

EcoGranja, ambiente para el aprendizaje y la toma de decisiones en las granjas agropecuarias, basado en la dinámica de sistemas y soportado por tecnologías web.

EcoGranja, environment for learning and decision making in agricultural farms, based on System Dynamics and supported by web technologies.

John Freddy Garavito Suarez, Estudiante de Ingeniería de Sistemas – UIS, talent.corp@gmail.com

Hugo Hernando Andrade Sosa, Magister en Ingeniería de Sistemas e Informática – UIS, handrade@uis.edu.co

Carlos Aníbal Vásquez Cardoso, Director y Profesor Tecnología Agroindustrial – UIS, cvasquez@uis.edu.co

Urbano Eliecer Gómez Prada, Magister en Ingeniería de Sistemas e Informática – UIS, urbanoeliecer22@hotmail.com

Resumen¹: En el contexto de los países Latinoamericanos, la toma de decisiones en las producciones agropecuarias se caracteriza por estar dirigida mediante la experiencia de sus actores², la falta de conocimiento y de un enfoque sostenible en lo económico y ecológico, estas características afectan a largo plazo la garantía de la sostenibilidad alimentaria.

Por lo anterior se considera que existe la carencia de un modelo formal de producción agropecuaria que se contextualice en las particularidades de cada entorno productivo y, que permita soportar el aprendizaje y la toma de decisiones de este fenómeno.

EcoGranja surge en la búsqueda de aportes a la situación problema planteada, y se consolida como un ambiente de simulación que recrea el fenómeno particular de cada granja en estudio, permitiendo el aprendizaje de su dinámica productiva y la realización de inferencias productivas que apoyen la toma de decisiones.

Para el desarrollo de EcoGranja se modeló el fenómeno agropecuario mediante la dinámica de sistemas y se desarrolló un ambiente software en la Web, que permite su fácil acceso y uso.

Palabras Clave: producción agropecuaria, granja agropecuaria, sostenibilidad alimentaria, aprendizaje y toma de decisiones, ambiente de simulación, EcoGranja, dinámica de sistemas, modelado y simulación.

Abstract: In the context of Latin-American countries, the decision-making in the agricultural productions are characterized by being directed through the experience of its actors, the lack of knowledge and a sustainable approach in the economic and ecological, these characteristics affect the long-term the guarantee food sustainability.

Therefore, it is considered that exists the lack of a formal model of agricultural production that contextualizes on the particularities of each production environment and, that allowing endure learning and decision making of this phenomenon.

EcoGranja arises in seeking contributions on the problem situation, through a simulation environment that recreates the particular phenomenon of each farm in study, allowing the learning of its productive dynamics and making productive inferences that supporting the decision making.

For the EcoGranja development was modeled the agricultural phenomenon using system dynamics and was developed a software environment on the web, that allows its easy access and use.

Keywords: agricultural production, agricultural farm, food sustainability, learning and decision making, simulation environment, EcoGranja, systems dynamics, modeling and simulation.

1. INTRODUCCIÓN.

Las practicas productivas que se observan en los agricultores a pequeña y mediana escala de los países latinoamericanos identifican múltiples falencias en sus organizaciones productivas y en sus procesos, una de las principales falencias es el enfoque de producción, un híbrido entre las prácticas tradicionales y las técnicas de la revolución verde², el cual no garantiza la sostenibilidad alimentaria a largo plazo.

¹ Esta ponencia se presenta a nombre de la Universidad Industrial de Santander (UIS), por integrantes del grupo SIMON de Investigación en Modelamiento y Simulación, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia; en el marco del Décimo Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas 2012, Buenos Aires, Argentina. Mayor información sobre este trabajo y demás labores del grupo SIMON: <http://simon.uis.edu.co/>

² Historia y efectos basados en el documento: “CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA – DIAGNOSTICO”.

Por estas razones se planteó la siguiente situación problema en la presente investigación: la carencia de un modelo formal de producción agropecuario contextualizado en las características ambientales, económicas y ecológicas particulares de cada productor, y que garantice la sostenibilidad alimenticia y ambiental a largo plazo.

A manera de propuesta se planteó EcoGranja, un ambiente que facilita el aprendizaje y la toma de decisiones en fenómenos agropecuarios, que contribuye en el acceso al conocimiento de las dinámicas productivas de los cultivos y crías pecuarias y que permite ayudar en la construcción de modelos productivos pertinentes con la realidad contemporánea en lo económico, social y ambiental.

2. PROPUESTA: ECOGRANJA, AMBIENTE INFORMÁTICO PARA EL APRENDIZAJE Y LA TOMA DE DECISIONES EN LAS GRANJAS AGROPECUARIAS, UN ENFOQUE DINÁMICO SISTEMICO.

Para facilitar el análisis del fenómeno granja agropecuaria se agrupa cada una de sus entidades en los siguientes sistemas: sistema ambiental, sistema agrícola, sistema pecuario y sistema económico.

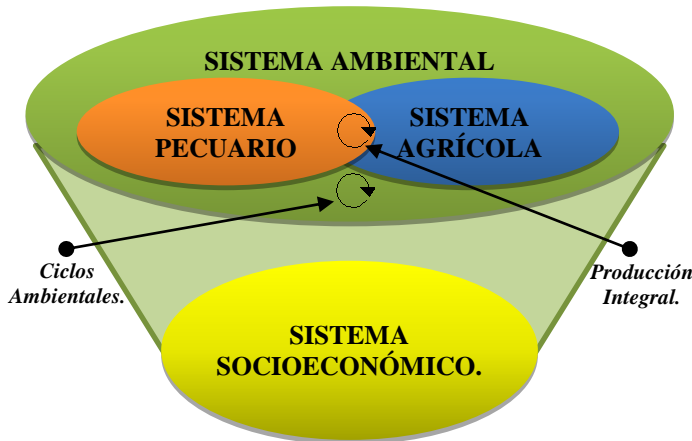


Figura 1. Esquema general del fenómeno Granja Agropecuaria.

La figura 1 permite hacer claras distinciones de los sistemas que componen el macro-sistema granja agropecuaria, el cual se fundamenta del sistema ambiental que a su vez se compone del sistema suelo, sistema climático y sistema hídrico, el sistema ambiental permite el desarrollo de los cultivos, los cuales se agrupan en el sistema agrícola y estos dos últimos, permiten el desarrollo de crías pecuarias, que son agrupadas en el sistema pecuario, todo esto con el fin de generar alimentos que satisfagan las necesidades alimentarias del sistema socioeconómico.

Para la presente investigación no se abordó el modelado del sistema socioeconómico por la alta complejidad que lo caracteriza.

Específicamente el sistema ambiental hace alusión a todos los fenómenos biológicos, químicos y físicos que son innatos del medio ambiente, se modela como la unión e interrelación de los subsistemas hídricos, suelos y climático, para cada subsistema se han establecido varios indicadores que representan el estado general de la granja. En la Figura 2 podemos visualizar cómo interactúan los subsistemas del sistema ambiental con los sistemas agrícola y pecuario.

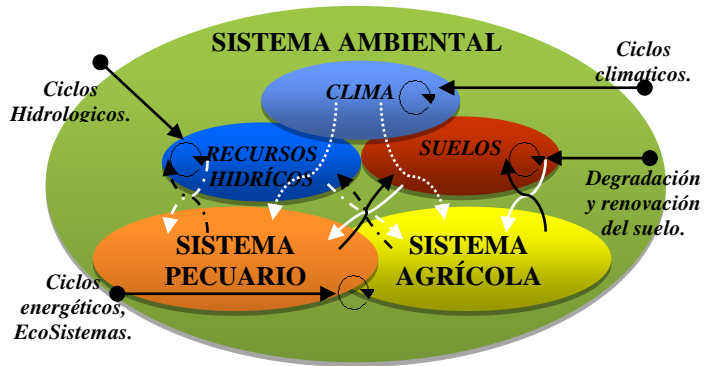


Figura 2. Esquema general de las relaciones entre los sistemas ambiental, agrícola y pecuario.

Como primer prototipo del ambiente EcoGranja se propuso una ambiente en la web representado en la figura 3, que permita interactuar gráficamente con los componentes de EcoGranja como son: el modelo de dinámica de sistemas, la información del geográfica y la base de datos de los escenarios, entre sus características tenemos un visualizador de relieves topográficos e información relevante que contribuye a cumplir los objetivos del ambiente informático.

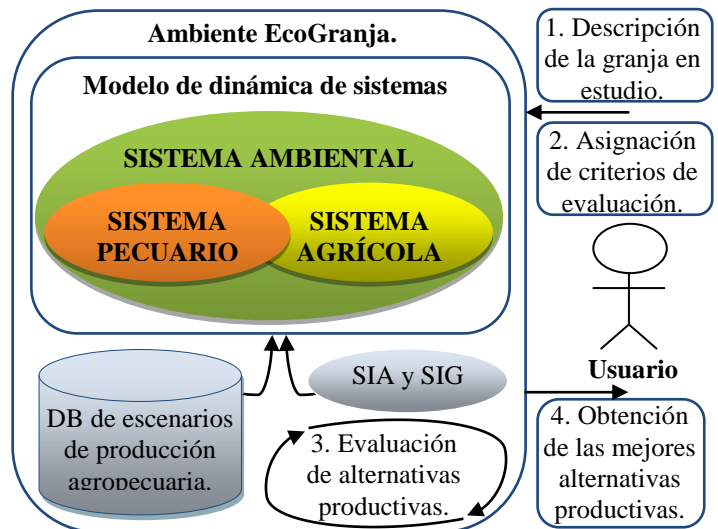


Figura 3. Esquema general ambiente informático.

De esta manera se abordaron los sistemas planteados con anterioridad, a través de dos desarrollos principales, el primero se trató del desarrollo un modelo general de granjas agropecuarias utilizando dinámica de sistemas y el segundo desarrollo es un ambiente software que permita el fácil acceso y uso por parte de sus usuarios.

3. DESARROLLO DEL MODELO GENERAL CON DINAMICA DE SISTEMAS.

El modelo de dinámica de sistemas es la esencia del ambiente EcoGranja, porque permite integrar en un todo la dinámica de los principales factores que influyen de manera general sobre el fenómeno de las granjas agropecuarias.

El proceso de modelamiento dinámico sistémico del fenómeno Granja Agropecuaria está dirigido por la metodología³ de dinámica de sistemas propuesta por Hugo Andrade y co-escriitores, donde se complementa la fase de observación del fenómeno, por la fase de familiarización del fenómeno de la metodología de Andrew Ford, esta reestructuración es necesaria por la necesidad de comprender con la mayor particularidad posible el fenómeno estudiado.

La metodología de Andrew Ford⁴ plantea como primera fase para el modelado con dinámica de sistemas la familiarización con el fenómeno en estudio, fase que permite desarrollar el modelo desde el fenómeno y no aisladamente, para su desarrollo se requirió un continuo contacto con expertos agropecuarios socializando conceptos, problemáticas y soluciones a los aspectos más relevantes del fenómeno granja agropecuaria.

De este continuo proceso de familiarización y conceptualización se planteó la definición del sistema de granja agropecuaria como: la unidad de producción alimenticia, que busca aumentar la eficiencia en la producción de alimentos de origen agropecuario a través de la realimentación de sus componentes.

El proceso de modelamiento genero cuatro prototipos del modelo general del fenómeno granja agropecuaria, los cuales se explicaran continuación a través de sus correspondientes diagramas de influencias:

El primer prototipo del diagrama de influencias (Diagrama 1), contempla el modelamiento de los dos sistemas principales del fenómeno granja agropecuaria, el Sistema Ambiental y el Sistema Socioeconómico.

El sistema ambiental involucra los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el interior de las granjas agropecuarias, mientras que el sistema socioeconómico involucra los fenómenos concernientes a la demanda, oferta y precio de los productos alimenticios.

Debido a que el modelado en detalle del sistema socioeconómico demandaba múltiples datos y conceptos propios del fenómeno, se acotó el proceso de modelamiento al fenómeno ambiental.

El modelo resultante se puede apreciar en el Diagrama 1:

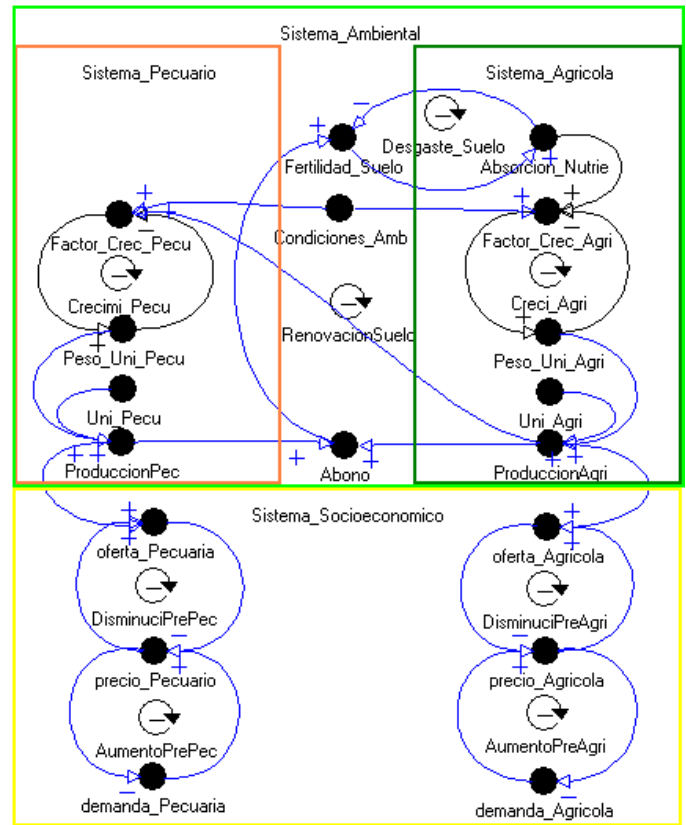


Diagrama 1. Diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria - Primer prototipo.

En el segundo prototipo del diagrama de influencia del modelo Granja Agropecuaria (Diagrama 2), se puede identificar la continuidad en el desarrollo del modelo planteado, el diagrama de influencia muestra los sistemas ambiental, pecuario y agrícola interrelacionándose mutuamente de manera general, lo cual permite representar la integralidad buscada en el modelo de la granja y describe particularmente cada uno de los sistemas, los cambios de este modelo respecto al anterior esencialmente fueron: eliminar el sector correspondiente al sistema socioeconómico y agregar nuevos elementos que profundizan la particularidad del modelo.

³ Metodología explicada en el libro: "Pensamiento sistémico: diversidad en búsqueda de unidad.", página 235.

⁴ FORD, Andrew, Modeling the Enviroment , Washington D.C. 1999

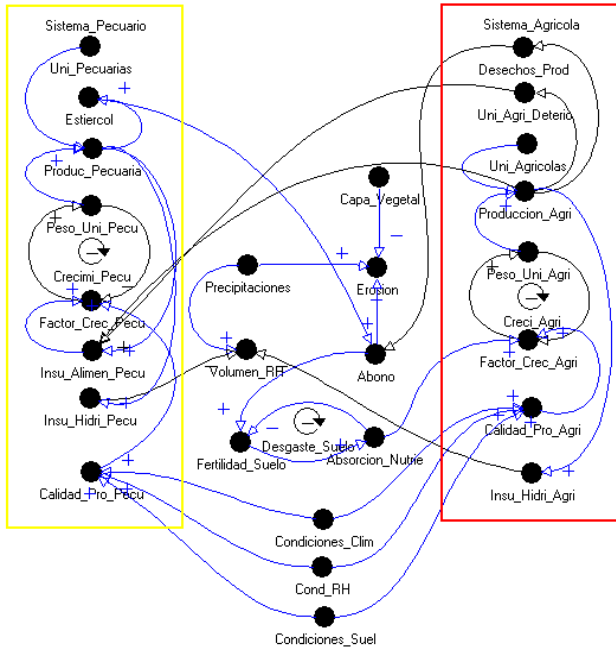


Diagrama 2. Diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria – Segundo Prototipo.

En el tercer prototipo del diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria (Diagrama 3), se mejoró esencialmente en su organización, en términos conceptuales el sistema ambiental, el cual hace alusión a todos los fenómenos biológicos, químicos y físicos que son innatos del medio ambiente, y se modela como el conjunto de los sistemas de recursos hídricos, de suelos y climático, lo cual permite tener una buena aproximación del estado del fenómeno real, debido a que las variables representadas son las más pertinentes para el modelo de la granja integral agropecuaria, para cada subsistema se han establecido varios indicadores que contribuyen en la estructuración del fenómeno.

Dentro de los aportes de este modelo se resalta el hecho de que se agregaron los tres subsistemas y sus elementos del sistema ambiental.

El primer subsistema, el subsistema suelo, contemplo los factores del suelo que tienen mayor pertinencia en el desarrollo de las producciones agrícolas, los factores son: macronutrientes, drenaje, pendiente del suelo y profundidad, entre estos se destaca el factor macronutrientes porque integra la el nitrógeno, el fosforo y el potasio, elementos químicos que sustentan principalmente el desarrollo de cualquier producción agrícola.

El segundo subsistema. el subsistema climático, contemplo los factores ambientales que se consideraron de mayor pertinencia, los cuales son: precipitaciones, temperatura, humedad relativa y luminosidad, estos indicadores permiten representar el estado del medio ambiente en la granja y

comparar sus medidas con la correspondientes al cultivo y así determinar la viabilidad de los mimos.

El tercer subsistema, el subsistema de recursos hídricos corresponde a los indicadores que permiten determinar la cantidad y la calidad del agua en una granja, estos factores son: caudal de agua y volumen del agua.

Cada uno de los subsistemas del sistema ambiental se integró a los sistemas agrícola y pecuario, a través de variables denominadas condiciones del suelo, condiciones climáticas y condiciones hídricas, las cuales permiten su relación con los demás elementos del modelo.

El Diagrama generado se presenta a través de la siguiente figura:

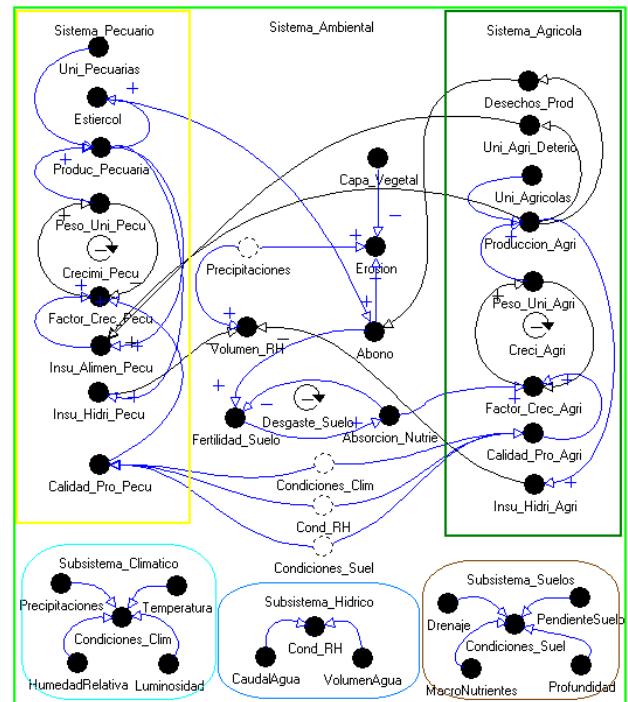


Diagrama 3. Diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria – Tercer prototipo.

Los tres anteriores prototipos de diagrama de influencia permitieron construir el modelo mental del fenómeno granja agropecuaria, que satisface las pretensiones del ambiente EcoGranja, el modelo final corresponde al cuarto prototipo del modelo Granja Agropecuaria (Diagrama 4).

Para construir el modelo que permita representar de manera general los cultivos, es necesario proponer una hipótesis que represente la dinámica del desarrollo de los cultivos y dicha dinámica es determinada tomando como base la metodología de Cepeda Rey (2002), como las relaciones entre el sistema suelo y el sistema agrícola a través de la dinámica de los

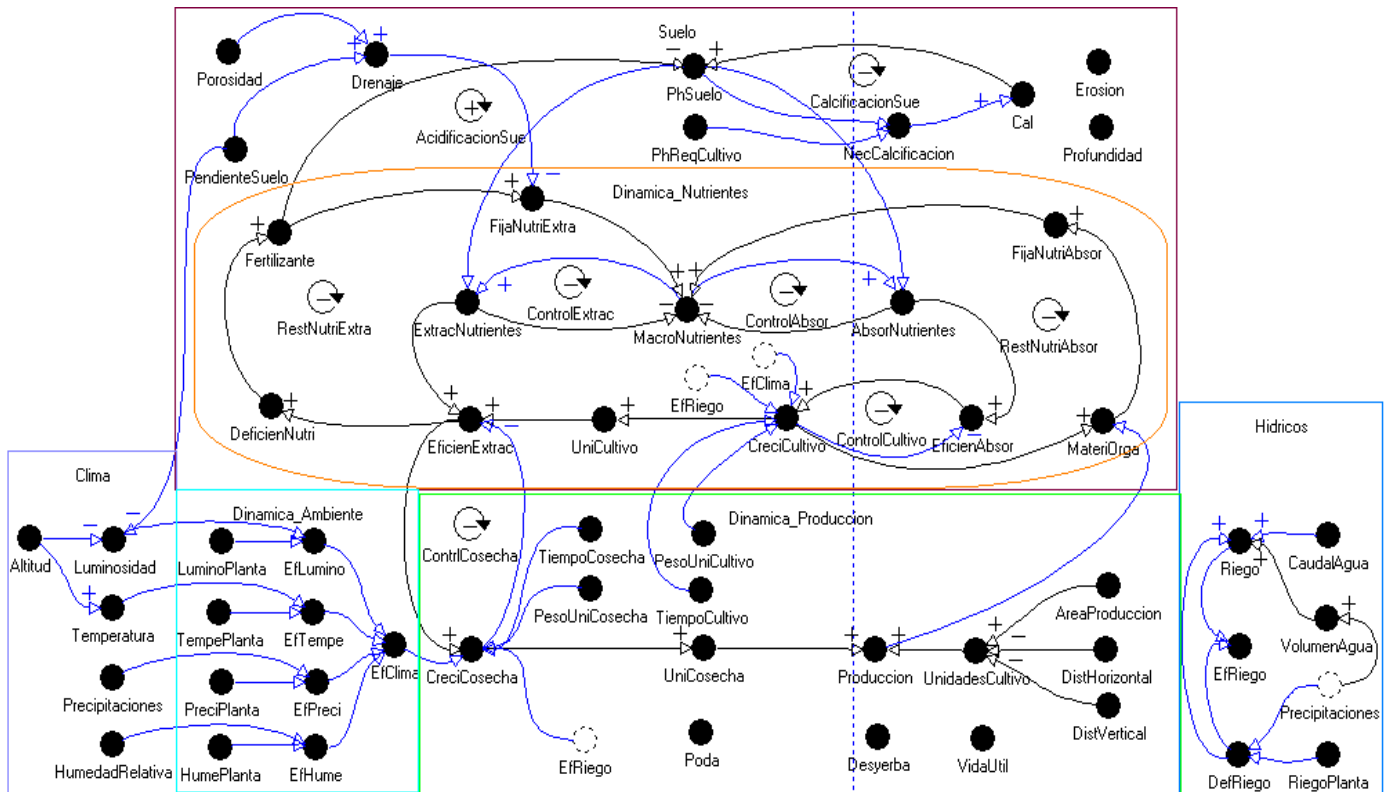


Diagrama 4. Diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria – Cuarto Prototipo.

nutrientes⁵, esta dinámica se representó por del diagrama de influencias del modelo Granja Agropecuaria (Diagrama 4).

En este diagrama se puede observar la integración de cada uno de los sistemas y subsistemas y en especial los ciclos de realimentación que se presentan en la dinámica del fenómeno, los ciclos modelados son:

- Control de absorción.
- Control de extracción.
- Restauración de nutrientes absorbidos.
- Restauración de nutrientes extraídos.
- Control de cultivo.
- Control de cosecha.
- Acidificación del suelo.
- Calcificación del suelo.

Estos ciclos profundizan la integralidad del modelo Granja Agropecuaria, además de permitir representar fenómenos que comprendan ciclos productivos.

Mapa de Sectores.

Otra visión más detallada del fenómeno modelado se puede observar en la figura 4, que es un mapa de sectores del modelo de dinámica de sistemas, en este mapa se puede observar que el sector suelo comprende las características más pertinentes del suelo de la granja entre ellas se destacan las características físicas y químicas, y en las propiedades químicas se ubican los elementos más importantes de la dinámica agropecuaria, y estos son los nutrientes del suelo que se resumen en los macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, estos elementos determinan la dinámica de nutrientes entre el suelo y el cultivo y, por efecto del crecimiento del mismo, por lo cual se creó un sector específico para la dinámica de los nutrientes donde se modelan sus ciclos causales, esta dinámica da soporte al sector crecimiento del cultivo y de la cosecha que modela los aspectos más fundamentales de su crecimiento, además a esto se integró el modelamiento del proceso de mejoramiento de suelos mediante técnicas artificiales (adición de abono o fertilizantes), con lo cual se puede simular los posibles mejoramientos del suelo cuando sus recursos no son suficientes para un cultivo.

Finalmente el modelo de dinámica de sistemas integra los fenómenos climáticos generales que influyen sobre el desarrollo de un cultivo, esto permite relacionar cada una de las características ambientales (temperatura, humedad,

⁵ La metodología de análisis de suelos se basó en el libro: “Suelos, abonos y fertilizantes”, descrito en las referencias.

precipitaciones), con estas relaciones se puede dar soporte en la inferencia de posibles cultivos para una granja con características climáticas específicas.

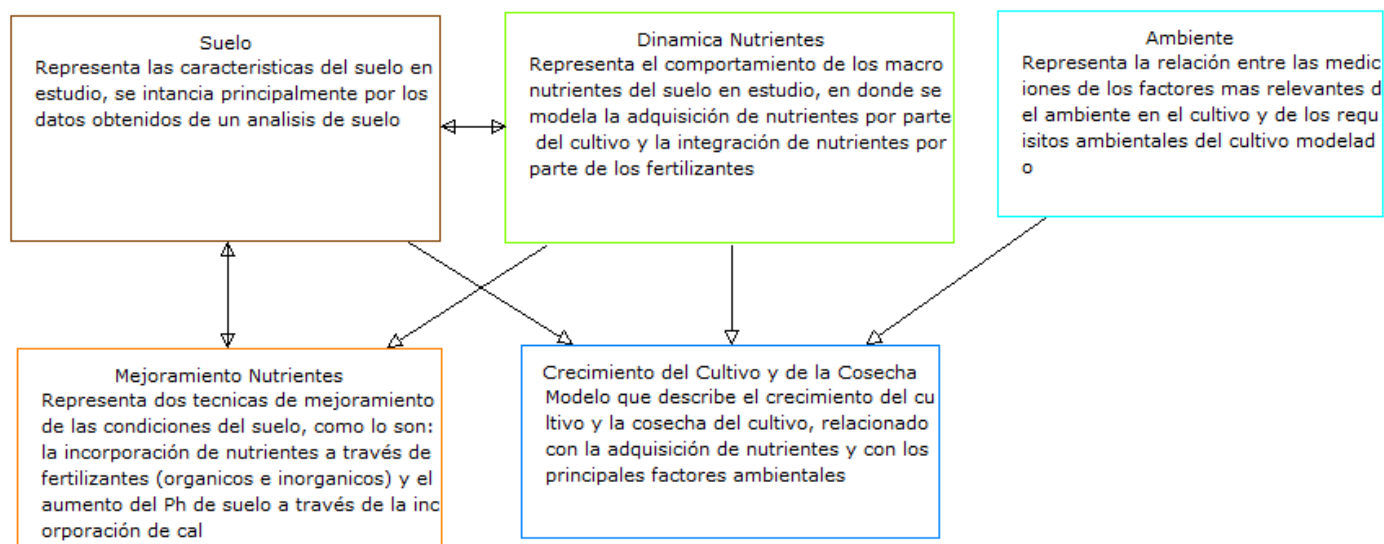


Figura 4. Mapa de sectores del modelo Granja Agropecuaria.

COMPORTAMIENTOS SIMULADOS.

A manera de escenario de evaluación se instanció el modelo desarrollado con un los datos de una granja agropecuaria específica y con producción de maíz, el comportamiento del desarrollo del cultivo, influye en lo nutrientes disponibles, este comportamiento es visualizado en la Figura 5, donde se puede verificar la acción de los procesos de absorción de nutrientes y de extracción de nutrientes en una hectárea de terreno, también se realiza una absorción que tiene su máximo en la tercera parte de la duración de crecimiento de 55 días, y luego realiza una extracción de nutrientes que tiene su máximo en la tercera parte de su duración de cosecha de 57 días, lo que permite realizar una apreciación acerca la interacción entre el suelo y el cultivo, este comportamiento no comprende los efectos de fertilización ni calcificación.

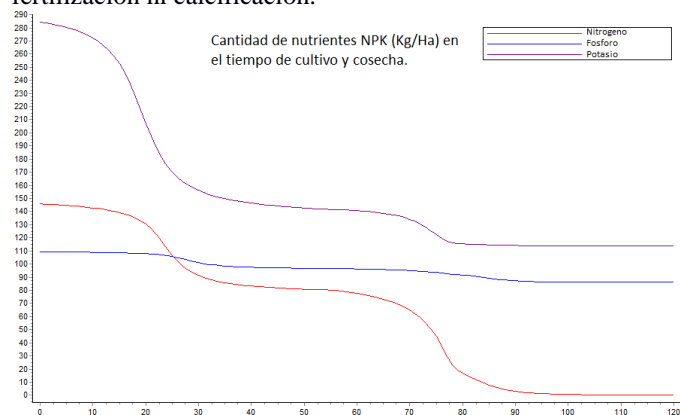


Figura 5. Comportamiento de macronutrientes en el cultivo del maíz.

La grafica de la Figura 6 representa la instanciación de un suelo con baja concentración de nutrientes, al cual se deben agregar fertilizantes de origen químico u orgánico que satisfagan los requerimientos de nutrientes en el cultivo del maíz, la aplicación de fertilizantes se realizó en 5 aplicaciones para evitar la toxicidad por exceso de nutrientes.

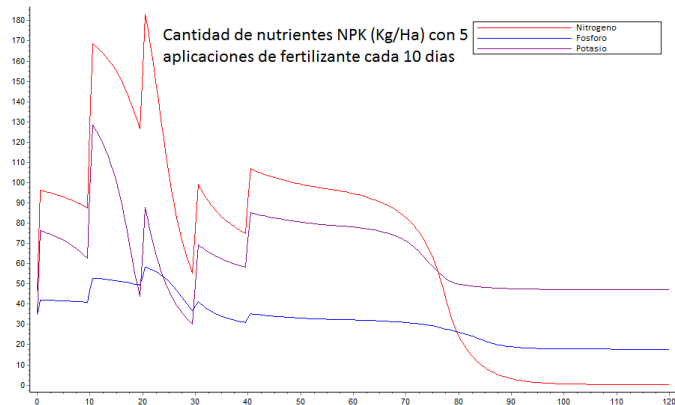


Figura 6. Comportamiento de macronutrientes en el cultivo del maíz con 5 aplicaciones de fertilizante.

4. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA.

La finalidad del ambiente EcoGranja es brindar al usuario relacionado con la producción agropecuaria una herramienta que le permita aprender sobre el fenómeno de los cultivos y crianzas pecuarias y, permitir la realización de inferencias

sobre el modelo que contribuyan en la toma de decisiones benéficas para la producción, manteniendo como enfoque la sostenibilidad económica y ecológica.

Por esta razón se planteó el requerimiento de desarrollar la herramienta con tecnologías de la información que permitan facilitar el acceso y uso por parte de sus usuarios, y dentro de la investigación se determinó que las tecnologías web son las más convenientes para satisfacer este objetivo, por esta razón se desarrolló un proyecto alterno titulado “Evolución Web”⁶ que tiene como finalidad simular modelos dinámico-sistémicos en ambientes web, esta investigación será presentada en el ECDS⁷ bajo el título: “Simulación con dinámica de sistemas en entornos Web y ejemplo de aplicación a través del ambiente EcoGranja.”

Mediante el soporte tecnológico que permite la anterior investigación y desarrollo se dará soporte a la simulación de modelos dinámico-sistémicos de la presente investigación en ambientes Web, lo cual satisface el requerimiento tecnológico de la herramienta EcoGranja, y permitió de esta manera vincular los modelos dinámico-sistémicos con varias tecnologías de internet que facilitan los siguientes procesos:

Adquisición de parámetros:

A través de la implementación de formularios web que permiten instanciar los datos representativos de la granja en estudio, se genera una mayor usabilidad de los modelos en comparación con otros ambientes de simulación, lo cual puede repercutir en validaciones por parte de los usuarios. Los datos que actualmente se ingresan en el aplicativo representan las características del suelo, del clima y de los recursos hídricos que se traducen en los parámetros del modelo de dinámica de sistemas.

Instanciación de escenarios.

EcoGranja integra una base de datos de escenarios productivos, donde existen registros que representan las características más relevantes de cultivos y crías pecuarias, estas características permiten instanciar los modelos agrícolas y pecuarios de una manera autónoma, repercutiendo positivamente en la inicialización de escenarios.

Representación de información resultante.

Las tecnologías web poseen múltiples maneras de representar la información, lo cual contribuye a facilitar la difusión de los desarrollos tecnológicos, en el caso de EcoGranja permite una representación gráfica de los comportamientos, donde se

organiza la información resultante de manera eficiente para su análisis además del fácil acceso para los usuarios.

Estas características les brindan a los usuarios de la herramienta EcoGranja posibilidades cómodas de aprender e inferir sobre el fenómeno. Adicional a esto, se abren nuevas posibilidades, como la automatización del análisis de viabilidad productiva, funcionalidad que se desarrolló mediante la creación de un macro-proceso con los modelos correspondientes a la granja propiamente estudiada y los modelos de cultivos y crías pecuarias, cuyo objetivo es la determinación de manera automatizada de las producciones agropecuarias más convenientes para una granja en particular.

Sintetizando la idea anterior, EcoGranja como producto de base tecnológica contribuye directamente con la satisfacción de las necesidades de planeación productivas de las comunidades que dependen de la producción agropecuaria.



Figura 7. Prototipo del ambiente informático.

5. APORTES.

Al desarrollar aplicativos que integren la dinámica de sistemas en ambientes web se generan nuevas posibilidades, dentro de los aportes más pertinentes para la dinámica de sistemas tenemos:

Difusión: Debido a que se puede publicar y compartir modelos dinámico-sistémicos y los aplicativos derivados de estos, facilitando su acceso y uso.

Aprendizaje: En internet se está concentrando múltiples tecnologías, entre ellas la multimedia, con lo cual se puede diseñar material de aprendizaje que integre modelos dinámico-sistémicos, información textual, sonora e inclusive video, que permiten ofrecer experiencias de aprendizaje más ilustrativas.

⁶ El subproducto de la presente investigación que se ha denominado Evolución Web, pretende consolidarse como una herramienta de modelado y simulación con soporte para el modelado en comunidad.

⁷ Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

- La posibilidad de representar en un lenguaje estructurado, como lo es la dinámica de sistemas, el fenómeno granja agropecuaria permite estandarizar, evaluar y plantear el conocimiento existente del fenómeno estudiado, como lo fueron en la presente investigación los fenómenos del suelo, hídricos y climáticos.
- La integración de metodologías de dinámica de sistemas, como la efectuada en presente investigación entre la metodología de Andrew Ford y la metodología del grupo SIMON de investigaciones, permite adaptar el proceso de modelado y simulación con dinámica de sistemas a las especificidades de cada fenómeno, por lo cual se concluye que en los procesos complejos de modelado y simulación se realiza un correcto abordaje al adaptar las metodologías a las características de los fenómenos.
- La dinámica de sistemas al integrarse con metodologías y técnicas de la ingeniería del software, permite soportar el desarrollo de productos tecnológicos con alto acabado, beneficiando a la dinámica de sistemas en la difusión de sus bondades en diversas comunidades diferentes a los modeladores dinámico-sistémicos, la ventaja más destacable es que permite soportar el modelado de sistemas complejos.
- El ambiente EcoGranja es un ejemplo de como la dinámica de sistemas puede contribuir de manera fundamental en el desarrollo de herramientas útiles para comunidades específicas.
- El soporte tecnológico desarrollado en el presente proyecto, denominado “Evolución Web” permite simular modelos dinámico-sistémicos en la internet, contribuyendo a manera de marco tecnológico en el desarrollo de aplicativos que hacen uso de la dinámica de sistemas y que requieran soporte en la internet, como fue el desarrollo de EcoGranja.
- El desarrollo de aplicativos que hagan uso de la dinámica de sistemas, contribuye con la validación del modelo, debido a que las herramientas cuentan con mayor variedad de usuarios, en especial los expertos, lo cual repercute en la realización de observaciones y críticas que pueden mejorar el modelo.
- Las herramientas que tienen soporte web, ofrecen una mayor accesibilidad para sus usuarios, lo cual es fundamental a la hora de incursionar en nuevos aplicativos en la sociedad.
- La dinámica de sistemas en conjunto con la ingeniería del software permite el desarrollo de productos tecnológicos con la capacidad de abordar el modelado y la simulación de sistemas complejos.
- El concepto de granja integral agropecuaria, es un concepto blando, que comprende múltiples enfoques y definiciones, por lo cual en la presente investigación se evaluó los más pertinentes para las pretensiones del ambiente EcoGranja, sin embargo la magnitud del concepto, exigió limitar el presente proyecto a un marco conceptual y tecnológico.
- Se concluye que el apoyo del experto en el proceso de modelado es determinante, en la consecución de un modelo dinámico-sistémico que satisfaga la finalidad del mismo, el modelador desarrolla los objetivos básicos de aprender, explicar y experimentar, se cuestiona durante la construcción, lo cual conlleva a enriquecer su modelo mental y por ende contribuye en su aprendizaje.

7. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS.

- Se recomienda realizar un modelamiento a nivel del genotipo (características genéticas de los organismos) de los cultivos, con la finalidad de contemplar aspectos más internos de la dinámica propia del desarrollo del crecimiento del cultivo y su correspondiente cosecha, características que no son observables mediante el modelamiento realizado, que contempla una descripción del fenotipo(características físicas y conductuales).
- Se recomienda complementar el actual proyecto con una propuesta que aborde el modelado y la simulación de las dinámicas que se presentan en el mercado económico de los productos agropecuarios y en los comportamientos sociales que rigen la economía del sector agropecuario.
- Se recomienda expandir los modelos dinámico-sistémicos que representan el sistema ambiental colombiano a modelos de cobertura mundial, con la finalidad de internacionalizar el ambiente informático.
- Se recomienda proporcionar mecanismos que adapten los modelos dinámico-sistémicos propuestos en la presente investigación, a características medioambientales particulares de diversos territorios geográficos y así ofrecer soporte de EcoGranja en diversos espacios de carácter internacional.

- Las herramientas de modelado y simulación que actualmente dan soporte a la dinámica de sistemas no permiten la encapsulación de los modelos en entidades, que permitan su fácil manipulación y modelado, por lo cual se recomienda implementar en dichas herramientas el encapsulamiento de la teoría de objetos.
- Se propone el desarrollo de un macro modelo de granjas agropecuarias, que comprendan el concepto de eslabones productivos

8. REFERENCIAS.

8.1. REFERENCIAS DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS.

- JAMU, D.M y PIEDRAHITA, R.H. "An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I. model development and calibration" consultado en 2011-05-16 de: <http://hpsrv10.uco.es/windows/filemgr/download/stella/articulos/Jamu%202002.pdf>
- BONTKESA, Tjark y KEULEN, Herman van. "Modelling the dynamics of agricultural development at farm and regional level" consultado en 2011-05-16 de: <http://www.china-sds.org/kcxfzbg/addinfomanage/lwwk/data/kcx439.pdf>
- SKRABA, Andrej; ROZMAN, Crtomir; KLJAJIC, Miroljub; PAZEK, Karmen y BAVEC, Martina "Strategy for organic farming model development" consultado en 2011-05-16 de: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2008/proceed/papers/SKRAB473.pdf>
- DANUSO, Francesco; ROSA, Franco; ROCCA, Alvaro y BULFONI, Elena. "X-farm: modelling sustainable farming systems and simulation" consultado en 2011-05-16 de: http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2010/2010_WS_2.1_Danuso.pdf

8.2. REFERENCIAS DE LIBROS.

- ANDRADE Sosa Hugo H.; DYNER R. Isaac; ESPINOSA Ángela; LÓPEZ Garay Hernán y SOTAQUIRÁ Ricardo. Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad, Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia, 423 p, ISBN: 958-9318-78-9
- Hogares juveniles campesinos. Colección cuidando la creación: Manual granja integral autosuficiente, Taller San Pablo, Bogotá Colombia, 304 p, ISBN: 958-8233-14-3

- CEPEDA REY, Jaime. Suelos, Abonos y fertilizantes. 1 ed. Bucaramanga, Colombia.: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 210 p.

8.3. TESIS.

- GÓMEZ PRADA, Urbano Eliécer. "Lineamientos metodológicos para la construcción de modelos Agro-Industriales identificables en términos de dinámicas poblacionales basados en el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas". Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas. 2010.

8.4. REFERENCIAS EN INTERNET

- SICARD, Tomás León y RODRÍGUEZ Sánchez, Liliana. "CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA – DIAGNOSTICO", disponible: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect14/lect14_1.html [citado en mayo de 2011]
- PORTAL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL COLOMBIANO, disponible: <http://www.siac.gov.co/portal/default.aspx> [citado en agosto de 2011]
- INPI, ARCHIVO AGRONOMICO N° 11 Y 12 [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/3971CBCC1D02F416032573FB0063AA92](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/3971CBCC1D02F416032573FB0063AA92), [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05)

8.5. MEMORIAS EN CONGRESOS

- Garavito, John; Andrade, Hugo; Gómez Urbano; "Simulación con dinámica de sistemas en entornos Web y ejemplo de aplicación a través del ambiente EcoGranja." Ponencia del X Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas – (Ponencia aprobada y fechada para septiembre del 2012).



www.dinamica-de-sistemas.com

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



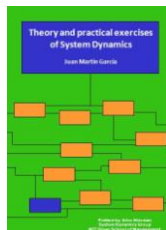
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



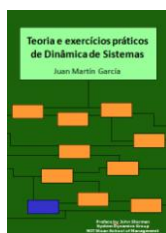
[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)