Luego de llamar a la conexión de la base de datos, la primer función de la clase `AjusteLogistico` que se ejecuta es la función `borrar_crecimiento` que simplemente borra los registros de las tasas de crecimiento que se encuentran almacenados en la tabla `crecimiento`. Posteriormente llama a la función `calculoTCR`. En primera instancia la función realiza una consulta seleccionado a los datos de la tabla `pro` correspondientes a datos de materia seca de hojas, materia seca de tallos, materia seca de flores, materia seca de frutos y la materia seca total. Posteriormente la función `calculoTCR` realiza las operaciones para obtener la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) para cada uno de los muestreos en el tiempo y los inserta dentro de la tabla `crecimiento` que previamente había sido borrada. La expresión matemática para la obtención de la ecuación se presenta en la ecuación 1.

$$r = \frac{\ln(w2) - \ln(w1)}{t1 - t2}$$

Ecuación 1. Ecuación de la Tasa de Crecimiento Relativo

Finalmente, la función `calculoTCR` llama a un `iframe` que imprime a la clase `tcr.php` que gráfica la curva de crecimiento ajustada. La función `calculoTCR` realiza algunas tareas

adicionales. Por un lado llama a la función `borrar_crecimientoAjustado` presente en la misma clase. Luego selecciona los registros de la tabla `crecimiento` y los inserta en la tabla `crecimientoajustado`. Posteriormente `calculoTCR` llama a la función `tasa_actualizacion.php` y lo inserta en dos iframes. Este último archivo es muy importante porque es la vista de una serie de cuatro archivos que permiten la actualización de la tabla de crecimiento y de la gráfica que representa la curva de crecimiento. Inicialmente los dos iframes muestran las misma gráfica y la misma tabla pero el iframe de la derecha tiene la posibilidad de ser modificado. Precisamente esta última funcionalidad permite el ajuste de la curva por parte del usuario mediante Ajax. El iframe muestra tanto la gráfica, como la tabla y el formulario en donde se realiza la actualización de la tasa de crecimiento para un tiempo medio escogido. Cuando el usuario esté seguro de haber terminado satisfactoriamente de ajustar los valores de las tasas de crecimiento r , debe digitar sobre el botón etiquetado con `ok`, localizado inmediatamente debajo de las tablas de datos, con el fin de guardar definitivamente las nuevas tasas. Al digitar sobre `ok` el sistema genera un código único para ese arreglo de datos. Aun si el usuario no desea modificar los datos es necesario que digite sobre `ok` a fin de poder guardar el arreglo de datos que van a ser utilizados para cálculos en la funcionalidad de mínimos cuadrados cuando el usuario lo requiera. Al digitar sobre `ok` se invoca en el controlador al evento 23 que corresponde a la función `guardarDatosCurvaAjustada`. Además de traer a los objetos de construcción de la página a partir de `HtmlFormat`, la función crea al objeto `AjusteLogistico` y llama a la función `guardarAjuste`; esta realiza dos consultas a la base de datos. Una de ellas anidada en la otra. La primer consulta trae a los registros de la tabla `crecimientoajustado` los cuales son insertados en la tabla `datos ajustados` mediante la consulta anidada. Los valores originales serán mantenidos en la base de datos.

Al digitar sobre Ver curva ajustada a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento se llama al evento 24 que trae a la función que llama a todas las curvas registradas. Una vez elegido el registro se llama al evento 25 que a su vez llama a los códigos que identifican a las diferentes gráficas ajustadas para la tasas de crecimiento.

Si bien a esta altura se tienen gráficas ajustadas para la tasas de crecimiento, aún no se ha logrado cumplir con el objetivo final real. Se trata de obtener las curvas ajustadas y posteriormente linealizarlas mediante los ajustes logístico, gompertz o monomolecular. Para lograr estos objetivos en primer lugar se requiere efectuar el ajuste por mínimos cuadrados del polinomio de la ecuación 2.

$$r=a+b.t+c.t^2 +d.t^3$$

Ecuación 2. Polinomio generalmente obtenido en estudios de crecimiento

6.2.2. Ajuste por mínimos cuadrados

El ajuste por mínimos cuadrados se realiza con la intervención del usuario quien debe escoger entre los puntos de la curva aquellos valores de la curva que mejor ajustan a una recta. Estos valores son elegidos por el usuario desde la ruta Inicio – Curva de Crecimiento - Tasa de Crecimiento – Mínimos Cuadrados en un formulario que se presenta debajo de la curva. Este formulario obtiene de la función ajustePolinomico de la clase AjusteLogistico que se llama desde la función resultadosCurvaAjustados en EventosFrmPGS. Una vez más se hizo uso de un iframe para traer un formulario que muestra los tiempos medios y las tasas de crecimiento relativas de los datos que pueden ser elegidos mediante checkboxes. Des esta manera se garantiza que el usuario pueda seleccionar de manera sencilla todos los puntos que quiera. Otro aspecto interesante de esta funcionalidad consiste en que mediante la combinación de la función

mostrarResultadosCurvaAjustada y la función ajustePolinomico, ambas de la clase ajusteLogistico, se logra el mismo efecto del Ajax. Después que el usuario selecciona de los checkboxes los mejores puntos para el ajuste, el usuario registrara los datos de manera temporal dentro de una tabla de la base de datos. La tabla ha sido llamada propolinomico y tiene los campos id, tiempoMedio, tasaCrecimiento y registrocurva (ver diccionario de datos). El usuario puede elegir una y otra vez los puntos de cualquiera de las curvas dentro del conjunto de curvas de tasas de crecimiento asociadas a los datos de una investigación en particular, es decir de una investigación o registro. Este conjunto de curvas corresponde a las curvas ajustadas que previamente se obtuvieron a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Selección de Curva y luego Inicio – Curva de Crecimiento - Obtener Tasa TCR. Al seleccionar alguno de las curvas del conjunto se ejecuta la función propolinomico también contenida en la clase AjusteLogistico. Esta clase crea un archivo temporal en donde se imprimen los datos tiempoMedio, tasaCrecimiento de la tabla datosajustados. Mediante un upload se utiliza ese archivo temporal para actualizar en una tabla llamada datosajustadospro. De la tabla propolinomico se seleccionan los valores de los checkboxes referidos anteriormente. Los checkboxes se imprimen en un iframe al seleccionar los checkboxes y digitar en enviar. Cuando se digita enviar se ejecuta la función mínimos cuadrados.

6.3. El Controlador

El controlador es un fichero llamado el archivo EventosFrmPGS.php localizado en la carpeta Eventos. En los vínculos, bien sean estos del menú o los botones que aceptan guardar algún registro o ejecutar alguna acción, se pasa el parámetro form. En la actual versión EventosFrmPGS responde a 30 llamados de form, es decir que existen 30 eventos. Cada uno de estos eventos corresponde a una función que instancia a los

objetos que se van a utilizar y posteriormente de esos objetos se invoca a los métodos que se van a utilizar. de esos objetos. En la tabla 2 (ver página siguiente), se presenta una clase que ilustra la manera como se trabajó con los eventos.

Se ha procurado que desde el controlador solamente se instancien los objetos e invoque los métodos y que las consultas a la base de datos se realicen desde la clase PGS. Pese a ello en dos o tres eventos se ejecutan consultas.

```
function guardarDatosCurvaAjustada()
{
    $planta=new PGS();
    $formato= new HtmlFormat();
    $vAjuste = new AjusteLogistico();
    if(isset($_GET['start']))
    {
        $format = $formato->encabezado();
        $format = $formato->menuEdition();

        echo $planta->conectarBD();
        $pgsLogistico = $vAjuste->guardarAjuste();
        $pgsLogistico = $vAjuste->mostrarResultadosCurvaAjustada();
        $format = $formato->pie();
    }
    if(isset($_POST['ok']))
    {
        $format = $formato->encabezado();
    }
}
```

Tabla 3. Método de un evento

En la mayoría de los eventos se instancian los objetos PGS y HtmlFormat.

7. Diccionario de Datos

La base de datos está actualmente conformada por 30 tablas. En la figura 1 se presenta el diagrama Entidad-Relación para ellas para 29 de ellas. Durante el diseño de las bases de datos y posteriormente en las diferentes iteraciones del proceso de desarrollo normalizaron las tablas cuando fue necesario.

Nombre de la Tabla	especie	En esta tabla se registran los nombres científicos de las especies vegetales a la que se les realiza seguimiento.		
Llave Primaria	id_Especie	Identificador de la especie vegetal del cultivo		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Especie	Identificador de la especie	int(11)	No nula	Llave Primaria para identificar el estado fenológico
nom_ScEspecie	Nombre de la especie	varchar(255)	No nula	Nombre científico de la especie vegetal cultivada

Tabla 4. Diccionario de Datos para la Entidad Especie

Nombre de la Tabla	IndicesDePlantas	Permite conocer semanalmente los valores para los índices mas importantes a nivel de la planta.		
Llave Primaria	id_IndPSem			
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_IndPSem		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro del índice
raf	Relación de Area Foliar:	decimal(5.2)	No nula	Relación entre el área foliar expuesta por la planta (tejido fotosintetizador) y la biomasa total de la planta o tejidos capaces de respirar.
tan	Tasas de Asimilación Neta	decimal(5.2)	No nula	Es una medida de la eficiencia de una planta. Es la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo.
semana	Número de Semana desde la Siembra	int(2)	No nula	Registra el número de la semana en el cual se toma la muestra.
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 5. Diccionario de Datos para la Entidad Indice de Plantas.

Nombre de la Tabla	ReqClimaticos	En la tabla ReqClimaticos se registran las condiciones climáticas ideales a las que crece la planta.		
Llave Primaria	id_Req	Indice de Requerimientos Climáticos		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Req int		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
temp_Min	Temperatura Mínima	int(2)		El valor corresponde a la temperatura mínima a la que crece la planta.
temp_Max	Temperatura Máxima	int(2)		El valor registrado es la temperatura máxima a la que crece la planta.
temp_Opt	Temperatura Optima	int(2)		Este valor corresponde a la temperatura ideal a la que crece la planta.
Pluviosidad	Pluviosidad	int(5)		Es la precipitación a la que esta adaptada la planta
lum	Radiación	int(3)		Unidad de medida de fotones en $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}$
humedad	Humedad	int(3)		Medida que permite saber que tan humedo o

Nombre de la Tabla	ReqClimaticos	En la tabla ReqClimaticos se registran las condiciones climáticas ideales a las que crece la planta.		
	Relativa			seco está el aire.
alt_max	Altitud Máxima	int(4)		Altura máxima sobre el nivel del mar a la que crece la planta.
alt_min	Altitud Mínima	int(4)		Altura mínima sobre el nivel del mar a la que crece la planta.
lat_opt	Látitud Optima	decimal(10,6)		Posición con respecto a la línea ecuatorial en la que el crecimiento y desarrollo son óptimos.
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 6. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos Climáticos.

Nombre de la Tabla	ReqMayores	En la tabla ReqMayores se registran los requerimientos nutricionales de los nutrientes mayores de las plantas.		
Llave Primaria	id_ReqMay	Indice de Requerimiento de Mayores		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ReqMay		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
N	Nitrógeno	decimal(5,2)	No nula	Requerimientos de nitrógeno por hectárea.
P	Fósforo	decimal(5,2)	No nula	Requerimientos de nutrición fosfórica por hectárea.
K	Potasio	decimal(5,2)	No nula	Requerimientos de nutrición potásica por hectárea.
codigo_Planta	Código de Planta	int(5)	No nula	Llave secundaria para identificar la planta relacionada

Tabla 7. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Elementos Mayores.

Nombre de la Tabla	ReqEdaficos	En esta tabla se registran los valores adecuados que para el desarrollo de las plantas establecen parámetros edáficos como el pH y la textura del suelo.		
Llave Primaria	id_ReqEdaf	Indice de Requerimientos Edáficos		
Llave Foránea	codigo_Planta			
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ReqEdaf		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
pH_Min	pH Mínimo	decimal(1,2)		Indica que tan tolerante es la planta a suelos ácidos.
ph_Max	pH Máximo	decimal(1,2)		Muestra el valor máximo de pH al que crece la planta.
textura	Textura del Suelo	varchar(100)		Indica las proporciones de arena, limo y arcilla óptimos para el crecimiento de la planta.
codigo_Planta	Código de la Planta:	varchar(4)	No nula	Permite la agregación a la tabla planta.

Tabla 8. Diccionario de Datos para la Entidad Requerimientos de Propiedades Edáficas.

Nombre de la Tabla	Departamento	En esta tabla consigna los nombres de los departamentos, estados o provincias de un país en donde se encuentra establecido el lote del cultivo.		
Llave Primaria	cod_departamento	Código del Departamento.		
Llave Foránea	cod_DepartamentoPais	Llave secundaria que relaciona un departamento a un país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_departamento	Código del Departamento	int(11)	No nula	Llave Primaria para identificar al país
nom_departamento	Nombre del Departamento	varchar(100)	No nula	Indica el nombre del departamento, estado o provincia en donde se encuentra ubicado el cultivo.
cod_DepartamentoPais	Código Departamento País	int(11)	No nula	Llave secundaria que relaciona un departamento a un país

Tabla 9. Diccionario de Datos para la Entidad Departamento.

Nombre de la Tabla	Cultivo	En esta tabla se registran la información mas relevante que caracteriza e identifica al establecimiento de un cultivo		
Llave Primaria	id_Cultivo	Identificador del Cultivo		
Llave Foránea	id_Registro Cultivo	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un registro determinado.		
Llave Foránea	codigo_Lote Cultivo	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un lote.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Cultivo	Identificador del Cultivo	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
codigo_Lote Cultivo	Identificador del Lote	varchar(50)	No nula	Llave secundaria que relaciona el cultivo con un lote.
densidad_Siembra	Densidad de Siembra	int(5)	No nula	Determina el número de plantas sembradas en un lote.
met_Siembra	Método de Siembra	varchar(100)	No nula	Describe la disposición espacial de las plantas en el lote.
fecha_Siembra	Fecha Siembra	date	No nula	Indica la fecha en la que se realizó la siembra del cultivo.
id_Registro Cultivo	Identificador de Registro	varchar(50)	No nula	Relaciona el cultivo con un registro
codigo_Lote Cultivo	Código del Lote	varchar(50)	No nula	Permite relacionar un cultivo a un lote.

Tabla 10. Diccionario de Datos para la Entidad Cultivo.

Nombre de la Tabla	Variedad	En esta tabla se registra el nombre de las variedades		
Llave Primaria	id_Variedad	Código de la Variedad		
Llave Foránea	id_Especie	Llave secundaria que relaciona la variedad con una especie vegetal		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Variedad	Identificador de la Variedad	Int(4) incremental	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
nom_ScVariety	Nombre de la Variedad	varchar(100)	No nula	Indica el nombre de la variedad de una especie determinada
cod_Especie	Código de la Especie	int(4)	No nula	Relaciona la variedad con una especie vegetal.

Tabla 11. Diccionario de Datos para la Entidad Variedad

Nombre de la Tabla	Sitio	En esta tabla se registra información básica sobre el sitio en donde se establece el cultivo.		
Llave Primaria	codigo_Sitio	Código del Sitio		
Llave Foránea	id_mdpSitio	Identificador de municipio, departamento y país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Sitio	Código del Sitio	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
direccion_Sitio	Dirección del Sitio	varchar(225)		Indica la dirección catastral del sitio en donde se establece el cultivo.
nom_Finca	Nombre de la Finca	varchar(100)		Indica el nombre de la finca en donde se establece el cultivo.
id_mdpSitio	Código del Departamento	int(2)	No nula	Relaciona al sitio con un municipio de un departamento de un país.

Tabla 12. Diccionario de Datos para la Entidad Sitio.

Nombre de la Tabla	Muestreo	En esta tabla se registran los datos resultantes de los muestreos y que se utilizan para construir las curvas.		
Llave Primaria	id_Muestra	Codigo de la Muestra		
Llave Foránea	id_Registro Muestreo	Relaciona el muestreo con un registro		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Muestra		int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
num_Etiqueta				
semana	Tiempo después de la Siembra	int(11)	No nula	Indica el número de semanas o días después de la siembra transcurridos hasta el día en que se realiza la toma de la muestra.
area_Foliar	Area Foliar	float	No nula	Es el valor en unidad de área fotosintética de la planta.
ms_Hojas	Materia Seca de las Hojas	float	No nula	Es el valor en unidad de peso que se obtiene tras secar las hojas a una temperatura de 110 grados cent.

Nombre de la Tabla	Muestreo	En esta tabla se registran los datos resultantes de los muestreos y que se utilizan para construir las curvas.		
mf_Hojas	Materia Fresca Hojas	float	No nula	Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de las hojas
ms_Tallo	Materia Seca de los Tallos	float		Es el valor en unidad de peso que se obtiene tras secar los tallos a una temperatura de 110 grados centígrados.
mf_Tallo	Materia Fresca Tallos	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de los tallos.
ms_Raices	Materia Seca de las Raíces	float		Es el valor en gramos que se obtiene tras secar las raíces a una temperatura de 110 grados cent.
mf_Raices	Materia Fresca de las Raíces	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de las raíces.
ms_Frutos	Materia Seca de los Frutos	float		Es el valor en en unidad de peso que se obtiene tras secar los frutos a una temperatura de 110 grados centígrados.
mf_Frutos	Materia Fresca Frutos	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca de los frutos.
cod_Etiqueta	Código de la Etiqueta	varchar(100)		Es el código de la etiqueta para la planta muestreada
bm_SecaTotal	Biomasa Seca Total	int(6)	No nula	Es el valor en en unidad de peso que se obtiene tras secar la muestra completa a una temperatura de 110 grados centígrados.
gompertz	Ajuste Gompertz	float		
logistica	Ajuste Logístico	float		
monomolecular	Ajuste Monomolecul- lar	float		
exponencial		float		
bm_FrescaTotal	Biomasa Fresca Total	float		Es el valor en unidad de peso de la biomasa fresca total de la planta muestreada
muestreador	Muestrador	varchar(100)		Nombtre de la persona que toma la muestra
id_Registro Muestreo	Identificador de Registro	int(4)	No nula	Relaciona la muestra con un registro

Tabla 13. Diccionario de Datos para la Entidad Muestreo.

Nombre de la Tabla	Lote	En esta tabla se registra información básica sobre el lote en donde se establece el cultivo.		
Llave Primaria	codigo_Lote	Código del Lote		
Llave Foránea	id_LoteSitio	Código del Sitio		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Lote		int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
nom_lote	Nombre del Lote	varchar(100)		Indica el nombre de la variedad de una especie determinada

Nombre de la Tabla	Lote	En esta tabla se registra información básica sobre el lote en donde se establece el cultivo.		
alt	Altitud:	int(4)		Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el lote.
lat	Latitud	decimal(1.2)		Latitud a la que se encuentra el lote de cultivo.
longitud	Longitud	decimal(1.2)		Longitud a la que se encuentra el lote de cultivo.
cod_LoteSitio	Código del Sitio	int(4)	No nula	Llave que relaciona el Lote con un Sitio

Tabla 14. Diccionario de Datos para la Entidad Lote

Nombre de la Tabla	estados_Fenologicos	En esta tabla se registran los estados fenológicos específicos para un proceso de investigación o seguimiento.		
Llave Primaria	id_Efen	Código del estado fenológico		
Llave Foránea	id_Sp	Código de la especie		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Efen		int(5)	No nula	Llave Primaria para identificar el estado fenológico
id_Sp	Código de la especie	int(5)	No nula	Es el identificador de la especie vegetal cultivada
desc_Estado	Descripción	Mediumtext (1000)	No nula	Descripción del estado fenológico

Tabla 15. Diccionario de Datos para la Entidad de Estados Fenológicos

Nombre de la Tabla	registros_Fenologicos	En esta tabla se registran los nombres de los estados fenológicos específicos para un proceso de investigación o seguimiento.		
Llave Primaria	codigo_Efen	Código del Estado Fenológico		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
codigo_Efen	Identificador del Estado Fenológico	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
nom_Estado	Nombre del estado	varchar(100)		Indica el nombre del estado fenológico.

Tabla 16. Diccionario de Datos para la Entidad Fenología

Nombre de la Tabla	Registro	En esta tabla consigna el código de registro		
Llave Primaria	cod_Registro	Código del Registro		
Llave Foránea	cod_Servicio	Código que identifica el servicio		
Llave Foránea	cod_Variiedad	Código que identifica la variedad		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_Registro	Código del Registro	varchar(50)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro del departamento
cod_Servicio	Código del Servicio	int(11)	No nula	Código que identifica si se trata de un análisis de crecimiento o de un seguimiento a un cultivo
cod_Variiedad	Código de la	varchar(50)	No nula	Llave secundaria que el registro con una variedad

Nombre de la Tabla	Registro	En esta tabla consigna el código de registro		
	Variedad			
descripcion_Vari edad	Descripción de la Variedad	text		Espacio para escribir anotaciones relevantes
fechaCreacion	Fecha de Creación	varchar(45)		Fecha de creación del registro

Tabla 17. Diccionario de Datos para la Entidad Registro

Nombre de la Tabla	Suelos	En esta tabla consigna los resultados de los análisis químicos de los suelos de los lotes		
Llave Primaria	id_Campo	Código de la muestra de campo que identifica la muestra de suelo.		
Llave Foránea	codigo_Lote	Código del lote en donde se toma la muestra		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Campo	Identificación de Campo	varchar(255)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
codigo_Lote	Código del Lote	int(11)	No nula	Llave Foránea que establece la relación entre la muestra de suelo y el lote dónde fue tomada.
num_Laborato rio	Número de Laboratorio	varchar(255)		Indica el código que el laboratorio de suelos le asignó a la muestra
Dia	Día	tinyint(2)	No nula	Día del mes en que se toma la muestra
Mes	Mes	tinyint(2)	No nula	Mes del año cuando se efectúa la muestra
Year	Año	smallint(6)	No nula	Año en el que se realiza la muestra
arena	arena	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción arena en el suelo
limo	limo	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción limo en el suelo
arcilla	arcilla	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de la fracción arcilla en el suelo
clase_Textural	Clase Textural	varchar(255)	No nula	Clase textural de acuerdo al triangulo textural
gravilla	gravilla	tinyint(4)	No nula	
pH_11	PH 1.1	tinyint(4)	No nula	
pH_12	PH 1.2	tinyint(4)	No nula	
aluminio	Aluminio	float	No nula	
sat_Alum	Saturación de Aluminio	tinyint(4)	No nula	
ce_Sal	Conductivi- dad Electrica	float	No nula	
pSI_Sal	Sodio de Intercambio	tinyint(4)	No nula	Porcentaje de sodio intercambiable
caCO3	Carbonato de Calcio	float	No nula	
cO_100	Carbón Orgánico	tinyint(4)		Porcentaje de Carbón Orgánico

Nombre de la Tabla	Suelos	En esta tabla consigna los resultados de los análisis químicos de los suelos de los lotes		
n_Total	Nitrógeno Total	float		
cic	Intercambio Catiónico	float		Capacidad de Intercambio Catiónico
calcio	Calcio	tinyint(4)		
magnesio	Magnesio	tinyint(4)		
sodio	Sodio	tinyint(4)		
basesTotales	Bases Totales	tinyint(4)		
satBases	Saturación de Bases	tinyint(4)		Porcentaje de Saturación de Bases
Manganeso	Manganeso	float		
Hierro	Hierro	float		
Zinc	Zinc	float		
Cobre	Cobre	float		
Boro	Boro	float		
NNO3	Nitrato	float		
NNH4	Amonio	float		
`Azufre	`Azufre	float		
Fosforo	Fosforo	int(11)		Partes por millón de fósforo
id_Registro Suelo	Identificador de Registro	varchar(255)		Vincula un análisis suelos con un registro.

Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad Propiedades Químicas de los Suelos

Nombre de la Tabla	Investigación	En esta tabla se registra información básica sobre la investigación		
Llave Primaria	id_ Investigacion	Identificador de la investigación		
Llave Foránea	id_mdpSitio	Identificador de municipio, departamento y país		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_ Investigacion	Identificador de la investigación	int(4)	No nula	Llave Primaria para identificar el registro
titulo_ Investigacion	Titulo de la Investigacion	varchar(225)	No nula	Indica la dirección catastral del sitio en donde se establece el cultivo.
objetivoGeneral	Objetivo General	varchar(100)		
investigadorT titular	Código del Departamento	int(2)	No nula	Relaciona al sitio con un municipio de un departamento de un país.
hipotesis	Hipotesis			Hipótesis de la investigación

Nombre de la Tabla	Investigación	En esta tabla se registra información básica sobre la investigación		
design	Diseño			Tipo de Diseño Experimental utilizado en la investigación
numero_Tratamientos	Numero de Tratamientos	Int		Indica el número de tratamientos evaluados en la investigación.
fecha	Fecha	date		Indica la fecha en la que se inicia la investigación
cod_Registro Tratamiento	Codigo Registro	varchar(100)	No nula	Vincula a una investigación con un resgistro

Tabla 19. Diccionario de Datos para la Entidad Investigación

Nombre de la Tabla	departamento pais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los departamentos con los códigos de los países.		
Llave Primaria	id_DptoPais	Identificador Departamento País.		
Llave Foránea	cod_Dpto	Codigo Departamento		
Llave Foránea	cod_Pais	Codigo Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_DptoPais	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador de municipio de un departamento en un país
cod_Dpto	Código de Departamento	Int(11)	No nula	identificador del registro de un departamento proveniente e la tabla departamento
cod_Pais	Código de País	Int(11)	No nula	identificador del registro de un país proveniente de la tabla pais

Tabla 20. Diccionario de Datos para la Entidad Departamentopais

Nombre de la Tabla	pais	Esta tabla registra los nombres de los paises		
Llave Primaria	cod_pais	Identificador de un País.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
cod_pais	Codigo del País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador a un país
nom_pais	Nombre del País	Int(11)	No nula	Registra el nombre de un país

Tabla 18. Diccionario de Datos para la Entidad País

Nombre de la Tabla	municipio	Esta tabla registra los nombres de los municipios		
Llave Primaria	id_Municipio	Identificador Departamento País.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_Municipio	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador el nombre de un municipio
nombre_Municipio	Nombre del Municipio	varchar(200)	No nula	Registra el nombre de un municipio

Tabla 21. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio

Nombre de la Tabla	municipio_dptopais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los municipios con los códigos de los departamentos relacionados con los países.		
Llave Primaria	id_mdp	Identificador para un Municipio de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Municipio	Código de un Municipio		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_mdp	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
cod_Municipio	Código de Municipio	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un municipio proveniente de la tabla municipio
cod_DptoPais	Código del Departamento en un País	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un departamento de un país proveniente de la tabla departamentopais

Tabla 22. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais

Nombre de la Tabla	nombrecomun	Esta tabla guarda los registros de los nombres comunes de las especies vegetales.		
Llave Primaria	id_NombreComun	Identificador para un nombre común de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Especie	Código de la Especie		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_NombreComun	Identificador de un Nombre Común	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
nombre_Comun	Nombre Común de la Especie	Int(11)	No nula	Campo en donde se registra el nombre común de una especie
cod_Especie	Código de la Especie	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de una especie vegetal proveniente de la tabla especie

Tabla 23. Diccionario de Datos para la Entidad Nombrecomun

Nombre de la Tabla	pro	Esta tabla es una subtabla que se genera a partir de la tabla de muestreo		
Llave Primaria	id	Identificador del registro de la muestra		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador de la muestra	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para Identificador el nombre de un municipio
tiempo	Nombre del Municipio	varchar(200)	No nula	Registra el tiempo en el que se realizó la toma de la muestra
var1	Biomasa Seca de las Hojas	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de las hojas de una planta.
var2	Biomasa Seca de los Tallos	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de los tallos de una planta.

Nombre de la Tabla	pro	Esta tabla es una subtabla que se genera a partir de la tabla de muestreo		
var3	Biomasa Seca de las Raíces	float	No nula	Registra el peso de la biomasa seca de las raíces de una planta.
var4	Biomasa Seca Total	float	No nula	Registra la sumatoria de los pesos secos de hojas, tallos, raíces y frutos de una planta.

Tabla 24. Diccionario de Datos para la Entidad Pro

Nombre de la Tabla	crecimiento	Esta tabla registra los valores calculados de la tasa de crecimiento		
Llave Primaria	id	Identificador del registro del par de datos		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador del par de datos	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
tiempoMedio	Tiempo medio	float	No nula	Registra el tiempo medio calculado a partir de los valores originales de la tabla muestreo.
tasaCrecimiento	Rasa relativa de crecimiento	float	No nula	Registra la tasa relativa de crecimiento calculada a partir de los valores de la tabla muestreo.

Tabla 25. Diccionario de Datos para la Entidad Crecimiento

Nombre de la Tabla	tratamiento	Esta tabla registra un tratamiento y lo caracteriza		
Llave Primaria	id	Identificador del tratamiento		
Llave Foránea	cod_Registro Tratamiento	Identificador del registro de una investigación		
Llave Foránea	cod_LoteTratamiento	Identificador del registro de un lote		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Llave primaria del tratamiento	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
cod_tratamiento	Código del Tratamiento	varchar(50) unique	No nula	Registra el tiempo medio calculado a partir de los valores originales de la tabla muestreo.
nombre_tratamiento	Nombre del Tratamiento	varchar(100)	No nula	Registra el nombre de un tratamiento
descripcion_tratamiento	Descripcion del Tratamiento	varchar(255)	No nula	Describe un tratamiento
area_Sembrada	Area Sembrada	float	No nula	Area sembrada con el tratamiento
patron_Siembra		varchar(255)	No nula	Campo para indicar la distribución espacial de las plantas para un tratamiento
num_Plantas		int(11)	No nula	Número de plantas sembradas para un tratamiento
fecha	Fecha de Siembra	date	No nula	Fecha de siembra de plantas para un tratamiento determinado
cod_LoteTratam		varchar(255)	No nula	Llave foránea que identifica el lote en donde se

Nombre de la Tabla	tratamiento	Esta tabla registra un tratamiento y lo caracteriza		
imiento				establece un tratamiento determinado.
cod_RegistroTratamiento		varchar(255)	No nula	Llave foránea que relaciona al tratamiento con el registro de una curva de crecimiento

Tabla 26. Diccionario de Datos para la Entidad Tratamientos

Nombre de la Tabla	municipio_dptopais	Esta tabla es producto de la normalización de la base de datos y relaciona a los códigos de los municipios con los códigos de los departamentos relacionados con los países.		
Llave Primaria	id_mdp	Identificador para un Municipio de Departamento de un País.		
Llave Foránea	cod_Municipio	Código de un Municipio		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id_mdp	Identificador Departamento País	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
cod_Municipio	Código de Municipio	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un municipio proveniente de la tabla municipio
cod_DptoPais	Código del Departamento en un País	Int(11)	No nula	Llave secundaria que es el identificador del registro de un departamento de un país proveniente de la tabla departamentopais

Tabla 27. Diccionario de Datos para la Entidad Municipio_dptopais

Nombre de la Tabla	crecimientoajustado	Esta tabla es producto de la utilización de la ecuación que obtiene las tasas de crecimiento relativo		
Llave Primaria	id	Identificador para el crecimiento ajustado		
Llave Foránea	cod_DptoPais	Codigo Departamento Pais		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador Departamento	Int(11) incremental	No nula	Llave Primaria para el identificador de un municipio en un departamento en un país
tiempoMedio	Código de Municipio	float	No nula	Tiempo medio calculado
tasaCrecimiento	Tasa de Crecimiento	float	No nula	Tasa de crecimiento se obtiene de calcular la tasa de crecimiento sobre los datos del muestreo

Tabla 28. Diccionario de Datos para la tabla crecimientoajustado

Las tablas datosajustados, datosajustadospro y la tabla propolinomico tienen en común entre si y con la tabla crecimientoajustado, que todas ellas tienen entre sus campos a tiempoMedio y a tasaCrecimiento. La tabla datosajustadospro es muy importante porque

es la tabla en donde se registran los datos de las curvas ajustadas a partir de los datos originales registrados para una investigación. Por ese motivo en la tabla datosajustadospro existen dos llaves secundarias adicionales. Una de ellas es idAjustadosRegistro que relaciona a cada conjunto de datos ajustados con el registro de una investigación. La otra llave secundaria se denomina codigoCurva y permite tener el registros del “arreglo” de datos ajustados para una subcurva originada a partir del registro de una investigación.

En la actual versión, la tabla repetición carece de uso. Esta se empleará cuando se escriba el código que permita obtener los datos de ajuste a partir de la estructuras de diseños experimentales como por ejemplo diseños completamente al azar y bloques al azar entre otros.

Nombre de la Tabla	repeticion	Esta tabla identifica las repeticiones dentro de la estructura de un muestreo en una investigación		
Llave Primaria	id	Identificador del registro de una dato de un muestreo		
Llave Secundaria	cod_Tratamiento Repeticion	Relaciona a un numero de repetición con un tratamiento.		
Nombre Campo	Significado	Tipo		Descripción
id	Identificador de la etiqueta	int(11) incremental	No nula	Identificador del registro del par de datos
numero_Repeticion	Numero de la Repetición	int(11)	No nula	Registra a una repetición de un tratamiento.
cod_Tratamiento Repeticion	Codigo del Tratamiento	int(11)	No nula	Relaciona a un número de repetición con un tratamiento.
cod_EtiquetaRepeticion	Identificador de la repetición de un tratamiento	int(11)	No nula	Identifica en campo a la repetición de un tratamiento

Tabla 29. Diccionario de Datos para la tabla repeticion

**SEGUIMIENTO AL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS -
SDCPC**

ALFREDO COVALEDA VÉLEZ

**MANUAL DE USUARIO DE
SEGUIMIENTO AL DESARROLLO,
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE
CULTIVOS - SDCPC**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA
BOGOTÁ DC**

I - 2012

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. BIENVENIDA.....	4
2. MANIFIESTO DE RESPONSABILIDAD.....	4
3. INSTALACIÓN DE SDCPC.....	4
3. EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	5
3.1. Elección de servicio.....	5
3.2. Curva de Crecimiento.....	5
3.2.1. Registro de una investigación.....	5
3.2.2. Ingreso de Información sobre sitios, lotes y cultivos.....	6
3.2.3. Edición de Datos de Curva de Crecimiento.....	6
3.2.4. Registros de los muestreos.....	7
3.2.5. Cálculo de la Tasa de Crecimiento Relativo.....	7
3.2.6. Ajuste de la Curva de Crecimiento por Mínimos Cuadrados.....	8
3.3. Estudio Fenológico.....	9
3.4. Edición de Información Sobre el Lote.....	10
3.5. Edición de Información Sobre el Suelo.....	12
GLOSARIO.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del sistema.....	5
Figura 2. Vista del ajuste de Tasa de Crecimiento.....	8
Figura 3. Vista de la selección de puntos para el ajuste por mínimos cuadrados.....	10
Figura 4. Formulario para la edición de información del lote.....	11
Figura 5. Formulario para la edición de información del suelo.....	12

1. BIENVENIDA

Bienvenido a SDCPC que es sigla del nombre del aplicativo para Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos. SDCPC ofrece varias utilidades que apoyan a investigadores del agro, estudiantes y docentes en los estudios de Estudios de Crecimiento y que ofrece las bases para funcionalidades que permitan a productores agrícolas registrar la historia de sus lotes y cultivos. Sin embargo SDCPC es la fase inicial de un software mas ambisioos que se ha denominado PGS o Plant Growth Simulator, que busca realizar simulaciones de crecimiento de cultivos controlando variables condiciones físicas y químicas del suelo al igual que variables climáticas

2. MANIFIESTO DE RESPONSABILIDAD

Ni quien desarrolla de SDCPC ni la entidad académica asociada a él se hacen responsables por los errores que puedan surgir tras el uso del software bien sea como resultado de la impericia del usuario o por eventuales fallas o errores del software, máxime cuando este aún se encuentra en sus versiones iniciales.

3. INSTALACIÓN DE SDCPC

SDCPC es un sistema que se usa en entorno web y este manual no incluye información sobre la instalación del software dentro del servidor. Ese es un tema que se trata en el manual técnico. El usuario de SDCPC requiere de un navegador. Preferiblemente las últimas versiones de Firefox o Chrome. No se recomienda el uso de Explorer. Para acceder al sistema el usuario simplemente debe escribir el URL del sercidor en donde se localiza el sistema.

3. EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Una vez que el usuario ha digitado el URL SDCPC el usuario ingresa a la página de inicio en donde se le presenta un menú.

3.1. Elección de servicio

La primer decisión que debe tomar el usuario es la de escoger el módulo que requiere usar. Las opciones son las siguientes: Curva de Crecimiento, Estudio Fenológico o Ciclo de Producción.



Figura 1. Vista del sistema.

3.2. Curva de Crecimiento

Al elegir **Curva de Crecimiento**, inmediatamente se despliega un submenú con tres opciones: **Nueva Curva**, **Editar Curva** y **Eliminar Curva** (ver Figura 1).

3.2.1. Registro de una investigación

Crear un registro es esencial para el funcionamiento del software. En torno al registro gira el sistema casi por completo. Sin embargo, el registro se refiere a una determinada

variedad con lo cual desde la perspectiva biológica todo el diseño se mueve en torno a las variedades. Los campos de las tablas se pueden encontrar en la sección de diccionarios de datos de este documento.

La eliminación del registro de una investigación o seguimiento de cultivo no significa la eliminación de los registros de la tabla muestreo y de otros similares. Por ese motivo si elimina por error un registro o si quiere recuperarlo, por favor póngase en contacto con el administrador de la base de datos a quien le será fácil restaurarlo reingresando el mismo código en la tabla registro de la base de datos.

3.2.2. Ingreso de Información sobre sitios, lotes y cultivos

Una vez registrado un ciclo de cultivo o una investigación el sistema solicita datos adicionales. Para el caso de una investigación, tras el registro, el sistema pide al usuario que ingrese información sobre la investigación y los distintos tratamientos que se planea evaluar.

3.2.3. Edición de Datos de Curva de Crecimiento

Antes de realizar algún trabajo de edición de la curva de crecimiento es conveniente cerrar cualquier sesión que pudiese estar abierta. Para cerrar la sesión tan solo vaya al menú Inicio – Cerrar Sesión. Después de esto ya es posible iniciar la edición. Las labores de edición se realizan a través de la ruta En este momento no se han culminado las tareas para realizar la edición de los datos. No obstante, en las versiones posteriores se podrá realizar la edición de la Información del Sitio, Información de Cultivo, Información del Lote, Información del Suelo, así como la edición de los Registros de Muestreo.

3.2.4. Registros de los muestreos

El registros de los muestreos es un caso de uso esencial para las curvas de crecimiento. A este caso de uso se llega a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Datos – Registro de Muestreo. Es muy importante que el usuario ingrese valores en una escala apropiada y que todas las variables de peso estén en el mismo tipo de unidad es decir que no combine, por ejemplo, gramos con libras o kilos.

3.2.5. Cálculo de la Tasa de Crecimiento Relativo

La Tasa de Crecimiento Relativo es un valor esencial en toda clase de estudios de crecimiento y se obtiene mediante la ecuación 1.

$$r = \frac{\ln(w2) - \ln(w1)}{t1 - t2}$$

Ecuación 1. Ecuación de la Tasa de Crecimiento Relativo

La funcionalidad a la que se accede a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Obtener Tasa TCR en el menu, permite el ajuste de la curva por parte del usuario mediante. El iframe muestra tanto la gráfica, como la tabla y el formulario en donde el usuario realiza la actualización de la tasa de crecimiento para un tiempo medio escogido. Cuando el usuario esté seguro de haber terminado satisfactoriamente de ajustar los valores de las tasas de crecimiento r , debe digitar sobre el botón etiquetado con ok, localizado inmediatamente debajo de las tablas de datos, con el fin de guardar definitivamente las nuevas tasas. Al digitar sobre ok el sistema genera un código único para ese arreglo de datos. Aun si el usuario no desea modificar los datos es necesario que digite sobre ok a fin de poder guardar el arreglo de datos que van a ser utilizados para cálculos en la funcionalidad de mínimos cuadrados cuando el usuario lo requiera.

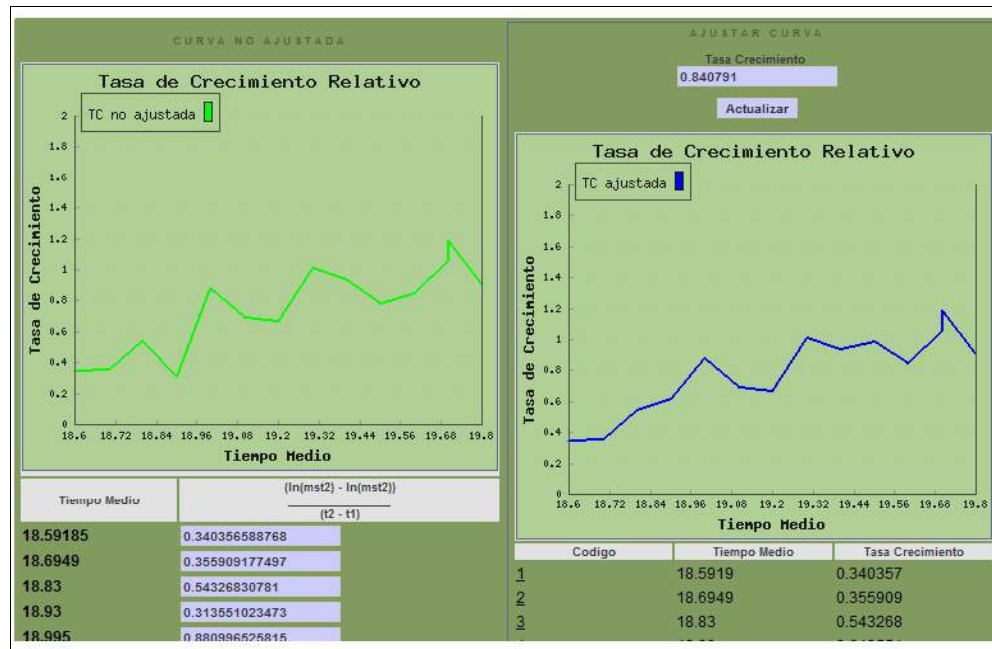


Figura 2. Vista del ajuste de Tasa de Crecimiento

3.2.6. Ajuste de la Curva de Crecimiento por Mínimos Cuadrados

Al llegar a este punto es probable que el usuario ya haya realizado al menos un ajuste gráfico de la curva resultante del cálculo de la tasas de crecimiento relativo que se realiza a través de la fórmula de la ecuación 1. Además el usuario debe asegurarse de cerrar cualquier sesión previamente abierta. Para ello debe ir a través de la ruta Inicio – Cerrar Sesión.

El usuario elige la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Tasa de Crecimiento – Mínimos Cuadrados. Posteriormente selecciona un código de investigación en el menú desplegable y digita OK. En respuesta el sistema inicia una sesión del registro a partir del código de la investigación seleccionado por el usuario. El sistema imprime una tabla con la información básica del cultivo y presenta un menú desplegable con los códigos de las diferentes curvas generadas en el caso de uso para la obtención de una tasa de crecimiento relativo. El usuario elige uno de los registros de las curvas y digita sobre OK

con lo cual el sistema inicia una sesión. A partir de los datos de la curva seleccionada el sistema calcula e imprime los parámetros para la recta, calcula los parámetros para la recta ajustada logarítmicamente, imprime la curva con los datos crudos y despliega la lista de datos seleccionables con checkboxes. (Ver figura 3). El usuario marca en las checkboxes de los datos que considere que mejor linealizan la nube de puntos y digita sobre Enviar. El sistema presenta un resumen de los datos elegidos por el usuario y muestra un botón para efectuar el ajuste por mínimos cuadrados. El usuario pulsa sobre el botón y el sistema despliega los resultados. El valor obtenido para la pendiente es la tasa de crecimiento relativo necesario para obtener las curvas ajustadas tales como las curvas logística, gompertz o monomolecular entre otras..

3.3. Estudio Fenológico

El usuario también tiene la posibilidad de ingresar registros fenológicos del cultivo a lo largo del ciclo. Sin embargo, cada especie puede presentar diferentes estados fenológicos en función de su arquitectura. Por esa razón, antes de poder iniciar el proceso de registro de observaciones fenológicas, el usuario debe parametrizar los estados fenológicos de la especie que está evaluando. Para realizar esta parametrización se debe ir al menú y tomar la ruta Inicio – Estudio Fenológico – Ingresar Estados. Al digitar en ese vínculo aparece un formulario que solicita el nombre de la especie, nombre del estado fenológico y descripción del estado fenológico. Una vez creados los estados fenológicos, los registros se realizan a través de la ruta Inicio – Estudio Fenológico – Ingresar Estados. Al seleccionar el vínculo de Ingresar Estados se despliega un formulario que contiene los estados fenológicos que anteriormente se habían parametrizado para esa especie en particular. Los estados pueden incluir desde la germinación hasta la senescencia. En este formulario el usuario debe registrar el código de la investigación en curso, la fecha de la

observación, el nombre de quien realiza la observación, el número de la etiqueta de la planta y el número de días desde el día de la siembra y por supuesto, el estado fenológico. Adicionalmente el formulario contiene un cuadro de texto para escribir observaciones relevantes al momento de la realización del registro.

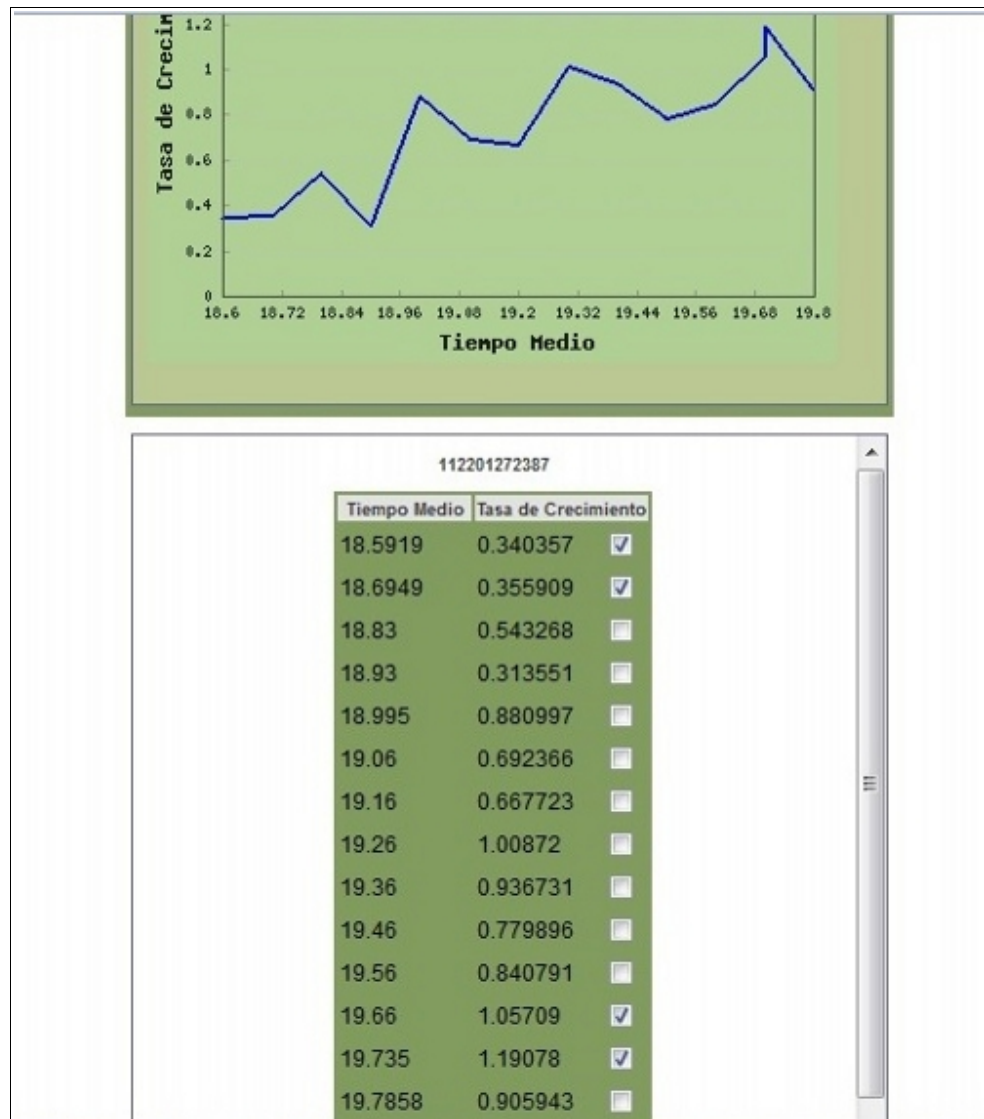


Figura 3. Vista de la selección de puntos para el ajuste por mínimos cuadrados

3.4. Edición de Información Sobre el Lote

Al iniciar el registro de una curva de crecimiento o de una investigación se le solicitó al usuario a través de varios formularios que ingresara información para la identificación del

sitio en donde se establece el cultivo. Uno de estos formularios es el ingreso de información del Lote. Para modificar información del Lote es necesario tener una sesión abierta a través de la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Abrir Sesión. Una vez abierta

?form=106

Seguimiento al Desarrollo, Crecimiento y Producción de Cultivos - SDCP

ALFREDO COVALEDA VÉLEZ
Tecnología en Informática - Uniminuto

[Inicio](#) [Resultados](#) [Herramientas](#)

Editar información del Lote

Código del Lote:	Papa-02
Nombre del Lote	Lote 541 de la Finca Experimental Yolanda.
Altitud	2220
Latitud	4.633698
Longitud	-74.145927
Descripcion del Lote	Suelos distróficos con pH entre 5.5 y 5.9. Lleva 57 años de uso después de removida la vegetación natural.

ok

Figura 4. Formulario para la edición de información del lote

la sesión, el usuario debe tomar la ruta Inicio – Curva de Crecimiento – Editar Datos – Información del lote para que aparezca el formulario de la figura 4. El usuario debe digitar

los datos que desea modificar y posteriormente digita sobre ok. El sistema actualiza la base de datos y vuelve a presentar el formulario pero esta vez con los datos actualizados.

3.5. Edición de Información Sobre el Suelo

De la misma manera a lo descrito para el lote, al iniciar el registro de una investigación el



Editar información de Suelos	
Código del Lote:	Papa-02
Identificación de Campo	01
Número de Laboratorio	suelo-001
Día	20
Mes	12
Año	2011
Arena	24
Limo	36
Arcilla	40
Clase_Textural	Franco Limoso
Gravilla	0
pH 11	6.1
pH 12	6.5
Aluminio	0.6

Figura 5. Formulario para la edición de información del suelo

sistema solicita información sobre análisis físicos y químicos de suelos. No todos los datos son obligatorios al momento del registro inicial y por esa razón es necesaria una funcionalidad que permita completarlos o modificarlos. Los datos a modificar son el

número de la identificación de campo, el número de laboratorio, el día, mes, año, los porcentajes de arena, limo y arcilla, la clase textural, el contenido de gravilla, pH 11, pH 12, aluminio, porcentaje de saturación de aluminio, ce Sal, pSI Sal, Carbonato de Calcio (CaCO_3), Carbón Orgánico (%), Nitógeno Total, Capacidad de Intercambio Catiónico, Calcio, Magnesio, Sodio, Bases Totales, el porcentaje de Saturación de Bases, Manganeso, Hierro, Zinc, Cobre, Boro, NNO_3 , NNH_4 , Azufre y el Fósforo.

GLOSARIO

Objeto. Se define como una *entidad* poseedora tanto de métodos o mensajes a los cuales responde (comportamiento), como de atributos que poseen valores concretos también conocidos como estados. Adicionalmente los objetos tienen y propiedades que determinan su identidad.

Método. Es el algoritmo asociado a un objeto que indica lo que éste objeto puede hacer. Es decir, el comportamiento que puede tener un objeto.

MVC. El Modelo Vista Controlador es un patrón arquitectural que separa los datos de la aplicación, la interfaz del usuario y lo que se denomina la lógica del negocio. El *controlador* responde a los eventos, normalmente las acciones del usuario, e invoca modelo y a la vista. Por su parte el modelo esta referido a las diferentes clases y scripts que contienen los métodos o funciones que como ya se indicó establecen los comportamientos que pueden tener los objetos.

Servicio. Se refiere a las dos tareas principales que un usuario puede realizar con este software. Una de ellas es el seguimiento a un ciclo de producción y la otra es la realización de una curva de desarrollo y crecimiento. El primer servicio está orientado a productores mientras que el segundo está orientado a investigadores.