

Sistema Multiagente Agropecuario

Agricultural Multiagent System

Luis Wanumen*

Fecha de recepción: octubre 21 de 2010

Fecha de aceptación: noviembre 18 de 2010

Resumen

El siguiente artículo presenta un proceso para la construcción de sistemas multiagente el cual simula un comportamiento basado en la necesidad de construir granjas ganaderas productivas de acuerdo a diferentes variables que pueden intervenir en dicha productividad.

Palabras clave: ganadería, sistema multiagente, productividad agrícola, cooperación, simulación.

* Ingeniero de Sistemas, especialista en Ingeniería de Software, estudio de maestría en computación. Docente de la Universidad Distrital. lwanumen@udistrital.edu.co

Abstract

Based on the need to build a cattle farm productivity shows the process followed for the construction of a multi-agent system to simulate the behavior of productivity according to different variables that can intervene in productivity mentioned. There are two approaches to building multi-agent system with each other without cooperation.

Key words: Cattle ranch, multi-agent system, agriculture productivity, cooperation, simulation.

Introducción

En este documento es expuesto el proceso metodológico seguido para la elaboración de un sistema multiagente que permita simular la productividad de una finca ganadera. Así mismo, se realizó un énfasis especial en lo referente a las enfermedades y su relación con el ganado, así como en la cantidad de abono utilizado en la etapa inicial. Por su parte, el sistema pretende ser un modelo efectivo para obtener relaciones entre la productividad y los factores que más afectan la misma en una finca ganadera. El sistema multiagente se desarrolla a partir de una necesidad descrita en la contextualización; entonces, se plantea una aproximación a éste mediante la realización de un mundo sintético – dichos procesos son documentados en las páginas siguientes. Por otra parte, es importante tener en cuenta que el sistema fue construido en dos grandes fases: *a)* se desarrolló el sistema sin cooperación y *b)* se realizaron algunos intentos por agregar cooperación. Es decir, por poder visualizar en la sección de resultados las múltiples ejecuciones efectuadas al sistema con diversos valores para analizar algunas de las variables y su relación con la productividad.

Motivación y contextualización del problema

El papel de la agricultura se ha convertido en un proceso cada vez más importante en la provisión de alimentos, el manejo ambiental y el abastecimiento de energía. Entonces, el cuidado de la tierra es un factor fundamental si se trata de garantizar la eficiencia del proceso a nivel mundial, hecho por lo cual es determinante mantener un control sobre la utilización de los suelos que impida su deterioro y garantice el sostenimiento económico de personas, regiones y países [2] [3] [4].

Desde el punto de vista de la agroecología, las acciones tendientes a restaurar y mantener la capacidad productiva de los agroecosistemas implican cambios en la lógica de las relaciones entre el hombre y la naturaleza; suponen un desarrollo de relaciones más complejas entre los diferentes componentes productivos del sistema, buscando, de esta forma: complementariedad de las actividades, economía de recursos, diversificación espacial y temporal, potenciación de mecanismos naturales de defensa y mantenimiento de las condiciones naturales del suelo para la producción a largo plazo (Altieri, 1992).

Entre tanto, respecto al problema del agricultor que desea maximizar la productividad conservando la tierra lo más fértil posible, se encuentran numerosos aspectos espaciotemporales relacionados con la forma en que son cultivados y generados los productos. Por ejemplo: el manejo de recursos productivos, los insumos para la producción, el control de las fuerzas que contrarrestan la producción y el mantenimiento de un nivel rentable sin comprometer la producción futura; son aspectos críticos que demandan estrategias complejas por las múltiples actividades que comprometen (Altieri, 2000; Valdés, 2003).

Uso de los sistemas multiagente en la solución del problema

Temáticas como el de las actividades agropecuarias en ambientes forestales, donde los acuerdos y las negociaciones forman parte de la dinámica entre colonos, cazadores y guardabosques, constituyen el centro de una aplicación de SMA. Esta involucra aspectos naturales, culturales y de manejo para configurar un juego basado en agentes que conjuga las actividades mencionadas con dinámicas naturales como la del fuego (Etienne, 2003).

Otro ejemplo de la misma naturaleza lo constituye un sistema multiagente que fue desarrollado para simular estrategias de gestión de los recursos naturales en el Causse Méjan, una meseta de piedra caliza dominada por un raro ecosistema pastizal en peligro de extinción debido a la invasión de pinos y en el cual se estimula el surgimiento de estrategias alternativas de gestión a largo plazo para el pastoreo de ovino y el manejo de los bosques —diseñados a diferentes escalas espaciales (Etienne *et ál.*, 2003).

Además, los sistemas multiagente pueden emplearse para solucionar problemas del sector agropecuario. Incluso, en algunas

conferencias se ha tratado este tema detenidamente como, por ejemplo, en “World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources” o “EFITA Congresses: European Federation for Information Technology in Agriculture”, con lo cual se deja claro que los inconvenientes sobre el buen uso de la agricultura en el suelo son una inquietud mundial que ha merecido investigaciones profundas en las que los sistemas multiagente y otras ramas de la inteligencia artificial ofrecen grandes aportes a la comprensión de fenómenos relacionados con la cultivación y la conservación de la tierra.

En lo que respecta al problema de la optimización del suelo, cuando se tienen diversas alternativas de cultivo se han realizado estudios sobre formas de usar la tierra en sus periodos de descanso (barbecho) para otros fines distintos a la siembra —pastoreo— y sobre qué cultivos deben sembrarse para conservar la calidad de la tierra y permitir, de esta manera, que los agricultores determinen un plan de actividades que conduzca a una utilización óptima de la misma. La forma en la que se haga el riego, en el caso los SMA, juega un papel trascendental para comprender que la técnica empleada afecta al sistema. Por ejemplo, la simulación con sistemas multiagentes para determinar la viabilidad de un distrito de riego en Senegal [1].

Por otra parte, importantes investigaciones y resultados al respecto se encuentran en diarios internacionales como *Agriculture System, Computers and Electronics in Agriculture, Biosystems y Biosystems Engineering*. La aplicación de los sistemas multiagente para el modelado y la simulación de procesos de cultivos agropecuarios con énfasis en la postcosecha es un campo que está empezando cobrar importancia en la actualidad. Ahora bien, existen algunos trabajos que, a pesar de no hacer un uso intenso de la potencialidad

de los agentes, manejan otras técnicas de inteligencia artificial para abordar problemas a través de redes neuronales topológicas en los siguientes casos: modelado de secado de granos [5], modelado y optimización de temperatura en procesos térmicos usando redes neuronales y algoritmos genéticos [3], simulación de daños de melocotones en una línea de transporte [2] y simulación de un proceso de secado de *Echinacea angustifolia* con redes neuronales [4]. Así mismo, en la ingeniería de riego se están empezando a aplicar diseños de sistemas para el control, la evaluación, la simulación, la administración y el estrés hídrico que permitan producir mejores resultados en el cuidado del suelo, los recursos hídricos y las ganancias de la producción agropecuaria [1]. El uso de agentes también ha sido empleado para el modelado y la simulación del crecimiento de cultivos como el caso de sistemas agroecológicos [6].

Feola & Binder profundizan en la comprensión y el modelamiento del comportamiento de los agricultores en los sistemas agrícolas, lo cual se ilustra a través de dos estudios sobre el uso de plaguicidas entre pequeños agricultores colombianos. Los ejemplos exhiben cómo un modelo de agente puede ser aplicado para el estudio de las implicaciones de una política en pro de fomentar una transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles y, además, sugieren que la estructura puede soportar diferentes diseños de investigación para el estudio del comportamiento de los agentes en sistemas agrícolas, ecológicos y sociales.

En síntesis, los SMA han demostrado gran efectividad en el estudio de diversos aspectos relacionados con la producción agropecuaria. Así mismo, representan una herramienta de inferencia importante para el estudio del comportamiento humano en el contexto rural

con proyecciones hacia la sostenibilidad de las actividades agropecuarias.

Descripción de la solución sin el componente de cooperación

El modelo representa el conjunto de componentes característicos de una finca agropecuaria. Por su parte, el objeto del sistema es producir bienes alimenticios que son vendidos a intermediarios y, al mismo tiempo, mantener la capacidad productiva de la finca en la medida en la que se proteja la integridad estructural y la fertilidad del suelo mediante prácticas de manejo que incluyen rotación de parcelas, fertilización, riego, etc.

Mundo sintético

La finca se compone de dos subsistemas: uno ganadero y otro de cultivo. En la parte inicial se había concebido desarrollar estos sistemas con la misma profundidad; no obstante, sobre la marcha se presentaron algunos inconvenientes por la complejidad del mismo, razón por la cual tuvo que enfatizarse en el subsistema ganadero y su repercusión en la productividad ganadera.

La finca, en sí, puede considerarse como una muestra representativa de las formas de producción de una región cuando ésta presenta sistemas de producción relativamente homogéneos. Entonces, la finca puede verse como una unidad básica de modelamiento de la producción regional siempre y cuando su producción represente las formas dominantes del uso de la tierra y, en conjunto, ocupen la extensión más representativa de la región a la que pertenecen.

De acuerdo con lo planteado, el sistema propuesto se compone de un espacio denominado "finca", el cual se encuentra dividido

en lotes. Al interior de estos se desarrollan, en forma excluyente, actividades como “cultivar” (cul), “pastorear” (con números) y “descansar la tierra” (Bb). Dicho espacio puede ser representado por un mosaico o rejilla donde cada celda corresponde a un lote. La tabla siguiente representa un momento en la planeación del uso de la finca; los números, por su parte, simbolizan el día en que cada lote debe ser pastoreado (asumiendo tres (3) días de pastoreo por 36 a 38 días de descanso por lote).

El cuestionamiento planteado por el sistema propuesto es: ¿cuál es la estrategia a seguir para lograr el mayor beneficio económico tanto del agricultor como del pastor, manteniendo la calidad y capacidad productiva del suelo y aprovechando óptimamente los recursos con que cuenta en la finca?

Las comunidades

En el sistema se manejan comunidades por ganado. Estas, aunque dependen de las normas de movimiento, permiten que todos intenten moverse al mismo tiempo. Por otra

parte, es posible que un ganado no se mueva porque alguien pudo avisarle al pastor que la próxima finca no es buena para comer y lleve a que el pastor le dé la orden de quedarse en dicha finca.

Los conflictos (Figura 1).

La coordinación

Los conflictos, esencialmente, se manejan con base a la obtención del alimento y la ubicación de ganado en lotes, de tal manera que cada uno sólo hospede los que debe hospedar. Así mismo, en esta parte se presentan algunas excepciones y es el caso de una finca que puede albergar algunos ganados más de los que debería. Lo anterior se debe a que son puestos allí temporalmente mientras se encuentra una mejor forma de localizarlos.

Las metas del sistema

Este par de metas ayudan a cumplir una más ambiciosa: lograr la mayor productividad en la finca.

Figura 1. Los conflictos.

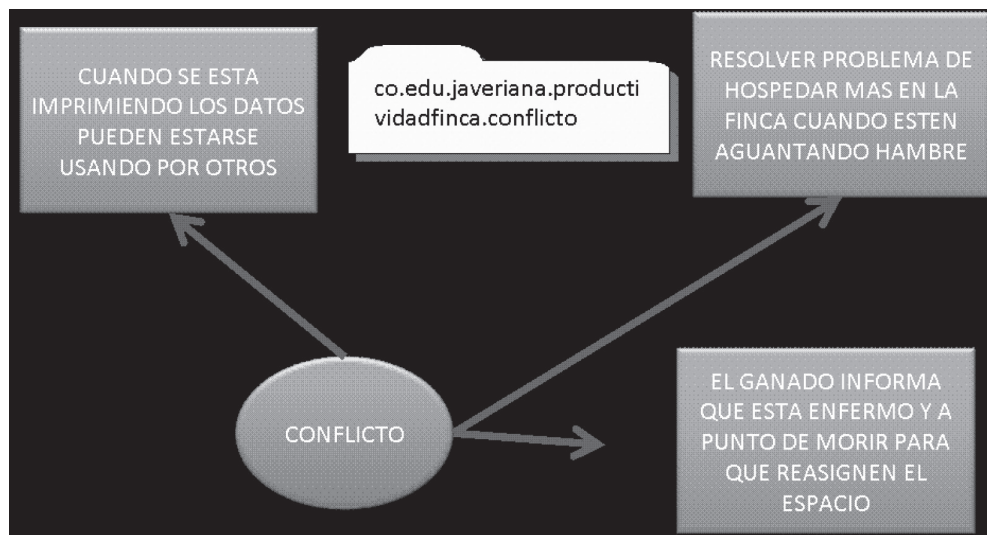


Figura 2. La coordinación

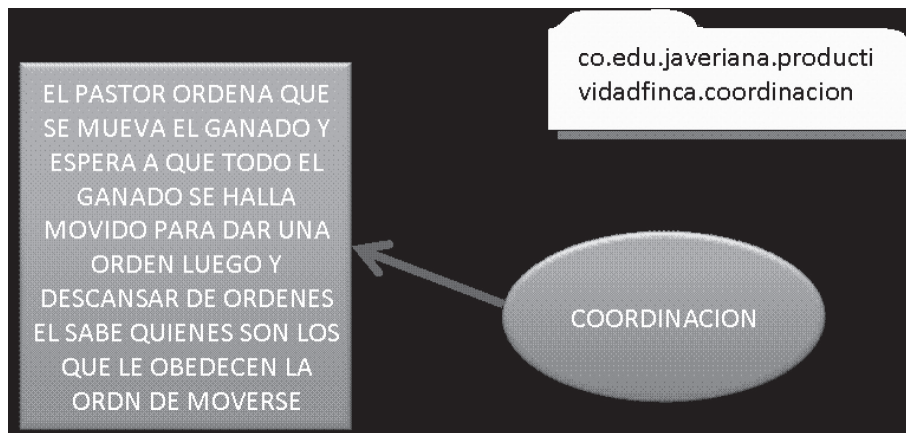


Figura 3. Las metas del sistema

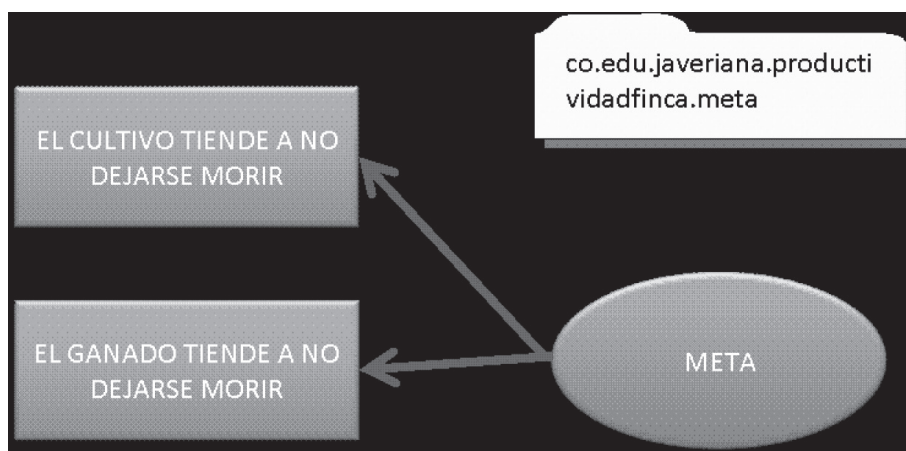
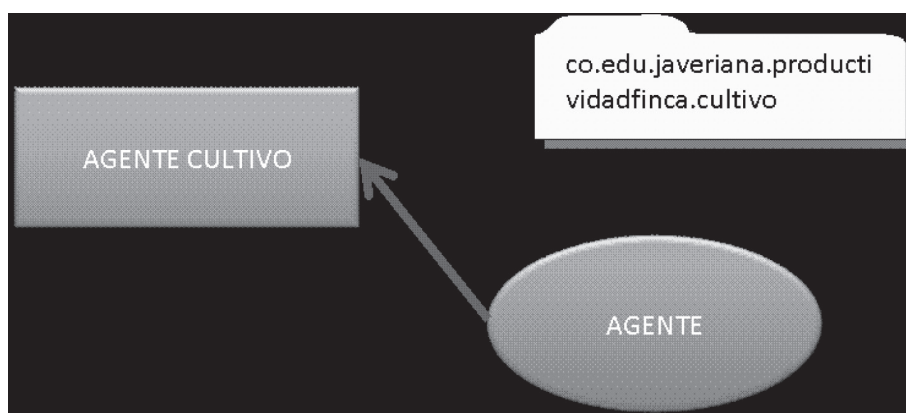


Figura 4. Los agentes



Los agentes

El agente ganado es importante para el sistema

El agente enfermedad también es trascendental en el sistema. Cabe anotar que, debido a razones de tiempo, no fue posible realizar las pruebas; sin embargo, el SMA está diseñado para efectuar acciones teniendo en cuenta variables como el número de enfermedades que soporta un ganado.

En el sistema se implementaron dos protocolos: uno para que el ganado coma y otro para que se desplace.

El recurso compartido por excelencia en el SMA es la finca, la cual está compuesta por varios lotes que, a su vez, se encuentran divididos por los agentes ganado y los agentes enfermedades.

Las anteriores son funcionalidades establecidas para facilitar la ejecución del SMA por parte del usuario.

Figura 5. Agente enfermedad.

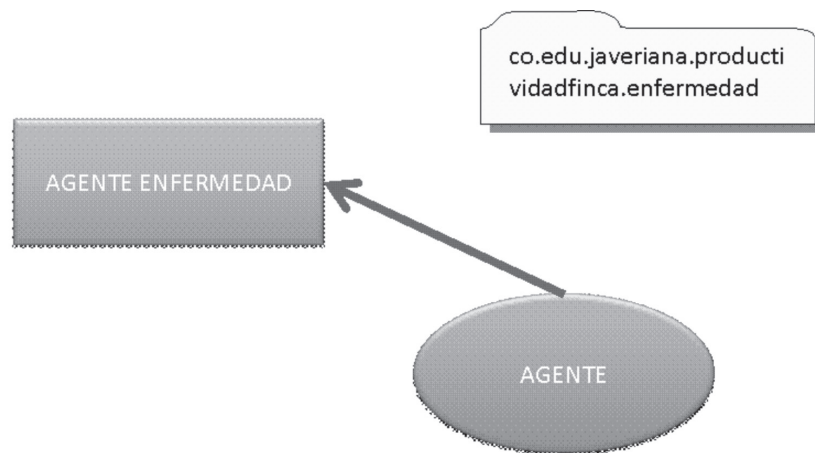


Figura 6. Protocolos implementados en el sistema.

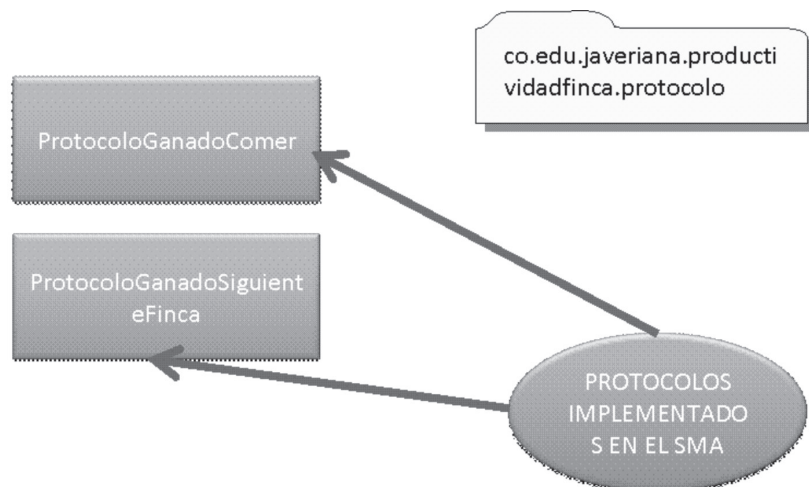


Figura 7. Recursos compartidos gruesos.

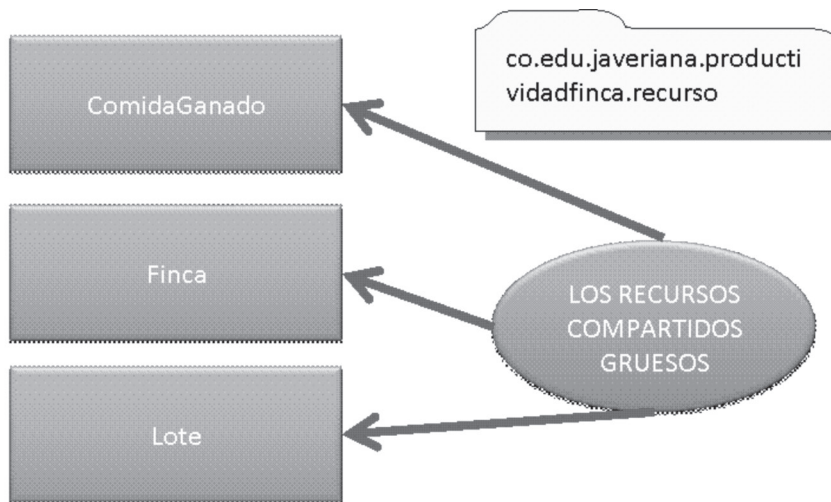
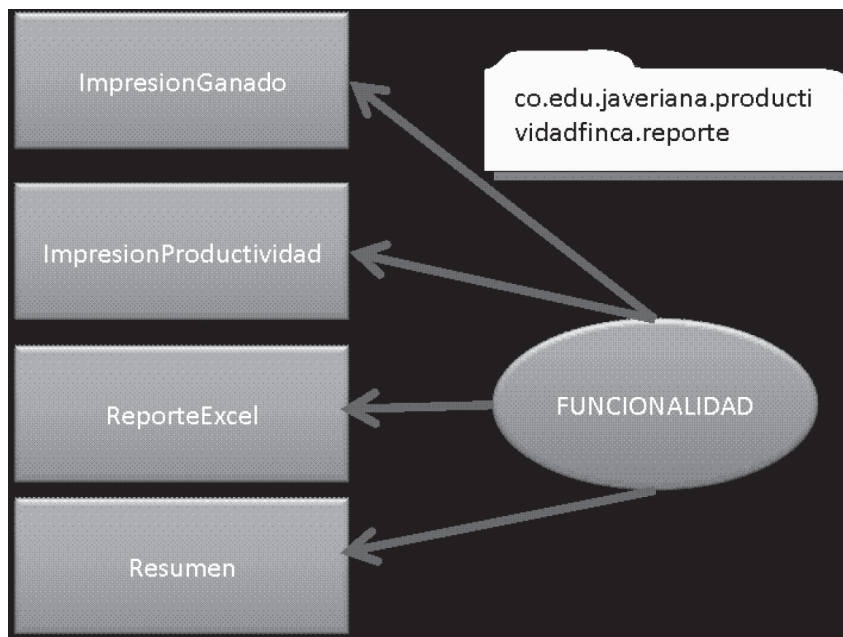


Figura 8. Funcionalidades del sistema.



Adición de cooperación al sistema de productividad agropecuaria

Entre otras cosas, el sistema se dejó parametrizado con el fin de que corriera en las dos formas (con cooperación y sin cooperación). Así mismo, mediante el cambio de las siguientes variables pudo modificarse el modo de operación del sistema:

- “aplicarMetaBuscarMejorLote”
- “prevenirMalaAsignacionGandoFinca”

Por su parte, la cooperación al sistema de productividad se agregó para satisfacer las siguientes metas:

- A. Meta mayor: cumplir con la productividad del sistema.
- B. Meta intermedia: no dejar morir el ganado.
- C. Meta intermedia: desplazar el ganado por la mejor ruta.

Esto quiere decir que la colaboración y la coordinación del sistema se encuentran íntimamente ligadas con estas tres metas. De tal forma, en el sistema hablamos de colaboración y coordinación para cumplir con las metas A, B y C.

Colaboración

Igual que la cooperación, la función de la colaboración en el sistema multiagente es cumplir con los siguientes objetivos: ganar la mayor productividad del sistema, no dejar morir el ganado y permitir el mejor desplazamiento del mismo.

Colaboración para cumplir con la meta A

La meta A consiste en generar la mayor productividad posible. Para ello se requiere que la productividad originada por los agentes

que están vivos sea informada al sistema. Es importante mencionar que estas acciones, si los lotes improductivos informan sobre su disminución, se verán afectadas por las que se llevan al interior del sistema. Así mismo, cada vez que se informe sobre productividad negativa, el sistema disminuirá su valor de productividad total siempre y cuando sea positivo (con el fin de que las gráficas generadas, cuando muestren una tendencia a cero, puedan interpretarse en términos de improductividad).

Entre otras cosas, el sistema está diseñado para que la productividad se disminuya por los ganados que están muertos; cuando esto ocurre la ganancia dejada de ganar al sistema.

Por su parte, las fincas improductivas colaboran, a pesar de estar <<muertas>>, a resolver el problema de informar ganancias perdidas al sistema; si están improductivas se tiene que hacer una inversión sobre ellas. Esto genera que se comience a disminuir el valor de la productividad total del sistema.

Colaboración para cumplir con la meta B

La meta B hace referencia a lograr, por todos los medios posibles, que el ganado no se muera de hambre. Con este fin se implementó la acción para que el ganado coma si puede comer siempre y cuando su entorno lo permita y nadie establezca restricciones con la comida. En este caso el lote es el que le entrega el alimento al ganado y éste el que le solicita el permiso para comer. Entre tanto, es importante que al interior de esta meta se tenga en cuenta la situación en la que un ganado no ha sido alimentado y otro sí, pues en una situación real ambos desean comer. Entonces, debe otorgársele mayor prelación al ganado más hambriento porque en cuestión de tiempo podría morir.

Por lo anterior, se implementará la lógica de verificar si el alimento no es suficiente para todos los ganados y, si se presenta esta situación, se decidirá quiénes pueden comer dependiendo de la cantidad de hambre que tenga cada uno. Por otra parte, si ambos llegaran a tener la misma hambre y sólo uno de ellos pudiera comer, debe decidirse aleatoriamente quién lo hará (no dividir la comida).

Colaboración para cumplir con la meta C

Puede desplazarse, a la finca que tenga la mejor opción para pastear —no la contigua—, cualquier ganado que no haya visualizado su cercanía con la muerte a causa del hambre.

Coordinación

En forma similar a la colaboración, la coordinación en el sistema se desarrolló pensando en cumplir con las siguientes metas:

- A. Meta mayor: cumplir con la productividad del sistema.
- B. Meta intermedia: no dejar morir el ganado.
- C. Meta intermedia: desplazar el ganado por la mejor ruta.

Coordinación para cumplir meta A (productividad)

La coordinación en el sistema se produce de dos maneras: determinando a qué hora los ganados y los lotes ayudan a cumplir metas globales.

Por un lado, cada día de la simulación todos los ganados y lotes informan su productividad. Todos los días al iniciar al día o al detectar cada uno de los agentes que ha cambiado en el día.

Coordinación para cumplir meta B (no dejar morir el ganado)

Las vacas pueden comer al mismo tiempo; no obstante, antes de ello debe verificarse que todas estén en cada lote (una parte de una finca) para que puedan hacerlo. Si no pueden comer todas, deberán esperar hasta que la resolución que se encuentra en cada lote determine quiénes tienen preferencia para alimentarse según su cantidad de hambre.

Coordinación para cumplir la meta C (desplazar el ganado por la mejor ruta)

Los ganados deben desplazarse diariamente o cuando, producto de una mala asignación de lote informada por el sistema, sea necesario moverlo a otra finca que lo prevenga de morir de hambre.

Solución de conflictos en colaboración y en la coordinación del sistema

Es muy común que en el sistema multiagente se presenten varios conflictos. No obstante, sólo se trabajó en tres:

- A. En la colaboración se resuelven los conflictos mediante funciones sincronizadas cada vez que la cantidad de pasto disminuya o crezca por efectos naturales. Esto, además, contribuye a que dos agentes no intenten comer al tiempo en un mismo lote.
- B. Un lote puede emplearse para comer y otro para cultivar al mismo tiempo y sin ningún problema (están separados).
- C. La única prevención considerada en el sistema es la capacidad, por parte del ganado, de avisar que su límite de hambre está llegando al tope. En consecuencia, el lote respectivo es anunciado y se procede a buscar uno mejor para pastear.

Resultados

Es importante anotar que el sistema tiene muchos parámetros que pueden ser interpretados como iniciales antes de la ejecución del mismo y que, además, podrían analizarse uno por uno. No obstante, establecer la correlación entre cada uno y analizar su productividad resulta dispendioso, razón por la cual se implementaron dos estrategias para analizar resultados que exhiban el comportamiento de un sistema agropecuario con énfasis en el análisis de su productividad.

La primera fue diseñada para analizar la estabilidad del sistema. Entonces, se ejecutaron varias veces algunas simulaciones con los mismos valores y de esta manera se determinaron los rangos en los que se presentaban las productividades. Así mismo, al interior de esta estrategia se llevaron a cabo análisis de ejecuciones con y sin cooperación para verificar si realmente evidenciaba mejoras.

Por su parte, la segunda estrategia estuvo encaminada a modificar algunas de las variables independientes para determinar su relación e impacto con la ganancia total del sistema, así como con las ganancias no percibidas o el número de ganado muerto.

Análisis de resultados empleando la estrategia 1

Mediante este proceso se establecerá la variación de la productividad partiendo de una finca con las mismas condiciones. Lo anterior puede ser útil cuando se sepan, con antelación, sus características y tan sólo desee conocerse el valor máximo y mínimo esperado de productividad.

Ejecuciones A de *cooperación vs. sin cooperación*
Con los siguientes datos:

DATOS	
cantidadAbonoInicial	3
cantidadAbonoDeberiaTener	10
numeroFincasConGanado	6
numeroFincasEnBarbecho	10
numeroFincasConCultivo	1
numeroGanadoPorLote	3
numSegundosSimulacion	13
aplicarMetaBuscarMejorLote	false
prevenirMalaAsignacionGandoFinca	false
numeroPastosPorDiaQueComeGanado	5
cantidadComidaInicialPastoPorLote	15
numeroComidasSinComerAguantaGanado	7
rataCrecimientoPastoPorDia	3
productividadGeneradaGanadoPorDia	1
numeroEnfermedadesAguantaGanadoPorEjemplar	40
numeroEnfermedadesDelSistema	35
habilitarEnfermedadesParaGanado	true

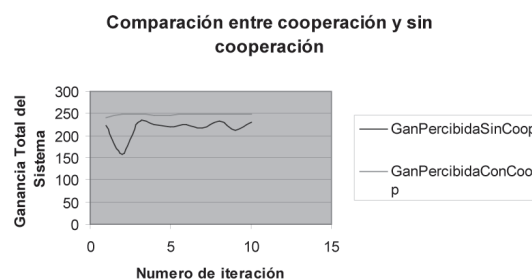
Tras efectuarse varias ejecuciones lo único que resultó modificado fue el valor de las variables:

- aplicarMetaBuscarMejorLote
- prevenirMalaAsignacionGandoFinca

De esa forma, se obtuvieron dos columnas: una *sin cooperación* y otra *con cooperación*. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Ejecuciones B de *cooperación vs. sin cooperación*

Iteración	Gan. Percibida Sin Coop	Gan Percibida Con Coop
1	222	241
2	159	249
3	231	247
4	226	246
5	220	246
6	226	248
7	216	248
8	233	248
9	213	247
10	229	249



Eje X: número de iteraciones.
 Eje Y: ganancia total del sistema.
 Las dos gráficas comparan resultados de ejecuciones con y sin cooperación para los valores otorgados en la primera tabla de la sección 1.e

Análisis: la cooperación presenta mayores resultados en términos de ganancia total del sistema que cuando se ejecuta el sistema sin cooperación.

En esta parte del proceso se aplicó la misma técnica: realizar varias ejecuciones con los mismos valores para calcular la estabilidad del sistema. Esta se mide por la diferencia entre el valor máximo y el mínimo para varias ejecuciones con los mismos parámetros; es decir, con las mismas condiciones en la simulación. A continuación los valores de las ejecuciones:

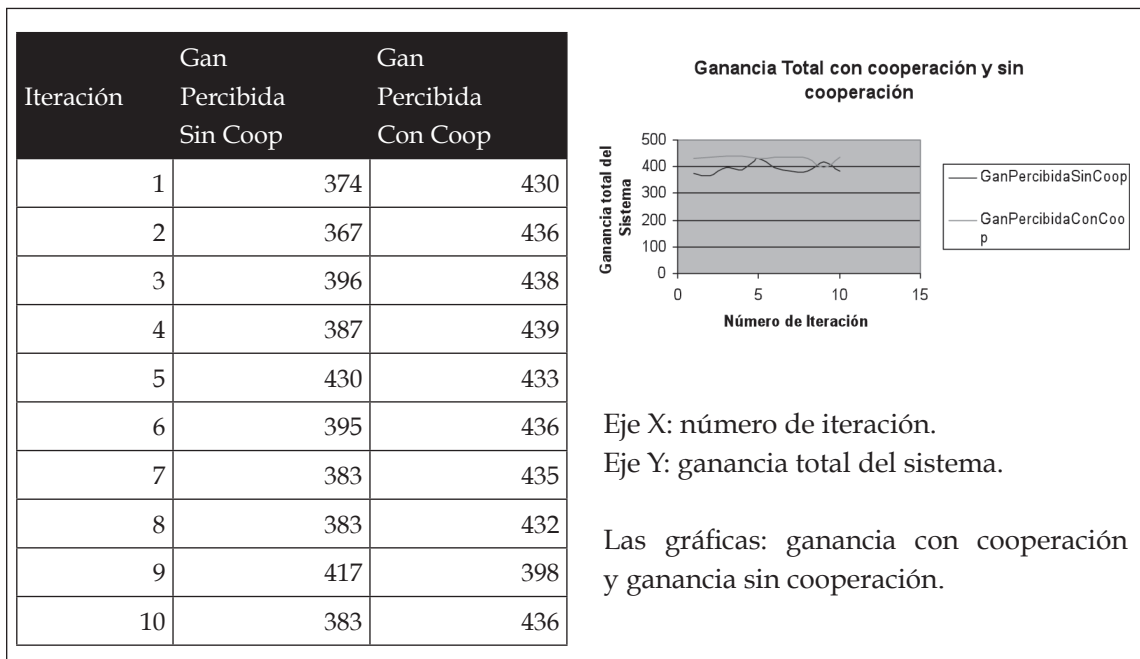
DATOS	
cantidadAbonoInicial	3
cantidadAbonoDeberiaTener	10
numeroFincasConGanado	6
numeroFincasEnBarbecho	10
numeroFincasConCultivo	1
numeroGanadoPorLote	3
numSegundosSimulacion	25
aplicarMetaBuscarMejorLote	false
prevenirMalaAsignacionGandoFinca	false
numeroPastosPorDiaQueComeGanado	5

DATOS	
cantidadComidaInicialPastoPorLote	15
numeroComidasSinComerAguantaGanado	7
rataCrecimientoPastoPorDia	3
productividadGeneradaGanadoPorDia	1
numeroEnfermedadesAguantaGanadoPorEjemplar	40
numeroEnfermedadesDelSistema	35
habilitarEnfermedadesParaGanado	true

En seguida, se realizaron diez (10) ejecuciones adicionales con estos valores exceptuando los de las variables:

- aplicarMetaBuscarMejorLote
- prevenirMalaAsignacionGandoFinca

En donde se ejecutan con el valor de <<true>> de tal suerte que se generan dos tablas: una con los valores sin activar cooperación y otra con los valores de la ganancia total activando cooperación. Los resultados se muestran a continuación:



Análisis de resultados empleando la estrategia 2

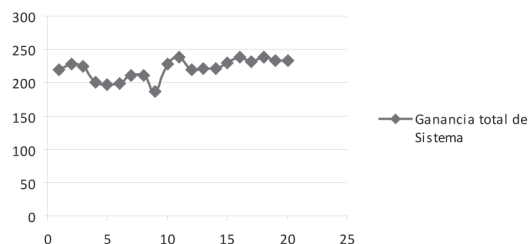
Esta estrategia consiste en alternar una variable independiente y observar su comportamiento en una gráfica. De esta manera puede determinarse qué tanto altera dicha variación la productividad de la finca.

El impacto del abono inicial se determina en la medida en que empiece a variar el volumen de abono aplicado. En este caso, $1 = \text{cantidad de abono inicial}$ e irá aumentándose hasta tener $20 = \text{cantidad de abono}$.

Observando el comportamiento de la cantidad de abono inicial y su impacto con la ganancia total del sistema:

Cantidad abono inicial	Ganancia total del sistema
1	220
2	228
3	224
4	200
5	197
6	199
7	210
8	211
9	187
10	228
11	238
12	220
13	222
14	221
15	229
16	239
17	231
18	239
19	233
20	234
Promedio	220,5
Varianza	219,85
Desviación	14,8273

Ganancia total del Sistema

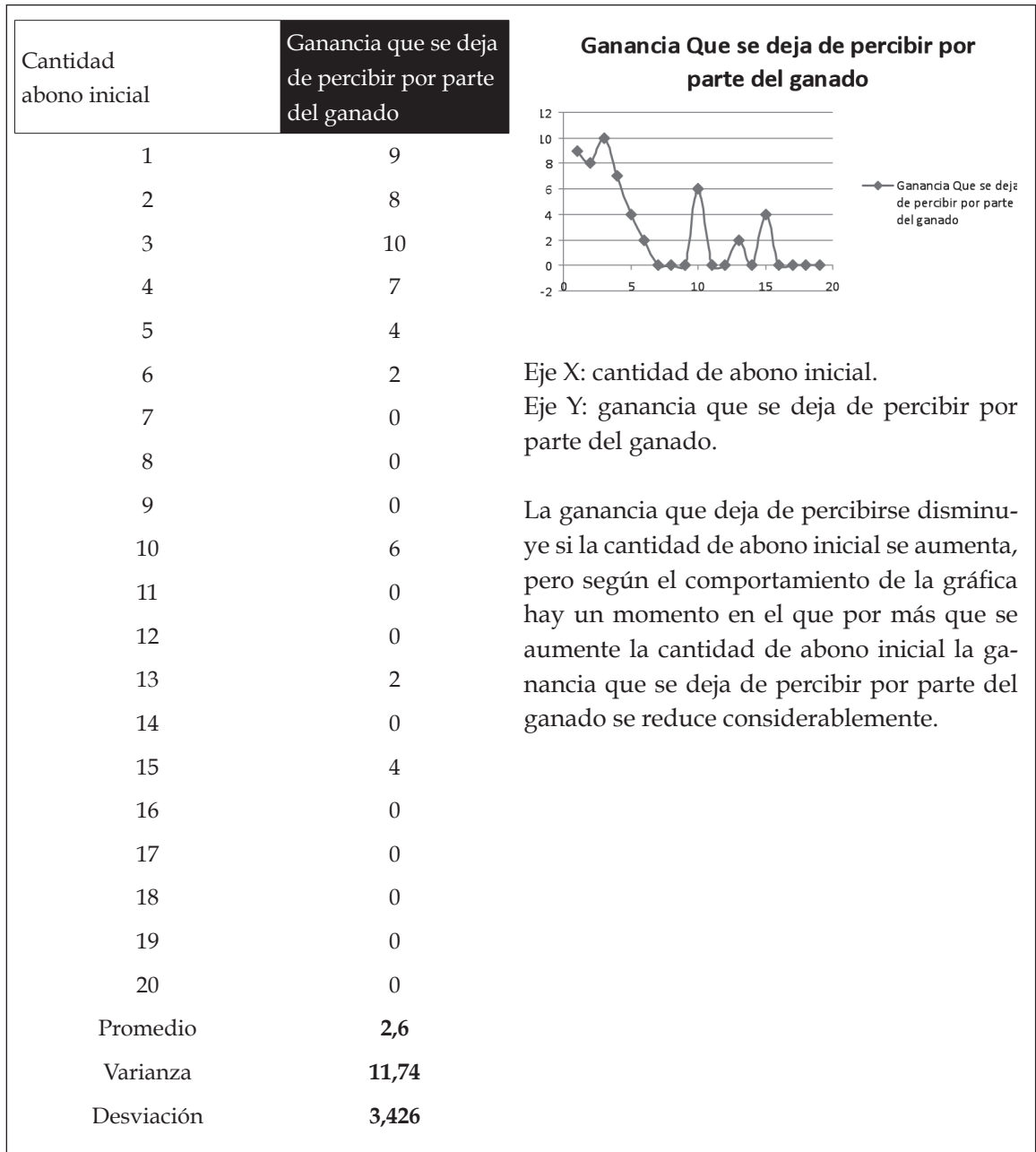


Eje X: cantidad de abono inicial.
Eje Y: ganancia total del sistema en pesos.

Cuando la cantidad de abono supera la cifra igual a 10 el valor mínimo de ganancia del sistema tiende a elevarse. Es natural pensar que esto dependa de variables; no obstante, por la cantidad de las mismas resulta un tanto tedioso realizar cada una de las comparaciones posibles.

Así mismo, al aumentar el abono inicial también aumenta la ganancia total, sin embargo, llega un momento en el que por más que se incremente el abono inicial, la ganancia del sistema no la hará significativamente. Por otra parte, la desviación de 14 no es tan grande en comparación con el promedio; esto hace que los datos tengan un comportamiento uniforme y medianamente modelable por medio de una gráfica con pocos picos y altibajos.

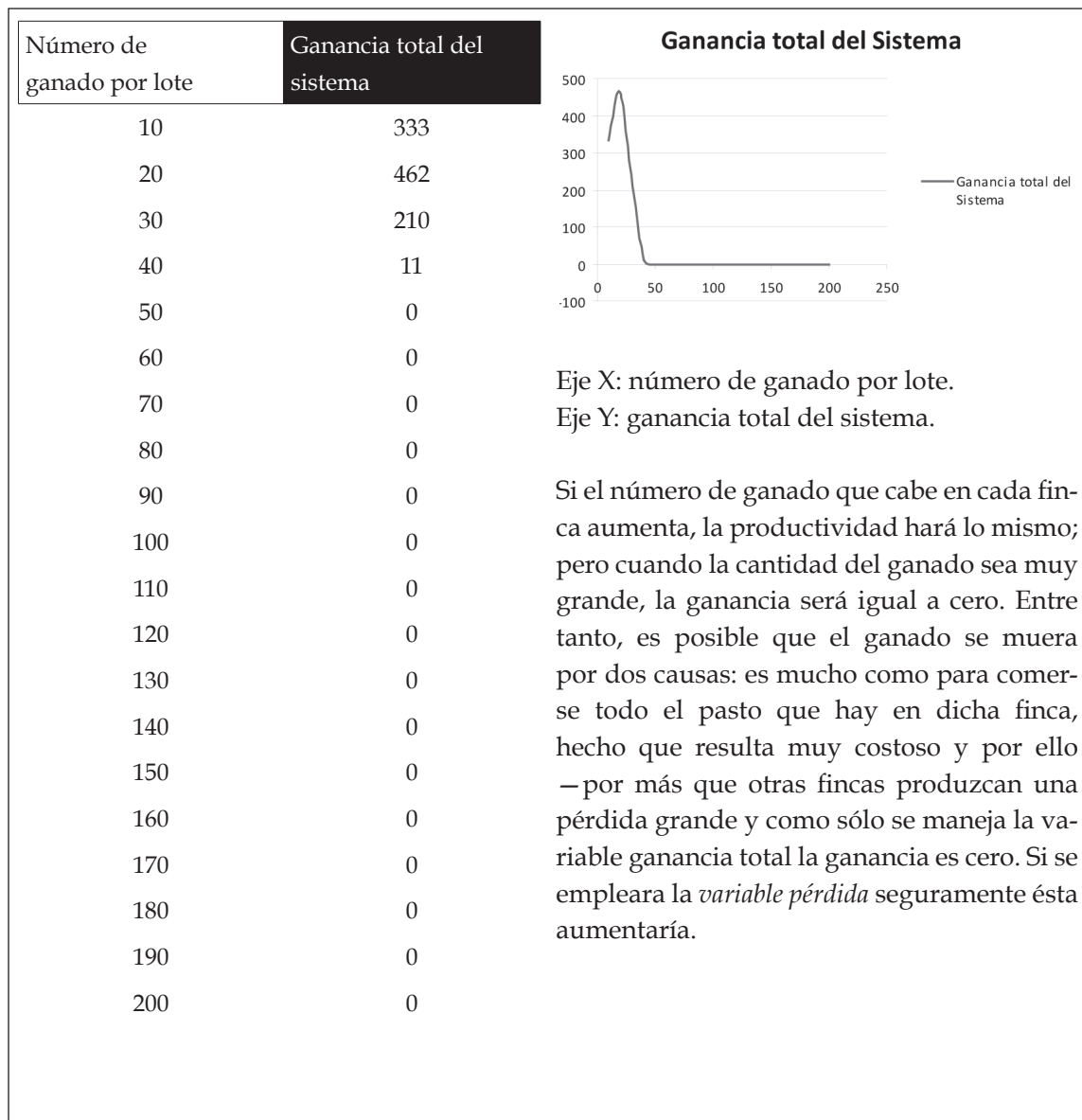
Observando el comportamiento de la cantidad de abono inicial y su impacto con la ganancia que se deja de percibir en el sistema:



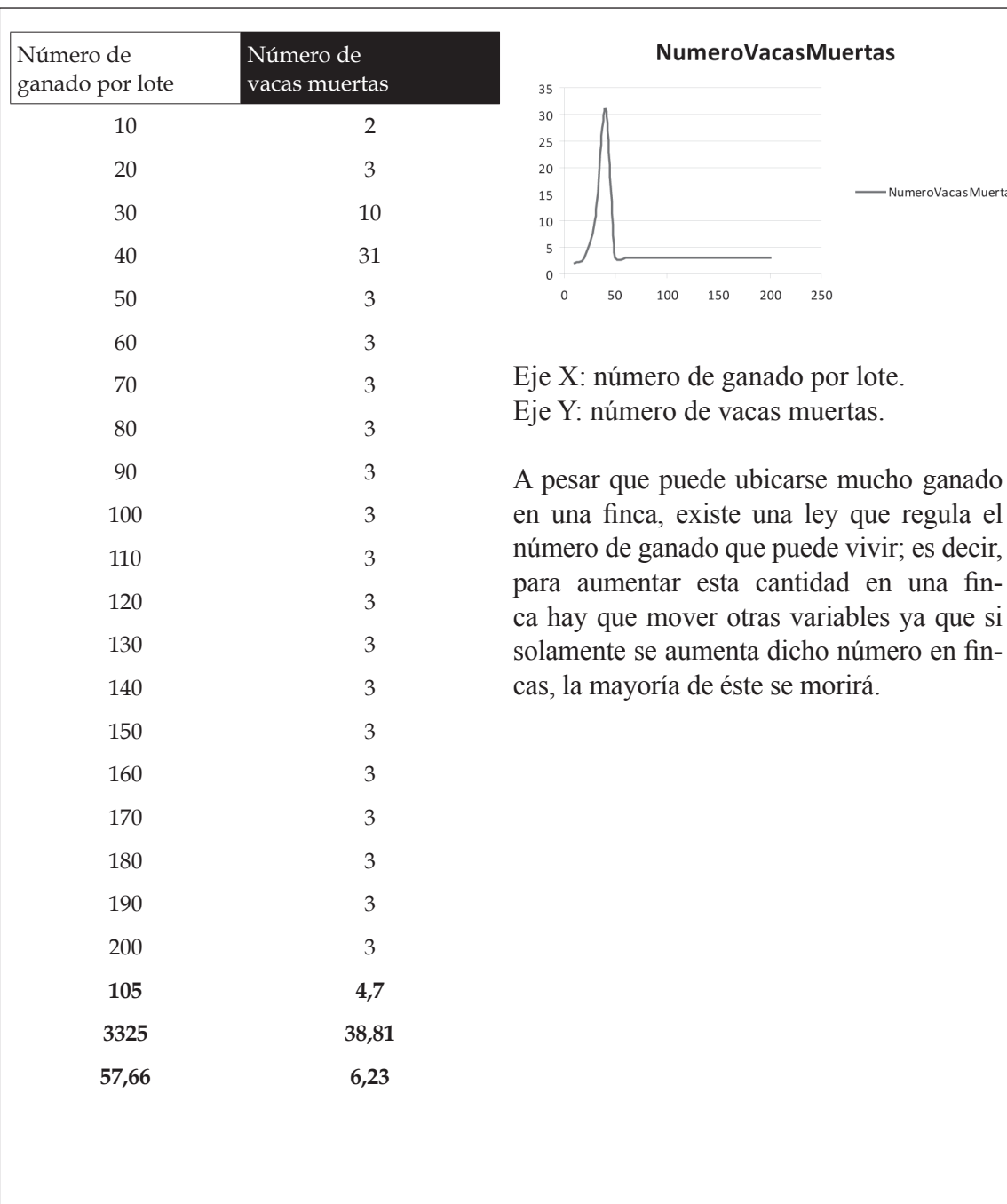
Observando el impacto cuando se varía el número de fincas con ganado respecto a la ganancia total del sistema:



Impacto de variaciones grandes en el número de fincas con ganado sobre la ganancia total del sistema:



Impacto de la variación en el número de ganado por lote con respecto al número de ganado muerto:



Análisis adicionales que pueden llevarse a cabo

El sistema permite parametrizar las siguientes variables independientes:

VARIABLES INDEPENDIENTES	ESTADO DE ANÁLISIS
habilitarEnfermedadesPara Ganado	No Analizada
cantidadAbonoDeberiaTener	Analizada
cantidadAbonoInicial	Analizada
numeroFincasEnBarbecho	No Analizada
numeroFincasConCultivo	No Analizada
numeroFincasConGanado	Analizada
numSegundosSimulacion	No Analizada
aplicarMetaBuscarMejorLote	No Analizada
prevenirMalaAsignacion GandoFinca	No Analizada
cantidadComidaInicial PastoPorLote	No Analizada
numeroComidasSinComer AguantaGanado	No Analizada
rataCrecimientoPastoPorDia	No Analizada
productividadGenerada GanadoPorDia	No Analizada
numeroGanadoPorLote	No Analizada
numeroEnfermedadesDel Sistema	No Analizada

A su vez, permite parametrizar las variables dependientes:

VARIABLE DEPENDIENTE	ESTADO
Ganancia total del sistema	Analizada
Ganancia que deja de percibirse por parte del ganado	Analizada
Número de vacas muertas	Analizada

En consecuencia, es evidente que restan muchos análisis adicionales con el fin de observar su comportamiento, pues de las anteriores variables sólo se evaluaron algunas (en especial las que se encuentran en negrilla).

Problemas que se presentaron en el desarrollo del sistema multiagente

Dado que se concibió el SMA de una manera distinta a la anterior, no se han efectuado la totalidad de los ajustes al software y, por tal motivo, todavía persisten algunos problemas.

Por su parte, otro inconveniente hace referencia a que se tiene en una sólo guarda varios eventos, razón por la cual se implementó un mecanismo de sincronización al acceso. No obstante, resulta de mayor conveniencia que en cada evento se administre en una guarda distinta. Así mismo, imprimir los resultados directamente en las hojas de Excel es una labor sencilla pero por razones de tiempo no pudo realizarse.

Además, puede implementarse un patrón *adapter* para mejorar la identificación de las acciones que a nivel macro cada agente <<ganado>> realiza.

El mecanismo de concurrencia cuando el pasto está creciendo puede perfeccionarse sin importar que, al mismo tiempo, esté siendo accedido por un ganado, pues una de las dos acciones sucede primero. Si se implanta la mejora, el ganado esperará unos segundos para que el pasto crezca y, en seguida, se alimentará (en la vida real el pasto no crece 1 centímetro cada día en forma estándar, no obstante, podría crearse un mecanismo para que ese centímetro se repartiera entre las horas que tiene el día).

Al aumentar el abono inicial aumenta la ganancia total pero llega un momento en el que por más que se aumente el abono inicial la ganancia del sistema no se aumenta significativamente. Obviamente esto sería cierto si se mantuviera el comportamiento de la anterior gráfica. De otra parte la desviación de 14 no es tan grande en comparación con el promedio y esto hace que los datos tengan un comportamiento uniforme y medianamente modelable mediante una gráfica con pocos picos y altibajos

La ganancia que se deja de percibir puede disminuir si se aumenta la cantidad de abono inicial, pero por el comportamiento de la gráfica hay un momento en el que por más que se aumente la cantidad de abono inicial no se puede disminuir mayor cosa la ganancia que se deja de percibir por parte del ganado

En un principio al aumentar el número de lotes aumenta la ganancia total del sistema pero el problema viene a que una vez se tienen una serie de lotes y se sigue aumentando no aumenta mucho la productividad seguramente quiere decir esto que el crecimiento de los lotes debe estar asociado con otra variable. Es probable que dependiendo el número de ganado dado que un lote que no se use por ganado alguno genera también costos si no se usa para nada. El hecho que la varianza sea muy grande nos trae muchas dudas sobre esta gráfica con lo cual muy seguramente estos datos dependen también de otras variables

Conclusiones

La mayor probabilidad de muerte del cultivo se presenta cuando el abono inicial es inferior a 10; pero cuando éste es superior a la misma cifra, el cultivo puede morir dependiendo de otros factores como, por ejemplo, su tiempo de vida o el ataque de las plagas (si su cantidad es suficiente para exterminarlo).

Por otra parte, el tiempo de vida de los cultivos aumenta cuando la cantidad de abono inicial se incrementa y las plagas aumentan su tiempo de vida. Sin embargo, se presenta un inconveniente cuando la cantidad de abono aumentada es descomunal, pues es preferible comprar un plaguicida a invertir mucho dinero en abono.

Al aumentar el abono inicial aumenta la ganancia total pero llega un momento en el que por mas que se aumente el abono inicial la ganancia del sistema no se aumenta significativamente. Obviamente esto sería cierto si se mantuviera el comportamiento de la anterior gráfica. De otra parte la desviación de 14 no es tan grande en comparación con el promedio y esto hace que los datos tengan un comportamiento uniforme y medianamente modelable mediante una gráfica con pocos picos y altibajos.

La ganancia que se deja de percibir puede disminuir si se aumenta la cantidad de abono inicial, pero por el comportamiento de la gráfica hay un momento en el que por mas que se aumente la cantidad de abono inicial no se puede disminuir mayor cosa la ganancia que se deja de percibir por parte del ganado.

Al aumentar el numero de lotes aumenta la ganancia total del sistema pero el problema viene a que una vez se tienen una seria de lotes y se sigue aumentando no aumenta mucho la productividad seguramente quiere decir esto que el crecimiento de los lotes debe estar asociado con otra variable. Es probable que dependiendo el numero de ganado dado que un lote que no se use por ganado alguno genera también costos si no se usa para nada. El hecho que la varianza sea muy grande nos trae muchas dudas sobre esta grafica con lo cual muy seguramente estos datos dependen también de otras variables.

Aumentar el número de ganado que cabe en cada finca aumenta la productividad pero cuando el ganado es demasiado lo que hace es volver cero la ganancia muy seguramente el ganado se muere tanto porque es mucho como para comerse el pasto que hay en dicha finca y se muere mucho ganado cosa que es muy costosa y por ello por mas que otras fincas produzcan la pérdida es grande y como solo se maneja la variable ganancia total se ve que ganancia es cero si se manejara pérdida seguramente esta aumentaría

Perspectivas futuras y aspectos por mejorar

Las principales mejoras que pueden aplicársele al sistema son:

- El mecanismo de cooperación es un tanto ortodoxo porque cada ganado tiene una variable que aumenta continuamente cada vez que soporta hambre o cuando sólo hay comida para un grupo. El problema, simplemente, se resuelve observando el grupo con mayor valor en esta variable. No obstante, si ambos cuentan con la misma cantidad, se elegirá aleatoriamente el que deba comer.

Aspectos por mejorar en la negociación

Si dos grupos de ganado están soportando hambre, el alimento puede ser compartido siempre y cuando estén lejos de morir (aguantarán otros días sin comer). Entonces, debe implementarse una función que calcule el grado de nutrición en el ganado, pues el SMA tiene la siguiente limitación: <<en una comida el ganado come lo que debe comer o no come nada>>, lo que genera que el SMA haga que las vacas se mueran mas rápido.

Referencias

1. Aerts J.M., (2004. 8 al 10 de marzo), "Development Of Virtual Animals For Climate Control Design, in '5th IFAC Workshop On Artificial In-telligence In Agriculture", El Cairo, Egipto.
2. Barreteau, O. *et al.* (2004), "Suitability of Multi Agent Simulations to study irrigated system viability: application to case studies in the Senegal River Valley", en *Agricultural Systems*, vol. 80, núm. 3, pp. 225-275.
3. Bielza, C.; *et al.* (2003), "Logistic Regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 39, núm. 2, pp. 95-113.
4. Chen, C.R. y Ramaswamy, H.S. (2002), "Modeling and Optimization of variable retort temperature (VRT) thermal processing using coupled neural networks and genetic algorithms", en *Journal of Food Engineering*, vol. 53, núm. 3, pp. 209-220.
5. Chen, Y.; Chao, K. y Kim, M.S. (2002), "Machine vision technology for agricultural applications", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 36, núm. 2, pp. 173-191.
6. Deniz Yilmaz, I.A. (2004, 8 al 10 de marzo), "Kbs-selection of universal joint used in agricultural machinery, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture", El Cairo, Egipto.
7. Erenturk, K.; Erenturk, S. y Tabil, L.G. (2004), "A comparative Study for the estimation of dynamical drying behavior of *Echi-nacea angustifolia*: regression analysis and neural network", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 45, núm. 3, pp. 71-90.

8. Farkas I., F.L. (2004, 8 al 10 de marzo), "Machine Vision System For Water Shortage Indication Of Tomato Plants Using Local Orientation, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture", El Cairo, Egipto.
9. Farkas, I. (2003), "Artificial Intelligence in Agriculture", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 40, núm. 3, pp. 1-3.
10. Sa, Li, X.F. (2004, 8 al 10 de marzo), "Multi Agent Based Cellular Automata Model Of Agroecosystem, in 5th IFAC Workshop in Artificial Intelligence In Agriculture", El Cairo, Egipto.
11. Aitkenhead, M.J. *et al.* (2003), "Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 39, núm. 3, pp. 157-171.
12. Goel, P.K. *et al.* (2003), "Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn", en *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 39, núm. 2, pp. 67-93.
13. Atri, A. (2004, 8 al 10 de marzo), "Expert System For Weed Management Of Wheat Fields In Iran, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture", El Cairo, Egipto.
14. Altieri, M. (2000), "Agroecology: principles and strategies for designing sustainable farming systems" en *Agroecology in action*, vol. núm., pp.
15. Altieri, M. (1995). "Agroecología: creando sinergias para una agricultura sostenible", en *Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales*, cuaderno 1, pp. 1-62.
16. Etienne, M. (2003), "Sylvopast: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning", en *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, núm. 2.
17. Etienne, M.; Le Page, C. y Cohen, M. (2003), "A Step-by-step Approach to Building Land Management Scenarios Based on Multiple Viewpoints on Multi-agent System Simulations", en *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 6, núm. 2.
18. Valdés, L. (2003), "La sostenibilidad biofísica de los agroecosistemas: componente básico del desarrollo local" en *Interações: Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, vol. 4, núm. 6, pp. 67-76.