



**Universitat**  
de les Illes Balears

**TESIS DOCTORAL**  
**2021**

**ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA  
APROPIACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
PARA EL APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES  
(DSS), SOPORTADA EN DINÁMICA DE  
SISTEMAS (DS) Y VIDEOJUEGOS. CASO DE  
ESTUDIO: ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS  
PRODUCTIVOS AGROINDUSTRIALES BOVINOS**

**Urbano Eliécer Gómez Prada**



**Universitat**  
de les Illes Balears

**TESIS DOCTORAL**  
**2021**

**Programa de Doctorado en Tecnología Educativa**

**ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA  
APROPIACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
PARA EL APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES  
(DSS), SOPORTADA EN DINÁMICA DE  
SISTEMAS (DS) Y VIDEOJUEGOS. CASO DE  
ESTUDIO: ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS  
PRODUCTIVOS AGROINDUSTRIALES BOVINOS**

**Urbano Eliécer Gómez Prada**

**Director: Jesús María Salinas Ibáñez, PhD**

**Directora: Martha Lucía Orellana Hernández, PhD**

**Tutor: Jesús María Salinas Ibáñez, PhD**

**Doctor por la Universitat de les Illes Balears**

**Tesis presentada para el Programa de Doctorado en Tecnología  
Educativa**

**Título:**

**ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA APROPIACIÓN DE  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA EL APOYO EN LA TOMA  
DE DECISIONES (DSS), SOPORTADA EN DINÁMICA DE  
SISTEMAS (DS) Y VIDEOJUEGOS. CASO DE ESTUDIO:  
ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS  
AGROINDUSTRIALES BOVINOS**

**Autor:** Urbano Eliécer Gómez Prada  
Pasaporte: AS553809

**Por apoderamiento, Inmaculada C. Fiol Duran**

**Director:** Jesús María Salinas Ibáñez, PhD

**Directora:** Martha Lucía Orellana Hernández, PhD  
Pasaporte: AR822135

**Por apoderamiento, Inmaculada C. Fiol Duran**

**Tutor:** Jesús María Salinas Ibáñez, PhD

**A Sarita, a Samuelito y a Jacke...**

*por ser el motor, mi energía y por aconsejarme y motivarme a terminar esta tesis, los amo mucho...*

**A María Rosa Prada Serrano y a Eliécer Gómez Gómez...**

*quienes me formaron en el amor, me apoyan siempre y me enseñaron el valor de servir, los amo mucho...*

**A Adriana María, a Rosa Lili y a Roberto...**

*por ser tan buenos hermanos y apoyarme en todo momento, los amo mucho...*

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la **Dra. Martha Lucía Orellana Hernández** y al **Dr. Jesús María Salinas Ibáñez** quienes con sus consejos y aportes me orientaron para culminar este trabajo, sin ellos esta tesis no se podría haber realizado.*

*A los expertos del seminario interuniversitario de investigación en Tecnología Educativa (SIITE) del 2019 y 2020 que con sus asesoramientos y orientaciones me ayudaron a ir mejorando la tesis.*

*A mis compañeros de trabajo en la Universidad Pontificia Bolivariana que me animaron constantemente a terminar la tesis.*

*A mis jefes directos en la UPB quienes me apoyaron dando los permisos necesarios para asistir a congresos y seminarios y me apoyaron con la comisión de estudios.*

*A Victoria Marín Juarros, Hugo Andrade Sosa y José Daniel Cabrera quienes muy amablemente evaluaron los instrumentos que se definieron para la caracterización de los ganaderos y sus fincas, y para la evaluación de las herramientas y la estrategia propuesta.*

*Por último, mi agradecimiento a aquellos familiares, profesores, alumnos y ganaderos que participaron directamente o indirectamente en el desarrollo de esta tesis.*

**Gracias...**

## TESIS COMO COMPENDIO DE PUBLICACIONES

La modalidad de presentación de esta tesis doctoral es el compendio de artículos de investigación y para el caso del plan de estudios del Doctorado en Tecnología Educativa de la Universitat de les Illes Balears se exige como mínimo tres artículos publicados, o bien aceptados para su publicación, en revistas científicas del Grupo A o Grupo de Excelencia según la clasificación del CIRC, o en revistas del JCR, SCOPUS o ERIH.

El listado de las publicaciones que constituyen el núcleo central de la tesis con sus indicios de calidad es presentado a continuación.

**Artículo I:** Apropiación de sistemas de información para toma de decisiones de productores agroindustriales basada en videojuegos serios o Dinámica de Sistemas - Una Revisión, (2019), *Información Tecnológica*. 30(5), 331-340, doi: 10.4067/S0718-07642019000500331

Scimago Journal Rank (SJR. SCOPUS)  
Factor de impacto: SJR = 0.232 (Q2) para el año 2019  
Cite Score 2019 = 0.9 – Cite Score Tracker 2019 = 0.641  
SNIP 2019 = 0.52

**Artículo II:** Systems Dynamics and Serious video games in an Appropriation Strategy of a Decision support system for small livestock farmers. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (2020)*. *Intern. Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 14(15), 4-24, doi: 10.3991/ijim.v14i15.14597.

Scimago Journal Rank (SJR. SCOPUS)  
Factor de impacto: SJR 2019 = 0.313 (Q3)  
Cite Score 2019 = 2.3 – Cite Score Tracker 2019 = 0.54  
SNIP 2019 = 1.062

**Artículo III:** Strategy for the appropriation of a DSS in small bovine producers using simulation and a serious video game, *Information*, 11(12), 566, doi: 10.3390/info11120566

Scimago Journal Rank (SJR. SCOPUS)  
Factor de impacto: SJR 2019 = 0.353 (Q3)  
Cite Score 2019 = 2.4 – Cite Score Tracker 2019 = 0.58  
SNIP 2019 = 0.929

Además, las ponencias son:

1. Videojuegos serios para la apropiación de sistemas de información de apoyo en la toma de decisiones. Caso: Agroindustria bovina, Primer Congreso internacional de Tecnología Educativa, Colombia, 2018.

2. Integración de modelos de simulación y videojuegos serios para la toma de decisiones en la agroindustria, Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial, Costa Rica, 2018.
3. Apropiación de TI para la toma de decisiones de pequeños productores bovinos - diagnóstico de ganaderos beneficiarios, XXII Congreso Internacional EDUTEC, Perú, 2019.
4. Promoviendo la asociatividad en pequeños productores bovinos mediante la generación de escenarios en un videojuego serio basado en Dinámica de Sistemas, XVIII Congreso Latinoamérica de Dinámica de Sistemas, Colombia, 2020.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	13
RESUM .....	14
SUMMARY .....	15
1 INTRODUCCIÓN .....	16
1.1 Presentación del compendio de publicaciones .....	19
1.2 Herramientas TIC para la apropiación .....	20
1.3 Estrategia de apropiación de TIC con videojuegos y simulación .....	21
2 OBJETIVOS .....	23
2.1 Objetivo General .....	23
2.2 Objetivos Específicos .....	23
3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	24
3.1 Participantes .....	24
3.2 Instrumentos de recolección de datos .....	24
3.3 Fases de la Investigación .....	25
3.4 Análisis de Datos .....	26
3.5 Cronograma de la Investigación .....	26
4 RESULTADOS: COMPENDIO DE PUBLICACIONES .....	28
4.1. Artículo I - Revisión sistemática de la literatura .....	28
4.2. Artículo II - Herramientas tecnológicas .....	29
4.3. Artículo III - Estrategia Metodológica propuesta .....	30
4.4. Ponencia I - Congreso de Tecnología Educativa - CITIE .....	31
4.5. Ponencia II - Congreso de Ingeniería Agroindustrial - CIIA .....	31
4.6. Ponencia III - Congreso de Tecnología Educativa - EDUTEC .....	31
4.7. Ponencia IV - Encuentro Latinoamericano de DS - CLADS .....	32
5 DISCUSIÓN .....	33
6 LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES .....	36
6.1 Limitaciones de la Estrategia .....	36
6.2 Recomendaciones para la aplicación de la estrategia .....	36
6.3 Recomendaciones para las herramientas TIC .....	38
7 CONCLUSIONES .....	41
8 REFERENCIAS .....	43
9 ANEXOS .....	53



9.1	Modelo de Simulación .....	53
9.2	Videojuego Serio.....	57
9.3	Sistema de Información para la toma de decisiones (DSS).....	59
9.3.1	Gestión de Parámetros y animales .....	60
9.3.2	Gestionar Eventos o Novedades.....	61
9.3.3	Hacer seguimiento .....	62
9.3.4	DSS para Android.....	63
9.3.5	Plan de Pruebas del DSS .....	65
9.3.6	Base de datos del DSS .....	67
9.4	Definición del Estudio de Caso.....	69
9.5	Instrumentos para la toma de datos .....	70
9.5.1	Instrumento de Caracterización .....	70
9.5.2	Instrumento de Aceptación .....	75
9.5.3	Instrumento de Deserción .....	79
9.6	Invitaciones a los participantes.....	81
9.7	Consentimiento Informado .....	82
9.8	Artículos II y III en castellano .....	84
9.8.1	Artículo II en castellano.....	84
9.8.2	Artículo III en castellano.....	98

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de las publicaciones con los objetivos .....	20
Tabla 2. Fases de la Investigación.....	25
Tabla 3. Cronograma de la Investigación .....	27
Tabla 4. Ficha del artículo en Información Tecnológica.....	28
Tabla 5. Ficha del artículo de las Herramientas tecnológicas.....	29
Tabla 6. Ficha del artículo de la Estrategia Metodológica propuesta.....	30
Tabla 7. Ficha para la ponencia de CITIE .....	31
Tabla 8. Ficha para la ponencia de CIIA .....	31
Tabla 9. Ficha de la ponencia para EDUTEC.....	31
Tabla 10. Ficha de la ponencia para el CLADS.....	32
Tabla 11. Resumen de resultados obtenidos .....	42
Tabla 12. Listado de variables y ecuaciones del modelo de simulación .....	54
Tabla 13. DSS - Resumen de las funcionalidades del DSS.....	59
Tabla 14. DSS - Plan de Prueba para registrar animal por compra.....	65
Tabla 15. DSS - Plan de Prueba para registrar parto .....	66
Tabla 16. Operacionalización del Instrumento de Caracterización .....	71
Tabla 17. Operacionalización del Instrumento de Aceptación .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la situación y de la intervención .....	18
Figura 2. Esquema general de las fases de la estrategia propuesta .....	21
Figura 3. Línea de tiempo de la aplicación de la estrategia .....	37
Figura 4. Resultados de evaluación de funcionalidades y características .....	39
Figura 5. Modelo - Comportamiento de los animales .....	53
Figura 6. Modelo - Comportamiento del Dinero, Ingresos y Egresos.....	53
Figura 7. DSS - Diagrama de Casos de uso .....	60
Figura 8. DSS - Menú .....	60
Figura 9. DSS - Informe de Animales .....	61
Figura 10. DSS - Gestión de Animales.....	62
Figura 11. DSS - Gestión de Eventos o Novedades.....	62
Figura 12. DSS - Gestión de Partos .....	62
Figura 13. DSS - Diagrama de Casos de Uso para la aplicación móvil .....	64
Figura 14. DSS - Diagrama de Actividades de la sincronización en el móvil ...	64
Figura 15. DSS - Diagrama de sincronización de eventos en el servidor .....	65
Figura 16. DSS - Estructura de la base de datos .....	67
Figura 17. DSS - Scripts de migración del XML según la base de datos .....	68
Figura 18. Ubicación de las Comunidades – Vista Relieve y Vista normal .....	69
Figura 19. Ejemplo de la Ficha de Validación del Instrumento .....	70



## RESUMEN

En la gestión de pequeños sistemas de producción bovina, los ganaderos toman decisiones basados en la experiencia sin el apoyo de tecnologías de la información y comunicación (TIC) debido a la baja adopción que se presenta.

Esta tesis doctoral propone una estrategia metodológica para la apropiación de un sistema de información para la toma de decisiones (DSS por su siglas del inglés: *Decision Support System*). La estrategia es guiada por sesiones de formación soportadas en la representación de conocimiento no formal que brinda un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas y en elementos de gamificación que otorga un videojuego serio. Las tres herramientas TIC, es decir: el modelo, el videojuego y el DSS, fueron desarrollados por el autor de la tesis.

La estrategia metodológica se aplicó en cinco comunidades del departamento de Santander en Colombia y la validación de las herramientas TIC fue hecha por los ganaderos. Estas herramientas ofrecen las siguientes cualidades:

1. El modelo de simulación representa la estructura de la finca y de este se obtienen las ecuaciones en tiempo discreto, que son usadas para definir las mecánicas del videojuego y para generar informes y pronósticos en el DSS.
2. El videojuego serio migra datos al DSS para consultar resultados de las partidas. Esto, junto a la interacción con el modelo de simulación, da confianza a los ganaderos y ayuda a que hagan el uso del DSS de manera autónoma, ya que, simular la administración de la finca permite que los ganaderos observen los ciclos de realimentación, y se facilite el proceso de formación.
3. El DSS permite hacer seguimiento a las decisiones tomadas en el videojuego. El hecho de que esas decisiones sean parecidas a las de una finca real, muestra al ganadero beneficios de usar el DSS para la gestión de su finca.

Este documento presenta:

1. La introducción a la estrategia metodológica para la apropiación.
2. Los objetivos de la tesis.
3. La metodología de investigación.
4. El compendio de publicaciones, es decir, los tres artículos publicados y las cuatro ponencias presentadas.
5. La discusión de resultados (adicional a la presentada en los artículos).
6. Las limitaciones y prospectivas.
7. Las conclusiones.
8. Las fuentes de información.
9. Los anexos: resumen de las tres herramientas TIC, definición del estudio de caso, descripción de instrumentos, invitación de participación a los ganaderos, consentimiento informado y los artículos II y III en castellano.

La estrategia propuesta aporta un componente lúdico pedagógico que acercó la tecnología a los ganaderos, ha tenido 23 de meses de uso autónomo con un 34% de apropiación.

## RESUM

En la gestió de petits sistemes de producció bovina, els agricultors prenen decisions basades en l'experiència sense el suport de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) a causa de la baixa adopció.

Aquesta tesi doctoral proposa una estratègia metodològica per a l'apropiació d'un sistema de suport a la decisió (DSS). L'estratègia es guia mitjançant sessions de formació recolzades en la representació del coneixement que aporta un model de simulació en Dinàmica de sistemes i els elements de gamificació que proporciona un videojoc seriós. Les tres eines TIC, és a dir: el model, el videojoc i el DSS, van ser proposades per l'autor d'aquesta tesi.

L'estratègia metodològica es va aplicar a cinc comunitats de ramaders del departament de Santander a Colòmbia, i la validació es va fer amb la seva participació. Les eines TIC ofereixen les següents qualitats:

1. El model de simulació representa l'estructura de la finca i d'aquest s'obtenen les equacions, que són utilitzades per a definir les mecàniques del videojoc, i per generar informes i pronòstics en el DSS.
2. El videojoc seriós migra les dades al DSS per consultar els resultats dels jocs. Això, juntament amb la interacció amb el model de simulació, dóna confiança i ajuda al fet que els ramaders facin ús del DSS de manera autònoma, ja que, simular l'administració de la finca permet que els ramaders apreïïn els cicles de realimentació, i es faciliti el procés de formació.
3. El DSS permet controlar les decisions preses al videojoc. El fet que aquestes decisions siguin similars a les d'una finca real, mostra al ramader bondats d'utilitzar el DSS per a la gestió de la seva finca.

Aquest document presenta:

1. Introducció a l'estratègia metodològica d'apropiació
2. Els objectius de la tesi
3. La metodologia de recerca
4. El compendi de publicacions (tres articles i quatre presentacions)
5. La discussió dels resultats (addicional a la presentada als articles).
6. Les limitacions i perspectives
7. Les conclusions
8. Les fonts d'informació
9. Els annexos: definició del cas pràctic, descripció dels instruments, resum de les tres TIC, invitació als participants, consentiment informat i els articles II i III en castellà.

L'estratègia proposada proporciona un component lúdic pedagògic que va apropar la tecnologia als ramaders, ha tingut 22 mesos d'ús autònom, obtenint una apropiació del 34%.

## SUMMARY

In the management of small bovine production systems, farmers make decisions based on experience without the support of information and communication technologies (ICT) due to the low adoption.

This doctoral thesis proposes a methodological strategy for the appropriation of a decision support system (DSS). This strategy is guided by training sessions supported by the representation of knowledge of a simulation model in System Dynamics and the elements of gamification that a serious video game provides. The three ICT tools, that is: the model, the video game and the DSS were proposed by the author of this thesis.

The methodological strategy was applied in five communities in the department of Santander in Colombia and the validation was done with the participation of farmers. ICT tools offer the following qualities:

1. The model had the participation of real farmers and its equations were used to define the mechanics of the video game in order to generate reports and forecasts in the DSS
2. The serious video game migrates data to the DSS to consult the results of the games, This, next to interaction with the simulation model, gives confidence and helps make the use of the DSS autonomously, since, simulating the administration allows farmers to appreciate feedback cycles, and facilitates the training process.
3. The DSS allows to monitor the decisions made in the video game. The fact that these decisions are similar to those of a real farm, shows farmers benefits of using the DSS for the management of their farms.

This document presents:

1. The Introduction to the methodological strategy for appropriation.
2. The objectives of the thesis.
3. The research methodology.
4. The compendium of publications (three articles and four presentations).
5. The discussion of the results (additional to that presented in the articles).
6. The limitations and prospects.
7. The conclusions.
8. The sources of information.
9. The annexes: summary of the three ICT, definition of the case study, description of the instruments, invitation to the participants, informed consent and the articles II and III in Spanish.

The proposed strategy provides a pedagogical playful component that brought technology closer to farmers, this has had 22 months of autonomous use obtaining a 34% appropriation.

## 1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) requiere que las experiencias de formación sean más dinámicas y brinden la posibilidad de participar en simulaciones. En las simulaciones se aprovecha el hecho de que el ser humano se forma un modelo mental del sistema simulado para tomar decisiones (Schaffernicht, Mayer, & Van Daalen, 2014) y, que con cada simulación realizada, se adquiere más conciencia de las interconexiones entre los elementos que componen el sistema.

La estrategia metodológica para la apropiación propuesta en esta tesis está dirigida a pequeños productores bovinos que en Colombia se definen como aquellos ganaderos que tienen como máximo 25 animales y sus ingresos son cercanos a los 9.000 dólares por año (Fedegan, 2015).

La administración de los sistemas productivos necesita un liderazgo enfocado en el acierto para tomar decisiones, aciertos que son difíciles de lograr si se ignora la complejidad dinámica del sistema, los datos previos de los procesos y la incertidumbre (Morin, 2000) debido a que ignorar cualquiera de estos elementos debilita las estrategias que orientan la organización, en este caso, la finca.

En el caso de la estrategia metodológica de esta tesis se busca generar apropiación de TIC con sesiones de formación apoyadas en gamificación. En las sesiones de formación, se utiliza un modelo de simulación que es validado por los ganaderos y que es usado junto a un videojuego serio y un sistema de información para la toma de decisiones (DSS por sus siglas del inglés: *Decision Support System*).

Las tres herramientas TIC están alineadas entre sí, es decir:

1. Las mecánicas del videojuego serio siguen lineamientos que da el modelo de simulación.
2. Los resultados de las partidas llevadas a cabo en el videojuego, en donde se administra un sistema productivo simulado, se pueden consultar en el DSS.
3. El mismo DSS es usado para la gestión de los procesos del sistema productivo simulado y sistema productivo real. Para la gestión de sistema productivo real, genera pronósticos soportados en lineamientos del modelo.

Los sistemas que administran los productores bovinos son una organización cuyas utilidades se deben a la gestión de animales bovinos que producen carne y leche. En la producción se requiere el control de los elementos demográficos, biofísicos, productivos y financieros que lo componen (Gómez, Andrade, & Vásquez, 2015).

El interés del autor parte por su deseo de

1. Mejorar la comprensión de la complejidad del sistema productivo.
2. Aportar en el cierre de la brecha de TIC en el sector agrario de Colombia, la cual ha venido aumentando el porcentaje de desvinculación a sus sistemas de



los agricultores (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2013) afectando la economía del estado.

3. Mostrar que la Dinámica de Sistemas puede ser un elemento de apoyo para el desarrollo de software, como lo menciona Jaime (2012).

En cuanto a la intención de apoyar decisiones con sistemas de información para disminuir la incertidumbre, la estrategia metodológica de apropiación coincide con autores como Walmsley & Oddy (2018), Sierra-Suárez (2017) y Whittenbury & Davidson (2009) quienes manifiestan la importancia de hacerlo.

La estrategia es un elemento que aporta a los propuestos por Antonopoulou et al. (2010) y Ponnusamy et al. (2016) en cuanto a que se debe buscar la apropiación de sistemas de información que mitiguen la incertidumbre en la toma de decisiones aprovechando que las TIC permiten a los usuarios, y en este caso a los ganaderos, contar con información necesaria en la gestión de la producción.

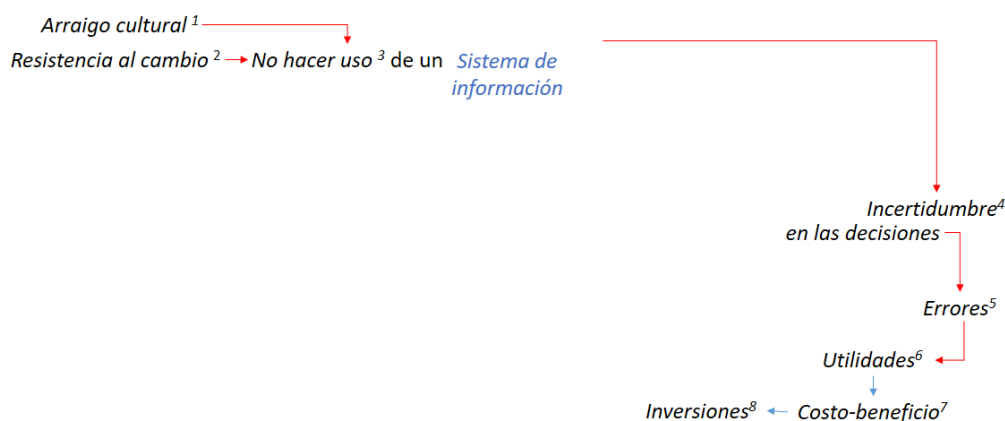
En la Figura 1 es resumida una explicación de la estrategia, la cual es presentada en dos momentos marcados como a y b que corresponden respectivamente con la descripción de la situación y la descripción de la intervención. Se debe tener en cuenta que las palabras que se encuentran en la figura son mencionadas en la descripción con letra en cursiva y están enumeradas con superíndices. La explicación de los dos momentos es la siguiente:

- a. Descripción de la situación: Representa la problemática en la administración de los pequeños sistemas de producción bovino (figura 1 – a):
  1. El *arraigo cultural*<sup>1</sup> y la *resistencia al cambio*<sup>2</sup> generan un bajo *uso de los sistemas de información*<sup>3</sup>.
  2. *Los sistemas de información*<sup>3</sup> son necesarios en los procesos productivos como los de una finca para mitigar la *incertidumbre en las decisiones*<sup>4</sup>.
  3. La *incertidumbre en las decisiones*<sup>4</sup> genera *errores*<sup>5</sup>, disminuye las *utilidades*<sup>6</sup>, la relación *costo-beneficio*<sup>7</sup> y por ende las *inversiones*<sup>8</sup>.
- b. Descripción de la intervención: Para mostrar la forma en que interviene la estrategia propuesta, a la figura 1a se agregaron elementos que muestran la forma de buscar la apropiación del DSS y los beneficios que tendría. Para que la intervención logre apropiación, el autor debe identificar las necesidades de los usuarios y comprender el sistema productivo para desarrollar las herramientas TIC. Tras desarrollar las herramientas se realizan sesiones de formación que buscan (figura 1 – b):
  1. Apoyar la *construcción del modelo de simulación*<sup>a</sup> en un ambiente colaborativo que aporta en el desarrollo de un videojuego serio y genera *conciencia sobre la complejidad del sistema*<sup>b</sup>.
  2. *Construir un videojuego serio*<sup>c</sup> que simule la producción y las decisiones de una finca y en el cual se propongan partidas con las que se muestre el gran volumen de datos que los ganaderos deben tener en cuenta al momento de tomar decisiones.

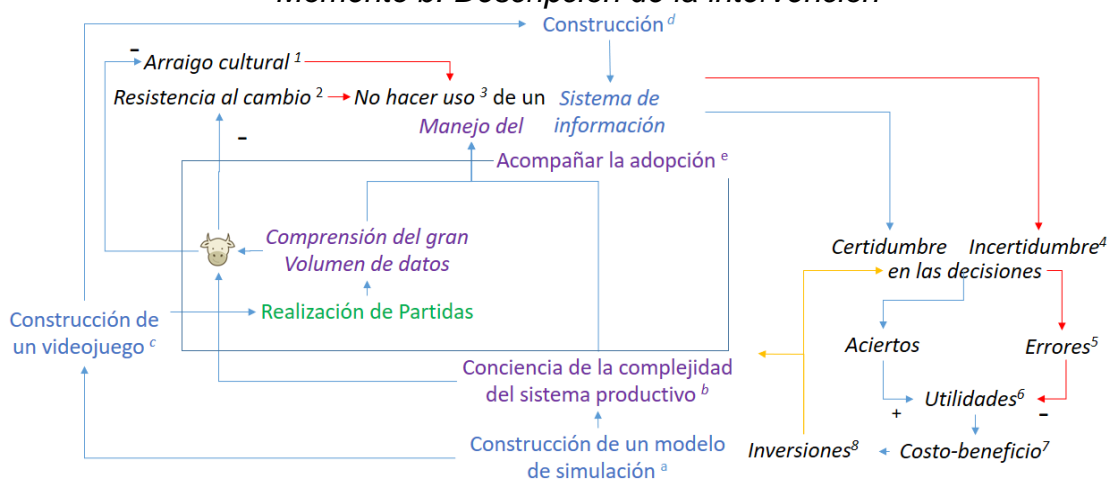
3. *Construir el sistema de información*<sup>d</sup> (que permite gestionar fincas simuladas en el videojuego y las fincas reales de los ganaderos) en el que los ganaderos consultan las decisiones de cada partida en el DSS, algo que coincide con Fernandes & Da Silva (2000) con respecto a lo necesarios que son los DSS en el sector rural.
4. *Acompañar la adopción*<sup>e</sup> del DSS para el manejo del sistema de información de tal manera que genere un uso autónomo y por tanto haya apropiación.

Figura 1. Representación de la situación y de la intervención

### Momento a. Descripción de la situación



### Momento b. Descripción de la intervención



El aporte a la apropiación del DSS que hace la estrategia se puede evidenciar con los resultados obtenidos, es decir, que veintidós meses después de finalizar la fase de formación, el 34% de los ganaderos sigue usando autónomamente el DSS. Para conocer mejor los resultados de esta tesis doctoral, a continuación es presentado un resumen del compendio de las publicaciones y orientaciones sobre la explicación de las herramientas TIC y de la estrategia de apropiación propuesta.

## 1.1 Compendio de publicaciones

Las publicaciones que hacen parte de esta tesis doctoral se generaron a partir de la aprobación del plan de tesis por parte de la Comisión Académica del Doctorado en Tecnología Educativa y de la Escuela de Doctorado de la UIB.

Los artículos ya están publicados y las cuatro ponencias ya fueron presentadas, dos en el campo de la Tecnología Educativa, una en el campo de la Ingeniería Agroindustrial y otra en Dinámica de Sistemas. La elaboración de las publicaciones es evidencia del cumplimiento del objetivo general y los específicos en cuanto a las características de la estrategia metodológica propuesta para la apropiación del DSS en pequeños productores bovinos.

Además del desarrollo de las tres herramientas TIC (modelo de simulación con Dinámica de Sistemas, videojuego serio y DSS), se elaboraron las siguientes publicaciones:

- El artículo I: *“Apropiación de sistemas de información para toma de decisiones de productores agroindustriales basada en videojuegos serios o Dinámica de Sistemas. Una Revisión”* es una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos *Scopus* y *Web of Science*. El propósito del artículo fue mostrar el nivel de utilización del modelado con Dinámica de Sistemas y de los videojuegos serios en la agroindustria, y mostrar la forma en que estos elementos apoyan estrategias de formalización de conocimiento o generan apropiación de Sistemas de información o de DSS en los productores.
- La ponencia I: *“Videojuegos serios para la apropiación de sistemas de información de apoyo en la toma de decisiones. Caso: Agroindustria bovina”* es la presentación inicial que se da del DSS en la cual se hizo énfasis en los informes que permiten consultar los resultados de las partidas, los cuales en su mayoría se usan para conocer la productividad de la finca. También se hace énfasis en que las partidas del videojuego y la posibilidad de hacer consultas de los resultados, son un puente para lograr la apropiación de TIC.
- La ponencia II: *“Integración de modelos de simulación y videojuegos serios para la toma de decisiones en la agroindustria”*, presenta la primera aproximación de la alineación que ofrecen las ecuaciones del modelo de simulación con las demás herramientas y de la forma en que las ecuaciones en diferencias finitas se integran en el videojuego serio y en los pronósticos del DSS.
- La ponencia III: *“Apropiación de TI para la toma de decisiones de pequeños productores bovinos - Diagnóstico de ganaderos beneficiarios”* presenta los resultados de caracterización de los ganaderos y de sus sistemas productivos, la cual se realizó a 34 ganaderos que aceptaron la invitación realizada en las cinco regiones de Santander, Colombia.
- Artículo II: *“Systems Dynamics and Serious Video games in an Appropriation Strategy of a Decision support system of Small bovine producers”* explica el

modelo de simulación y la integración de las ecuaciones en diferencias finitas con el videojuego serio y el DSS facilitando comprender la afirmación de que las tres herramientas están alineadas entre sí.

- La ponencia IV: “*Promoviendo la asociatividad en pequeños productores bovinos mediante la generación de escenarios en un videojuego serio basado en Dinámica de Sistemas*” presenta un resumen de la estrategia, del modelo de simulación, del videojuego y de la forma de generar los escenarios o retos para un grupo de participantes y la forma de realimentar los resultados.
- Artículo III: “*Strategy for the appropriation of a DSS in small bovine producers using simulation and a serious video game*” muestra un resumen de las herramientas, la estrategia metodológica definitiva y aspectos de su implementación, los resultados de apropiación del DSS y los resultados de medición de la evaluación del DSS.

Las publicaciones se fueron redactando a medida que se iba avanzando en el desarrollo de los objetivos. En este informe se describen los artículos originales y además, los artículos II y III por haber sido publicados en inglés también se presentan en castellano en el anexo 9.8. La Tabla 1 ofrece una relación del propósito cubierto en cada publicación con respecto a los objetivos que cubre, indicando con el número 1 si aplica o no.

*Tabla 1. Relación de las publicaciones con los objetivos*

Propósito	Ponencias				Artículos		
	CITIE	CIIA	EDUTECH	CLADS	Revisión	Herramientas	Estrategia
	I	II	III	IV	I	II	III
Revisión sistemática					1		
Caracterización <sup>1</sup>			1				
Estrategia <sup>3</sup>	1	1				1	1
Desarrollo de herramientas <sup>2</sup>	1	1		1		1	1
Validación de la Estrategia <sup>1</sup>							1
	<sup>1</sup> Resultados de la aplicación de instrumentos						
	<sup>2</sup> Presentar la coherencia en las herramientas y las versiones de las fases						
	<sup>3</sup> Presentar las fases de la estrategia						

## 1.2 Herramientas TIC para la apropiación

Este trabajo requirió el desarrollo de tres herramientas TIC que soportan la estrategia: el modelo de simulación, el videojuego serio y el DSS.

La descripción de las herramientas fue presentada en detalle en el artículo II y las ponencias II y IV, pero fueron mencionadas en todas las publicaciones (en las figuras 1 a 5 del artículo III se aprecian las tres herramientas). En los anexos 9.1, 9.2 y 9.3 es presentado un complemento de la descripción de las herramientas que no fue descrito en los artículos o ponencias.

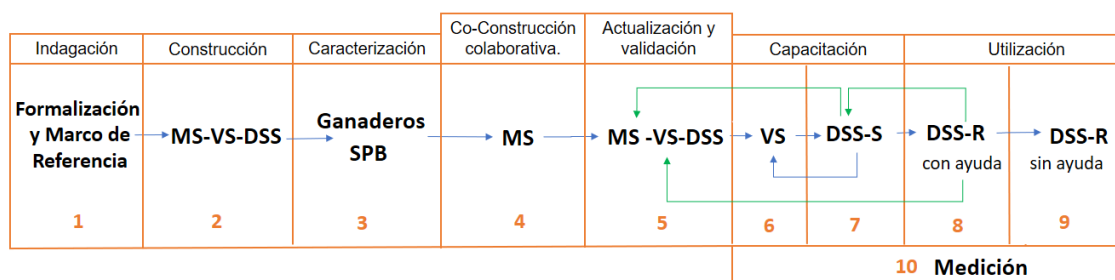
### 1.3 Estrategia de apropiación de TIC con videojuegos y simulación

Esta tesis es similar, en cuanto a la forma de incorporar herramientas TIC para la apropiación, a los trabajos presentados por:

1. Suárez et al. (2014) en donde se inicia desde la identificación de la brecha digital (aunque es un estudio para profesores) y propone un proceso de apropiación de TIC en el cual se plantea la integración de herramientas TIC.
2. Harris (2004) presenta un marco de trabajo para la apropiación que propone las fases de acceso, adopción, adaptación, apropiación e innovación, para lograr la apropiación para mitigar la pobreza en Kuala Lumpur.

La estrategia metodológica propuesta está conformada por diez fases y su aplicación genera apropiación en los ganaderos. Un esquema de las fases de aplicación es resumido en la Figura 2, aunque en el artículo III, con otro estilo, es presentado junto a la tabla 1, allí se expresan los resultados que se van logrando con el cumplimiento de cada fase y la cantidad promedio de sesiones realizadas por comunidad.

Figura 2. Esquema general de las fases de la estrategia propuesta



Las fases propuestas en la estrategia son (están en el artículo III):

1. Formalización de saberes y elaboración del Marco de referencia.
2. Desarrollo de herramientas a partir de la versión preliminar del modelo.
3. Caracterización de los ganaderos y de sus sistemas de producción bovina.
4. Construcción del modelo de manera colaborativa con los ganaderos.
5. Actualización y validación de herramientas.
6. Capacitación con el Videojuego serio.
7. Capacitación del DSS para el manejo de la finca simulada.
8. Uso del DSS para la gestión de la finca real con ayuda del tutor.
9. Uso del DSS para la gestión de la finca real sin ayuda del tutor.
10. Medición del uso de las herramientas.

Según opiniones de ganaderos obtenidas en la fase 10 y que se encuentran en el artículo III, el DSS facilita la administración de su finca, pues ayuda en la consulta de eventos y sugiere otros de gran importancia en la productividad, tales como la inseminación y el parto, además, el análisis posible en los informes productivos permite controlar periódicamente el rendimiento animal.

Con los resultados obtenidos es posible afirmar que la estrategia propuesta contribuyó a la apropiación del DSS por parte de los pequeños productores bovinos y cambió la forma de llevar el control de los procesos del sistema productivo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Contribuir a la apropiación de los sistemas de información para la toma de decisiones por parte de los pequeños productores bovinos, mediante una estrategia metodológica que integre los modelos de simulación en Dinámica de Sistemas, los videojuegos serios y los DSS para el mejoramiento en la operación del sistema productivo.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el sistema productivo que oriente la construcción de un modelo de simulación que lo represente.
- Definir un proceso integrado de construcción de un videojuego serio y un DSS a partir del modelo de simulación.
- Proponer una estrategia metodológica para la apropiación de los DSS en pequeños productores bovinos mediante la integración de modelos de simulación en Dinámica de Sistemas, videojuegos serios, y DSS.
- Validar la estrategia metodológica para la apropiación en comunidades de pequeños productores bovinos.

### 3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La tesis doctoral se enmarca en dos metodologías de investigación:

1. Investigación basada en Diseño debido a la necesidad de mejorar una práctica apoyándose en productos TIC y apoyar procesos que se ajustan al contexto, tal y como lo definen Richey & Klein (2014) y porque según Salinas et. al, (2006) cuando el estudio se orienta a la exploración de las posibilidades de nuevas herramientas TIC de enseñanza-aprendizaje o al desarrollo de teorías de instrucción y aprendizaje basadas en el contexto o a la consolidación del conocimiento sobre el diseño didáctico o al aumento de la capacidad para la innovación educativa, tal cual como sucede en la estrategia metodológica que propone esta tesis.
2. Estudio de Caso debido a la importancia de trabajar con comunidades (comunidad que es asumida como una instancia social única para el análisis) y porque facilita la toma de decisiones debido a la capacidad para generar hipótesis y descubrimientos, y por su flexibilidad y aplicabilidad a situaciones (Merriam, 2009).

Las herramientas TIC están soportadas desde el punto de vista de la construcción de herramientas en metodologías específicas, así:

1. La construcción del modelo de simulación se soportó en Dinámica de Sistemas. La Dinámica de Sistemas es una metodología de modelado que facilita explicar la estructura del sistema (Andrade, Dyner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001), y en uno de sus lenguajes se tienen las ecuaciones en diferencias finitas para representar las mecánicas que generan el comportamiento del sistema.
2. El desarrollo del videojuego serio y el DSS se soportó en el Proceso Unificado Racional (RUP), una metodología de desarrollo de software iterativa que identifica cuatro fases de manera iterativa e incremental (Kruchten, 2004) y que por tanto permite mejorar los resultados de una fase mejorando el alcance.

#### 3.1 Participantes

Los participantes de la investigación son presentados en la sección 9.4 (Definición del Estudio de Caso), en la ponencia III y en la Tabla 5 del artículo III. En resumen, son ganaderos de cinco comunidades de los municipios de Betulia, Lebrija y Valle de San José en Santander, Colombia.

#### 3.2 Instrumentos de recolección de datos

Como instrumentos para la recolección de datos se desarrollaron tres informes en el DSS (que permiten medir el uso de la herramienta) y tres instrumentos de encuesta para realizarlas de manera personal con los ganaderos. Las encuestas fueron validadas por expertos con una ficha de evaluación que se explica en la sección 9.5. Además de lo descrito en la ponencia III y el artículo III, un resumen de ellos es presentado a continuación.



1. Instrumento de Caracterización: Busca identificar los aspectos de cada ganadero y los conocimientos que tiene de su sistema productivo, la forma como toma decisiones y la intención de participar en la propuesta. Está dividido en cuatro partes: Características del ganadero y su sistema productivo, conocimientos del sistema productivo, forma como toma las decisiones en la finca e intención de participar en la propuesta.
2. Instrumento de Aceptación del DSS: Se aplica con los ganaderos que hacen uso frecuente del DSS, busca identificar las razones de uso del DSS de tal manera que sirva de evidencia para afirmar que el arraigo disminuyó y que hubo apropiación de TIC. Mide la intención de uso, las características generales percibidas en el DSS como eficiencia, utilidad, facilidad de uso, presentación y disfrute, aceptación de las funcionalidades
3. Instrumento de deserción de participantes: Se aplica a los ganaderos que no continuaron con la estrategia a pesar de haber sido invitados. Busca identificar las razones que llevaron a que no participaran de las actividades de formación o al por qué dejaron de usar el DSS

Los instrumentos de medición que genera el DSS para recolectar datos de la estrategia son:

1. Informe de Partidas: Muestra las partidas realizadas en las sesiones para medir el desempeño del ganadero. El listado se puede ordenar por el capital generado obteniendo un ranking de partidas en un periodo especificado.
2. Informe de Participación: Presenta las fechas en que los ganaderos han ingresado datos del sistema real, es un indicador que mide el uso del DSS por comunidad o por ganadero.
3. Informe de Indicadores de Participación: Muestra por cada usuario, la cantidad de animales y movimientos registrados y la cantidad de días de ingreso al DSS.

### 3.3 Fases de la Investigación

En síntesis, la investigación contempla siete fases que, junto con su descripción, son presentadas en la Tabla 1. En la tabla se puede apreciar que en la fase 2 se desarrolla la primera versión de las herramientas TIC y en la 4, la versión definitiva a partir de la experiencia construcción del modelo realizado con los ganaderos de manera colaborativa.

*Tabla 2. Fases de la Investigación*

#	Fase	Descripción
1	Elaboración del Marco de Referencia	Revisión preliminar de la literatura con respecto al marco del trabajo
2	Desarrollo de las herramientas en su versión inicial	Desarrollo de la primera versión de cada herramienta
3	Caracterización de los ganaderos y de sus fincas	Formulación, evaluación y aplicación de los instrumentos iniciales

#	Fase	Descripción
4	Desarrollo de las herramientas en la versión definitiva	Desarrollo de la versión definitiva de cada herramienta según los hallazgos de la aplicación de los instrumentos iniciales y la participación de los ganaderos de manera colaborativa para la definición del modelo
5	Definición y aplicación de la estrategia	Presentación de las herramientas, estas contarán con transacciones que permiten trazabilidad de las actividades mediante los informes propuestos en el DSS
6	Evaluación de la Estrategia y el DSS	Aplicación de los instrumentos de evaluación y análisis de los informes que genera el DSS
7	Elaboración de los Documentos	Elaboración de las ponencias, los artículos y el informe final (Es paralela a las demás fases)

### 3.4 Análisis de Datos

Esta tesis analizó datos en las fases 3 (caracterización) y la 6 (validación) de la estrategia metodológica que se propone:

1. La caracterización de los beneficiarios se hizo mediante encuesta para observar aspectos socioeconómicos de los ganaderos y de sus sistemas productivos de tal manera que aporten en la conceptualización del sistema para la construcción de las herramientas. La caracterización fue presentada en la ponencia III (sección 4.6).
2. La evaluación de la estrategia se hizo mediante los resultados de los instrumentos de aceptación o deserción aplicada a 32 ganaderos (la evaluación es presentada con más detalle en el artículo III (sección 4.3). También se evaluó la apropiación del DSS con los informes de uso que permite el DSS.

### 3.5 Cronograma de la Investigación

La investigación se realizó durante 3.5 años contados a partir del primer semestre de 2017 hasta el segundo semestre de 2020 (inició con matrícula extemporánea ya que el año normal inicia en septiembre de 2016, pero en este caso empezó en enero de 2017). En la Tabla 3 se relacionan las actividades desarrolladas en cada periodo.

Tabla 3. Cronograma de la Investigación

#	Periodo	Actividades
1	2017-1	Revisión de literatura con respecto a DSS para la ganadería Bovina
		Construcción del Modelo de Simulación
		Construcción del Videojuego serio
		Construcción del DSS (Requerimientos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, ver listado completo en 9.3)
2	2017-2	Delimitación los intereses investigativos
		Construcción del Modelo de Simulación
		Construcción del Videojuego serio
		Construcción del DSS (Requerimientos: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 29, 30, ver listado completo en 9.3)
3	2018-1	Visita a los ganaderos (Comunidad 1 y 2) para caracterizar e iniciar aplicación de la estrategia
		Elaboración de la ponencia de CIITE
		Construcción del DSS (Requerimientos: 20, 21, 22, 23, 24, 25 , ver listado completo en 9.3)
4	2018-2	Elaboración de la ponencia de CIIA
		Visita a los ganaderos (Comunidad 3, 4 y 5) para caracterizar y continuar aplicando la estrategia
5	2019-1	Elaboración del artículo de Revisión Sistemática (I)
		Elaboración de la ponencia de EDUTECH
6	2019-2	Visita a los ganaderos para evaluar apropiación
		Elaboración del artículo de las herramientas (II)
7	2020-1	Elaboración del artículo de la Estrategia (III)
		Asistencia a Estancia Doctoral
		Elaboración de la ponencia del CLADS
		Redacción de la versión final del informe
8	2020-2	Arreglos a los documentos

## 4 RESULTADOS: COMPENDIO DE PUBLICACIONES

En este apartado se resumen las publicaciones realizadas durante el desarrollo de la investigación.

1. Publicación de tres artículos en revistas de impacto (Q2 y Q3)
2. Participación en cuatro congresos internacionales con resultados del estudio.
3. Participación en el Seminario interuniversitario de investigación en Tecnología Educativa (SIITE) de los años 2019 y 2020 buscando orientaciones sobre la evaluación de la estrategia y el capítulo de discusión.
4. Desarrollo del DSS, el videojuego serio y el modelo de simulación de los cuales se deja un instructivo en detalle en las secciones 9.1, 9.2 y 9.3, respectivamente.

Cada artículo y cada documento de las ponencias es presentado a continuación (los artículos II y III fueron publicados en inglés y su versión en castellano se encuentra en el anexo 9.8).

### 4.1. Artículo I - Revisión sistemática de la literatura

*Tabla 4. Ficha del artículo en Información Tecnológica*

Título	Apropiación de sistemas de información para toma de decisiones de productores agroindustriales basada en videojuegos serios o Dinámica de Sistemas. Una Revisión (Appropriation of Information Technology Systems for Decision Making Support Systems by Agroindustry Producers Based on Simulation Models or Serious Games: A Review)
Volumen	30
Número	5
Año	2019
DOI	10.4067/S0718-07642019000500331
URL	<a href="https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500331">https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500331</a>
Revista	Información Tecnológica
ISSN	0718-0764
País	Chile
Temáticas	Multidisciplinaria
Indexada en:	Scopus Scimago Scielo EBSCO Education Source Google Scholar Latin Index
Factor de impacto / Criterios de calidad	SJR 2019 = 0.232 (Q2) Cite Score 2019 = 0.9 – Cite Score Tracker 2019 = 0.641 SNIP 2019 = 0.52 <a href="https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=22476&amp;tip=sid&amp;clean=0">https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=22476&amp;tip=sid&amp;clean=0</a>

## 4.2. Artículo II - Herramientas tecnológicas

Tabla 5. Ficha del artículo de las Herramientas tecnológicas

Título	Systems Dynamics and Serious video games in an Appropriation Strategy of a Decision support system for small livestock farmers
Volumen	14
Número	15
Año	2020
DOI	10.3991/ijim.v14i15.14597
URL	<a href="https://doi.org/10.3991/ijim.v14i15.14597">https://doi.org/10.3991/ijim.v14i15.14597</a>
Revista	International Journal of Interactive Mobile Technologies
ISSN	1865-7923
País	Alemania
Temáticas	Computer Networks and Communications Computer Science Applications E-learning
Indexada en	Scopus IET Inspec dblp EBSCO Education Source DOAJ ULRICHSWeb Microsoft Academic Search
Factor de impacto / Criterios de calidad	SJR 2019 = 0.313 (Q3) Cite Score 2019 = 2.3 – Cite Score Tracker 2019 = 0.54 SNIP 2019 = 1.062 <a href="https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100394784&amp;tip=sid&amp;clean=0">https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100394784&amp;tip=sid&amp;clean=0</a>

### 4.3. Artículo III - Estrategia Metodológica propuesta

Tabla 6. Ficha del artículo de la Estrategia Metodológica propuesta

Título	Strategy for the appropriation of a DSS in small bovine producers using simulation and a serious video game
Volumen	11
Número	12
Año	2020
DOI	10.3390/info11120566
URL	<a href="https://doi.org/10.3390/info11120566">https://doi.org/10.3390/info11120566</a>
Revista	Information
ISSN	2078-2489
País	Switzerland
Temáticas	Information System
Indexada en	dblp DOAJ - Directory of Open Access Journals Ei Compendex / Engineering Village (Elsevier) Emerging Sources Citation Index Inspec (IET) Norwegian Register for Scientific Journals (NSD) Scopus (Elsevier) Web of Science
Factor de impacto / Criterios de calidad	Scimago Journal Rank (SJR. SCOPUS) Factor de impacto: SJR 2019 = 0.353 (Q3) Cite Score 2019 = 2.4 – Cite Score Tracker 2019 = 0.58 SNIP 2019 = 0.929 <a href="https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100223111&amp;tip=sid&amp;clean=0">https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100223111&amp;tip=sid&amp;clean=0</a>

#### 4.4. Ponencia I - Congreso de Tecnología Educativa - CITIE

Tabla 7. Ficha para la ponencia de CITIE

Título	Videojuegos serios para la apropiación de sistemas de información de apoyo en la toma de decisiones. Caso: Agroindustria bovina
Año	2018
URL	<a href="http://observatoriotie.unisabana.edu.co/congreso/">http://observatoriotie.unisabana.edu.co/congreso/</a> (Gómez & Orellana, 2018)
Nombre del Evento	Primer Congreso internacional de Tecnología Educativa
País	Colombia
Áreas temáticas	Tecnología Educativa

#### 4.5. Ponencia II - Congreso de Ingeniería Agroindustrial - CIIA

Tabla 8. Ficha para la ponencia de CIIA

Título	Integración de modelos de simulación y videojuegos serios para la toma de decisiones en la agroindustria
Año	2018
URL	<a href="https://cutt.ly/Uyl3NSm">https://cutt.ly/Uyl3NSm</a> (Gómez, Orellana, & Salinas, 2018)
Evento	Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial
País	Costa Rica
Áreas temáticas	Ingeniería e innovación en procesos alimentarios

#### 4.6. Ponencia III - Congreso de Tecnología Educativa - EDUTEC

Tabla 9. Ficha de la ponencia para EDUTEC

Título	Apropiación de TI para la toma de decisiones de pequeños productores bovinos - Diagnóstico de ganaderos beneficiarios
Año	2019
URL	<a href="http://congreso.pucp.edu.pe/edutec">http://congreso.pucp.edu.pe/edutec</a> y <a href="https://cutt.ly/OhxZKvR">https://cutt.ly/OhxZKvR</a> (Gómez, Orellana, & Salinas, 2019b)
Evento	XXII Congreso Internacional EDUTEC (1135-9250)
País	Perú
Áreas temáticas	Calidad, políticas y gestión de las tecnologías Tecnología para atención de necesidades de aprendizaje Diseños y modelos curriculares con tecnologías Investigación y docencia: escenarios de investigación Desarrollo de competencias digitales Ética y ciudadanía digital

#### 4.7. Ponencia IV - Encuentro Latinoamericano de DS - CLADS

Tabla 10. Ficha de la ponencia para el CLADS

Título	Promoviendo la asociatividad en pequeños productores bovinos mediante la generación de escenarios en un videojuego serio basado en Dinámica de Sistemas
Año	2020
URL	<a href="https://congresolatinoamericanods.wordpress.com">https://congresolatinoamericanods.wordpress.com</a> y <a href="https://cutt.ly/ilhms4r">https://cutt.ly/ilhms4r</a> (Gómez, Orellana, & Salinas, 2020a)
Evento	XVIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas
País	Colombia
Áreas temáticas	Contribuciones a la enseñanza de Dinámica de Sistemas Dinámicas Ambientales, Agroindustriales y Energéticas Gestión y Política pública Gestión Organizacional Innovaciones Tecnológicas Sistemas Sociales



## 5 DISCUSIÓN

Después de haber presentado las publicaciones generadas en la investigación, la discusión de los resultados de la tesis es presentada a continuación.

La tesis contribuyó con la apropiación del DSS por parte de los pequeños productores bovinos mediante la estrategia metodológica que integró un modelo de simulación, un videojuego serio y un DSS para mejorar el manejo de información que surge de los procesos en los sistemas productivos. Este propósito concuerda con lo expresado por Molano (2016) en cuanto a la necesidad de incorporar TIC en la agroindustria, y lo expresado por Colombia Digital (2001) y por el plan estratégico del departamento de Santander (Daza, Hernández, Quijano, & Serna, 2017), en cuanto a que se debe buscar apropiación de TIC en el sector rural para mejorar los resultados productivos y económicos y la calidad de vida de sus habitantes.

En la estrategia propuesta, la integración de las herramientas TIC que se da en las fases 4, 5, 6 y 7 favoreció el proceso de aprendizaje y generó en los ganaderos confianza y conciencia de la importancia de usar TIC para gestionar la finca real, esto coincide, para proyectos en el sector rural, con lo manifestado por Palloff (2001) y Suárez et al. (2014). Con el último autor también se concuerda con su afirmación de que las TIC generan satisfacción porque mitigan necesidades y favorecen intereses individuales y organizacionales.

El videojuego desarrollado para la estrategia propuesta favoreció las actividades de formación en sistemas de producción agrícola, tal y como sucedió en la propuesta expresada por Moras (2015) y generó conciencia sobre los volúmenes de información tal y como le sucedió a Radwan et al. (2016).

El artículo I de la tesis presenta la revisión sistemática de la literatura (Gómez-Prada, Orellana-Hernández, & Salinas-Ibáñez, 2019a). En el documento se dan evidencias de la baja adopción de TIC y la necesidad de generar métodos de apropiación de TIC. Los autores citados expresan atributos que concuerdan con los que fueron tenidos en cuenta en las herramientas TIC desarrolladas para la estrategia metodológica de apropiación. Algunos atributos contemplados en las herramientas TIC y que concuerdan con los hallazgos del artículo I, son:

1. Al desarrollar un DSS para el sector agroindustrial se deben tener en cuenta los contextos del sistema para identificar la organización de las opciones con las que el DSS debe contar y la forma de realizar la capacitación. Un ejemplo de esto es CropSAT, un DSS en donde los autores apoyaron los procesos de formación de los agricultores y generaron estrategias que ampliaron la comprensión que esos agricultores tenían del sistema productivo (Lundström & Lindblom, 2018).
2. Los DSS deben permitir la trazabilidad en los procesos productivos para evitar que las decisiones se basen solo en la experiencia. Un ejemplo para producción lechera es presentado por Alawneh & Olchoway (2018). Otros

autores que han manifestado la necesidad de organizar la producción en sistemas bovinos son Antonopoulou et al. (2010) y Ponnusamy et al (2016).

3. Al desarrollar un videojuego serio para el sector agroindustrial se debe generar conciencia en los usuarios sobre los volúmenes de información que se dan ante las situaciones que se presentan en el sistema productivo, tal y como lo afirma Ryschawy et al. (2018), al plantear que se debe dar solución a desafíos agrícolas tales como la transferencia de conocimiento y el aumento de la productividad. Algunos autores con videojuegos similares a los de esta propuesta son:
  - a. Radwan et al. (2016) presentan *High Land Farmer*, un videojuego francés del Ministerio de agricultura en donde los jugadores descubren principios de economía agrícola, evolución de los precios y simula formas de mejorar la producción y la sostenibilidad, y afrontar riesgos climatológicos.
  - b. Omnium games (2013) presentan *Cap Odyssey*, un videojuego para conocer y experimentar sobre el uso de tierra de África Oriental
  - c. Fisher et al. (2012) presentan la posibilidad que ofrecen los videojuegos en la gestión agrícola y su uso en talleres con agricultores, asesores e investigadores para tomar decisiones similares a las de una granja real en cuanto al manejo de capital y logística.
4. Al desarrollar un modelo de simulación sobre sistemas productivos agroindustriales, se debe buscar que permita el análisis de características en la comercialización de los productos, la representación de los procesos críticos y las perspectivas tradicionales (Protil & Barreiros, 2012), y mostrar la forma de lograr una mejora en los resultados productivos y financieros (Basu & Sushanta, 2007).

El artículo II presenta las tres herramientas tecnológicas desarrolladas en la tesis y las similitudes en la forma de llevar a cabo los procesos en ellas, es decir, en el modelo de simulación, el videojuego serio y el DSS (Gómez, Orellana, & Salinas, 2020b). El artículo II hace énfasis en el proceso de desarrollo del DSS, el cual cumple con las características de que son una especialización de los sistemas de información (Pressman, 2014), que generan información que ofrece alternativas de decisión a situaciones de la producción (Budiyanto, 2017) y apoya procesos soportados en modelos matemáticos o en simulación, para apoyar las actividades de capacitación (Machado & Berger, 2012).

Adicionalmente, en el artículo II describe la relación entre las formas de representación del modelo (con los lenguajes de la Dinámica de Sistemas de las figuras 2, 3 y 4) y el diagrama de clases del videojuego serio (Figura 5) y con las entidades de la base de datos en el DSS y con los eventos a registrar (Figura 7 y 8); esto brinda coherencia con lo expresado por autores como Jaime (2012), Mejía & Cascante (2007) y Checkland & Ornelas (1994) en cuanto que la Dinámica de Sistemas apoya el desarrollo de software. Las ecuaciones fueron usadas para definir las mecánicas del videojuego, tal y como lo afirma Wright (2006) y también fueron usadas para generar los pronósticos que se dan en el DSS; característica

que es posible por la cercanía matemática con la realidad, tal y como lo afirma Tarifa et al. (2013).

El artículo III presenta la estrategia metodológica propuesta, sus fases, la forma como se debe aplicar y los resultados de evaluación y de apropiación del DSS (Gómez, Orellana, & Salinas, 2020c). El artículo muestra que:

1. En la evaluación de la estrategia participaron 34 ganaderos y la gran mayoría evidenció cambios en la forma de llevar los procesos en sus sistemas productivos, los cuales fueron generados por las sesiones que se realizaron. Los resultados se dan por la coherencia en la formación, con la cual, los ganaderos adquirieron autonomía de uso y reconocieron que el DSS satisface una necesidad y su servicio es adecuado, característica fundamental para que haya apropiación, expresada por Salemink et al. (2018) y Suárez et al. (2020).
2. En la evaluación de la estrategia se presentaron las razones de deserción de quienes no se apropiaron. Según el resultado se encontró que las razones concuerdan con el arraigo cultural y por ende se deben aumentar los esfuerzos para mitigarlas como lo expresa Cobo (2008) y Rueda y Franco (2018) o el abandono de la producción tan repetitivo en la producción agropecuaria de pequeña escala y por el que se debe seguir trabajando, un problema expresado por Park (2017), Arévalo et al. (2015) y Ornetsmüller et al. (2018).

## 6 LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de esta tesis deben ser valorados teniendo en cuenta las siguientes limitaciones y recomendaciones.

### 6.1 Limitaciones de la Estrategia

Algunas limitaciones de la estrategia son:

1. La estrategia de apropiación se propuso para un contexto específico y sus resultados no se pueden generalizar a todos los pequeños productores bovinos, debido a que las condiciones regionales, sociales, políticas y económicas pueden variar de un lugar a otro.
2. El videojuego serio y el DSS están ajustados al modelo de simulación y el modelo de simulación a los procesos de los pequeños productores en Santander. Cambiar de región puede generar modificaciones, por ejemplo, el nombre de un grupo etario, las razas o los parámetros del juego, entre otros.
3. Se debe dar la posibilidad de realizar reforzamiento tecnológico y prevenir inconvenientes al implementar la estrategia como por ejemplo la falta de internet o de fluido eléctrico, inconvenientes de acceso a las fincas por el mal estado de las vías o por las distancias entre fincas.

### 6.2 Recomendaciones para la aplicación de la estrategia

Para próximas versiones, son varias las posibles mejoras que podría tener la estrategia. Para comprenderlas, un complemento a la descripción de la sección 3.2 del artículo III en donde se describe la forma de aplicar la estrategia, junto a las recomendaciones es presentado a continuación.

La aplicación de la estrategia se va dando en un proceso con cobertura creciente, tal y como se presentó en la Tabla 3 del artículo III. Para facilitar la comprensión en la Figura 3 es presentado de manera proporcional, el tiempo dedicado a cada una de las fases en cada una de las comunidades. Tenga en cuenta que:

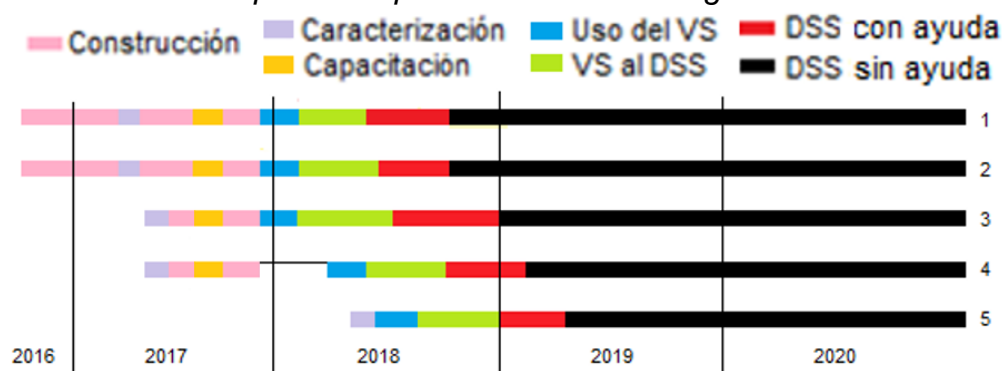
1. Cada fila corresponde a una comunidad. La fila tiene colores que son presentados en la parte superior, en donde se indica el nombre de la actividad realizada en ese periodo de tiempo.
2. La construcción de las herramientas inició en 2016
3. La fecha de inicio no fue la misma en todas las comunidades.

Las comunidades son presentadas en la figura, en el siguiente orden: (1) Portugal en Lebrija, (2) San Mateo en Betulia, (3) La Vega en el Valle de San José, (4) La Fortuna en Lebrija y (5) San Lorenzo en Lebrija. La descripción de la Figura 3 es la siguiente:

1. A mediados de 2016 inició la fase de construcción de las herramientas y se realizó antes y después de la caracterización de las comunidades 1 y 2.
2. A mediados de 2017 se caracterizaron las comunidades 3 y 4.

3. En noviembre de 2017 se realizaron las primeras sesiones de capacitación de las primeras cuatro comunidades, es decir, la fase colaborativa en donde se hicieron ajustes de los que todas las comunidades se beneficiaron, es decir, de donde surgió la versión definitiva del modelo, el videojuego serio y el DSS.
4. En el primer semestre de 2018 se llevaron a cabo sesiones de formación con el videojuego para las comunidades 1, 2 y 3. Se debe tener presente que:
  - a. El tutor debe estar presente durante las primeras partidas y debe: proponer escenarios o retos que van aumentando en complejidad, hacer preguntas de realimentación al ganadero y posteriormente debe verificar en el DSS, junto al usuario, las respuestas que dio, para que se genere conciencia sobre la importancia de la información tanto en los aciertos como en los desaciertos.
  - b. Los retos inician con una partida en la que pueden comprar un solo animal y el tutor debe ir tomando nota sobre las omisiones o errores que se comentan, para facilitar la realimentación, por ejemplo, que no se insemine en el tiempo adecuado o que no se suministre la cantidad de alimento según el peso del animal.
  - c. El tutor debe hacer preguntas como: ¿Cuál debió ser la fecha de parto del animal Z y cuál fue la que verdaderamente obtuvo y por qué?, ¿Cuál debió ser el peso ideal del animal en el mes M, o la producción de leche en la semana X y por qué no lo obtuvo?, ¿Cuál fue la cantidad de alimento que debió suministrar al animal en la semana X y cuál fue la cantidad suministrada?

Figura 3. Línea de tiempo de la aplicación de la estrategia



5. Finalizando el año 2017 se llevó a cabo la fase de formación en el uso del DSS para el ingreso de información de datos de la finca real.
6. A inicios de 2019, las comunidades 1, 2 y 3, iniciaron la fase de uso del DSS sin ayuda de tutor.
7. En abril de 2018 se llevaron a cabo las sesiones de formación en la comunidad 4 (durante 4 meses no fue posible realizar visitas a esa comunidad por problemas viales, después, se realizaron las demás fases).
8. En mayo de 2018 se hizo la caracterización de la comunidad 5 y posteriormente se llevaron a cabo las demás fases.
9. A Inicios del 2019, las comunidades 4 y 5 iniciaron a usar el DSS sin ayuda.

A partir de la anterior descripción se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Realizar una versión del proyecto para otros sistemas productivos como por ejemplo el caprino, porcino o avícola.
2. Agregar el objetivo de evaluar la efectividad de la implementación de la estrategia en cuanto a la productividad de las fincas.
3. Agregar una fase en donde se implemente un juego de mesa en el que los ganaderos administren una finca con un solo animal de manera similar a como lo harán posteriormente en videojuego. En una de las comunidades se hizo previamente a las sesiones de formación realizadas con el modelo de simulación, los ganaderos registraban lo que debería ir sucediendo mes a mes con una vaca vacía y acercaba a los usuarios con la operación del modelo y el videojuego y con el conocimiento que deben tener del manejo de la finca, fue solo un experimento hecho con una de las comunidades y no se contempló en la propuesta definitiva.
4. Buscar la participación de entidades o gremios que puedan apoyar:
  - a. Replicar la estrategia a más ganaderos brindando apoyo en los costos de desplazamiento.
  - b. Realizar las actividades de formación y el montaje de la infraestructura tecnológica que requieren las herramientas TIC, especialmente el DSS (la falta de infraestructura genera estados emocionales negativos en los ganaderos, tales como estrés, frustración o distracción en las sesiones).
  - c. Actualizar o desarrollar nuevas funcionalidades según las necesidades que se detecten en los sistemas productivos.

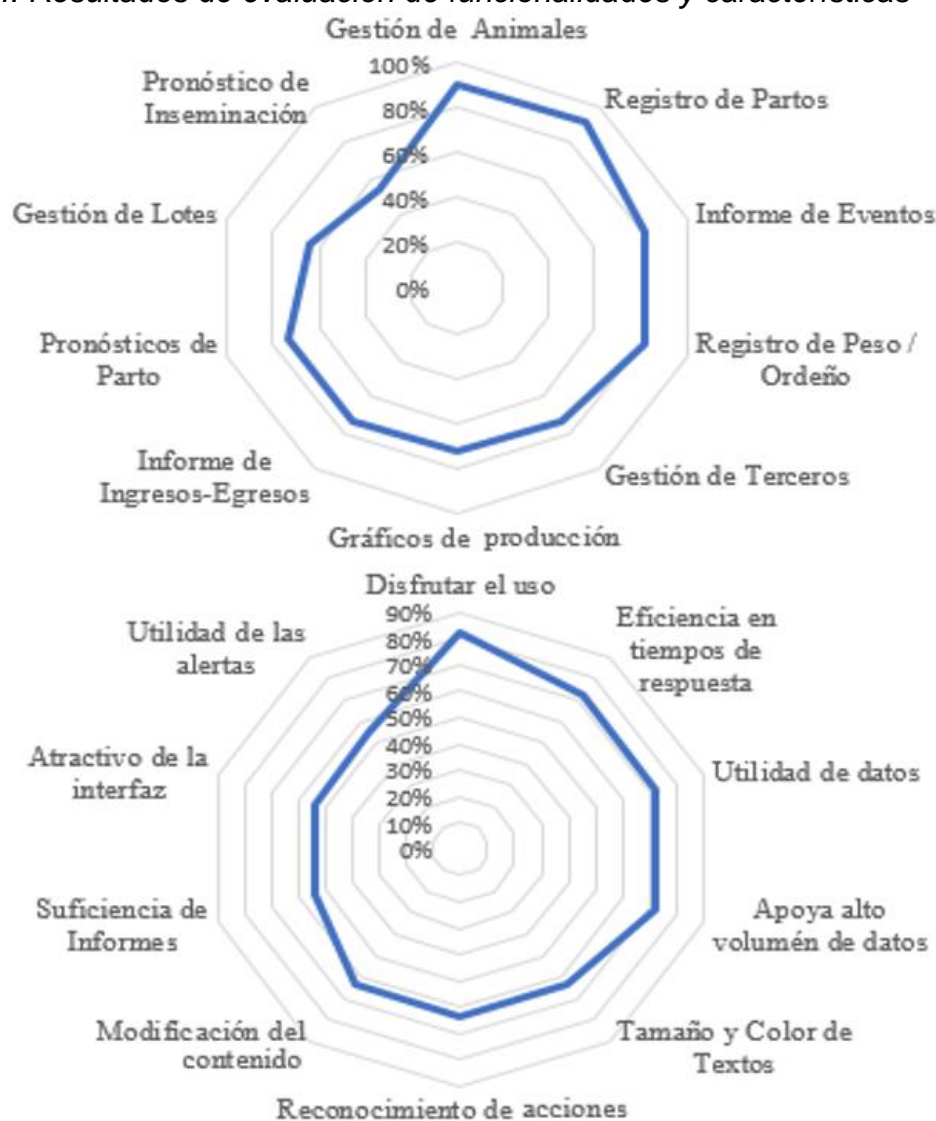
### **6.3 Recomendaciones para las herramientas TIC**

Para próximas versiones son varias las mejoras a realizar en las herramientas. Estas requirieron ajustes durante la aplicación de la estrategia, algo es normal, teniendo en cuenta que es un proceso continuo. Los ajustes fueron realizados para la versión definitiva de la fase 5, según sugerencias recibidas durante las fases de construcción colaborativa. Un resumen de estos ajustes es:

1. En el DSS se mejoró la distribución del Menú, se incluyeron los informes de ingresos y egresos, y de producción consolidada y se desarrolló la versión móvil para el registro de eventos (descrita en la sección 4.3. del artículo II).
2. En el videojuego serio se cambiaron algunos íconos de los botones, se agregó la posibilidad de manejo asincrónico, dadas las condiciones del sector rural, se implementó la versión móvil para facilitar la práctica de los ganaderos que no tiene acceso a computador y se generó el gestor de retos a través de códigos para generar escenarios (opción fue presentada en la ponencia IV).
3. En el modelo de simulación se agregaron variables como la mano de obra, se dio la posibilidad de variar los precios de la leche y la carne, se ajustaron nombres de variables y parámetros como peso al nacer, probabilidad de muerte. En este documento no se dan recomendaciones del modelo pues estas dependen exclusivamente del trabajo con la comunidad.

Además de los ajustes realizados en las herramientas, a continuación, se presenta un complemento a la evaluación brindada en la sección 3.5 y 3.6 del artículo III. En la parte superior de la Figura 4 se aprecia el porcentaje de los ganaderos que estuvo totalmente de acuerdo con la utilidad de las diez funcionalidades y en la parte inferior de la Figura 4, el porcentaje que estuvo totalmente de acuerdo con la presencia de las diez características de uso.

Figura 4. Resultados de evaluación de funcionalidades y características



Se aprecia que el pronóstico de inseminación y gestión de lotes son las menos usadas y que la utilidad de las alertas, lo atractivo de la interfaz y la suficiencia de informes aún están por debajo del 60% de satisfacción.

A partir de la anterior descripción de evaluación del DSS y de los ajustes hechos en la fase 5 de actualización, se hacen las siguientes recomendaciones Para el DSS se recomienda:

1. Vincular otros sistemas productivos como el porcino o caprino, brindando más cobertura y flexibilidad a la estrategia.
2. Implementar la posibilidad de vender animales entre usuarios del DSS sin tener que registrar el tercero, esto generaría la posibilidad de tomar decisiones en comunidad, es decir, que en el DSS se puedan conocer datos de los sistemas productivos de los vecinos.
3. Mejorar algunos informes como por ejemplo al momento de estimar la fecha de parto por la inseminación hasta que haya un registro de palpación y generar alertas en el reporte de novedades de tal manera que no se deba ir al informe gráfico para conocer un futuro error.
4. En caso de que se vaya a replicar la estrategia se debe revisar la necesidad de actualizaciones debido a restricciones de seguridad o por cambios en las versiones de marcos de trabajo en que se desarrolló.
5. Mejorar los pronósticos que hace el DSS, para incluir por ejemplo, el control de peso, de manera similar a como lo hace Rodríguez et al. (2017) en un software que estima el BCS (*Body Condition Score*) con un método que estima las reservas de grasa corporal y el balance de energía acumulado en las vacas con procesamiento digital de imágenes y redes neuronales. También se puede tener en cuenta lo expresado por Fernandes & Da Silva (2000) para generar informes que promuevan las inversiones rurales.
6. Implementar elementos de internet de las cosas para el registro automático de datos de algunos eventos como el pesaje o el ordeño.
7. Incluir informes para análisis financiero según la gestión de los periodos de gestación o del suministro de suplemento alimenticio.
8. Para la evaluación financiera se podrían desarrollar instrumentos para medir el cambio que se da en la productividad de las fincas, informes de estimación de partos durante la vida de la hembra, agregar ecuaciones a los cálculos de producción de leche y llevar control del número de semanas posterior al parto.

Para el videojuego serio se recomienda:

1. Buscar la posibilidad de agregar la opción de que sea configurado según el nivel de formación de los usuarios o que fuera incluido en algunos programas de formación como recurso digital educativo.
2. Generar escenarios o retos que no requieran iniciar con el establo vacío y que vaya aumentando la complejidad de manera automática.
3. Mejorar la interfaz para migración con tecnologías como *JSON* de tal manera que se puedan mejorar aspectos como la seguridad (Crockford, 2018).
4. Incluir elementos que afectan el resultado esperado por los productores en sus lotes como, por ejemplo:
  - a. Cuidado en las enfermedades de nacimiento.
  - b. Administración de forrajes en los campos.
  - c. Uso de los calostros hasta la ausencia de control individual en el animal.
  - d. Eliminar la persistencia del vínculo madre-cría.
  - e. Poder vender la cría antes del destete.
  - f. Incluir mezclas de las razas, ya que en la realidad las razas de las vacas no son puras.



## 7 CONCLUSIONES

Además de las conclusiones expresadas en los tres artículos y las cuatro ponencias, las conclusiones que complementan la evidencia del cumplimiento de los objetivos son presentadas a continuación.

La apropiación de TIC en el sector rural es muy baja, pero con la estrategia propuesta se obtuvo que, con alrededor de 22 meses en que los ganaderos han usado el DSS sin ayuda del tutor, el 34% se apropió, evidencia de esto se aprecia en los informes del DSS y en los resultados de aplicación del instrumento de validación (cuyos datos son resumidos en la tabla 5 del artículo III), por tanto, es posible afirmar que la tesis cumplió su objetivo, además:

1. Las herramientas TIC aportaron para que los ganaderos puedan llevar registro de los eventos que suceden en el proceso productivo y con ello puedan tomar decisiones (El 91% de los usuarios apropiados valoró la posibilidad que ofrece el DSS de manejar el volumen de datos que se genera en el sistema productivo y considera útil el DSS para tomar decisiones)
2. Los ganaderos encontraron que la estructura representada en el modelo es coherente con su sistema productivo y es un facilitador para la aceptación de la propuesta ya que se ven identificados en cada herramienta TIC usada (El 73% de los ganaderos considera que el DSS es fácil de usar pues fue diseñado según los procesos que se manejan en su finca).

La propuesta metodológica logró que:

1. La Dinámica de Sistemas apoyara el desarrollo de software y favoreciera la formación de los beneficiarios de la estrategia, por ser una herramienta de comunicación que aumenta la posibilidad de comprender una situación debido a que representa el conocimiento y unifica la comprensión del sistema.
2. La Dinámica de Sistemas brindara una comunicación homogénea y coherente de los términos de interés, es decir, de los procesos en los que el DSS permite trazabilidad, aprovechando el diagrama de influencias.
3. El videojuego serio apoyara la estrategia presentando en detalle el proceso y mostrara las necesidades de información en los procesos de la finca real que deben ser registrados en el DSS.
4. El conocimiento del sistema productivo fuera simulado en el videojuego serio y se convirtiera en un factor motivante para entender la dinámica del sistema.

La propuesta de esta tesis es una alternativa que puede ser replicada a diversas comunidades para que las TIC brinden mejores oportunidades de operación y mejores resultados laborales y personales y, ojalá a futuro, mejores resultados sociales.

La Tabla 11 presenta un resumen de las conclusiones obtenidas desde tres dimensiones: las lecciones aprendidas, las actividades de formación y el desarrollo de las herramientas TIC.

Tabla 11. Resumen de conclusiones obtenidas

#	Dimensión	Descripción
1	Lecciones aprendidas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Tecnología Educativa genera una estrategia soportada en situación y videojuegos serios que permite generar un DSS para hacer seguimiento de aciertos y desaciertos que los ganaderos deben tener presente en la administración de sus fincas y conocer necesidades de información de sus sistemas.</li> <li>2. El manejo integrado de las herramientas TIC en comunidad logra romper el arraigo cultural y cambiar del manejo tradicional que llevan los ganaderos de sus sistemas a uno en el que se usa un DSS para otorgar facilidad de trazabilidad en los procesos.</li> <li>3. La capacitación a partir de los diagramas de influencias, el videojuego serio y el DSS mejora la comunicación y el relacionamiento entre ganaderos</li> </ol>
2	Actividades de formación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La estrategia metodológica propuesta ofrece la posibilidad de réplica a otros contextos. Para ello se debe partir del modelo como elemento de representación colaborativa de lo requerido y después integrarlo en las herramientas TIC para generar cercanía con los productores y a su vez mayor aceptación por parte de los interesados</li> <li>2. El videojuego genera conciencia sobre la problemática del volumen de datos que se presenta en los sistemas productivos.</li> <li>3. La alineación de las tres herramientas da coherencia al proceso con cobertura creciente que se va dando con las herramientas en cuanto:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Al alcance y a la comprensión que se da en el modelo.</li> <li>b. Al aumento de dificultad en los retos de las partidas del videojuego.</li> <li>c. A las opciones que los ganaderos iban conociendo en el DSS según necesidades de consulta de los resultados de las partidas.</li> </ol> </li> </ol>
3	Desarrollo de las herramientas TIC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las herramientas TIC desarrolladas son un ejemplo para programas de formación como Ingeniería de Sistemas o afines en el área de desarrollo de software, videojuegos y modelos de simulación.</li> <li>2. El modelo de simulación es una alternativa para comprender la complejidad en el desarrollo de software.</li> </ol>

Esta investigación propone una estrategia para la apropiación de TIC soportada en un modelo de simulación, un videojuego serio y un DSS, en un sector donde es necesaria la misión de transformar la forma de llevar a cabo los procesos para mejorar la sociedad, por eso fue un reto cumplido para la tecnología educativa y la Ingeniería de Sistemas.

## 8 REFERENCIAS

En este ítem son presentadas las fuentes de información de las tesis, incluidas las que fueron citadas en las publicaciones.

- Alawneh, J., & Olchoway, W. (2018). Functionality and Interfaces of a Herd Health Decision Support System for Practising Dairy Cattle Veterinarians in New Zealand. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(10), 21, <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00021>
- Álvarez, E., & Bernal, C. (2017). Modelo de innovación abierta: Énfasis en el potencial humano. *Información tecnológica*, 28(1), 65-76, <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100007>
- Andrade, H., Dyner, I., Espinosa, A., López, H., & Sotaquirá, R. (2001). *Pensamiento Sistémico, Diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga: UIS.
- Andrade, H.; Lince, E.; Hernández, E. (2011). Monsalve, A. Evolución: herramienta software para modelado y simulación con Dinámica de Sistemas. *Revista de Dinámica de Sistemas*, 4(1), 1-27
- Andrade, H., Maestre, G., Castro, J., & Zambrano, M. (2012). Aprendiendo con Dinámica de Sistemas y desarrollando competencias para la toma de decisiones: Una experiencia en la educación: Ambiente Virtual de Aprendizaje Pesca 2.0. Buenos Aires, Argentina: *Décimo Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*.
- Andrieu, N., Descheemaeker, K., Sanou, T., & Chia, E. (2015). Effects of technical interventions on flexibility of farming systems in Burkina Faso: lessons for the design of innovations in West Africa. *Agricultural Systems*, 136, 125, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.010>
- Antonopoulou, E., Karetzos, S., Maliappis, M., & Sideridis, A. (2010). Web and mobile technologies in a prototype DSS for major field crops, *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(2), 292-301, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.07.024>.
- Arévalo, J., Bayona, R., & Rico, D. (2015). El problema de la brecha tecnológica: un asunto de cultura. *Revista Sinapsis*, 7(7), 35- 43.
- Basu, S., & Sushanta, M. (2007). When does growth trickle down to the poor? The Indian case. *Cambridge Journal of Economics*, 32 (3), 461-477.
- Bewley, J., & Schutz, M. (2009). Potential of using new technology for estimating body condition scores. *18th annual tri state dairy nutrition conference*. Indiana, 91-532, Fort Wayne.
- Bosworth, G. (2010). Commercial counterurbanisation: an emerging force in rural economic development. *Environment and Planning A*, 42 (4), 966-981.
- Boz, I. A. (2005). Measuring livestock farmers' effect on sustainable agricultural and rural development. *Livestock. Research for Rural Development*, 17(8).

- Bozal, M. (2006). Escala mixta Likert-Thurstone. *Rev. Andaluza de Ciencias Sociales*, 5, 81-95.
- Budiyanto, C. (2017). Decision Support Systems Development for an Artificial Insemination Project in Community Based Precision Livestock Farming. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 122-142, Londres.
- Checkland, P., & Ornelas, M. (1994). Los Sistemas de Información y el Pensamiento de Sistemas: ¿Tiempo de unirse? *El Colegio de Sonora*, 7, 125-140.
- Chen, M., Wichmann, B., Luckert, M., Winowiecki, L., Förch, W., Läderach, P. (2018) Diversification and intensification of agricultural adaptation from global to local scales. *PloS one*, 13(5), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196392>
- Cobo, C. (2008). Aprendizaje adaptable y apropiación tecnológica: reflexiones prospectivas. *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales*. México.
- Colombia Digital. (2001). Apropiación de TIC para la inclusión social. Obtenido de <https://cutt.ly/grqWnrnI>
- Cortés, H., Aguilar, C., & Vera, R. (2003). *Sistemas bovinos de doble propósito en el trópico - Modelo de simulación*. *Archivos de Zootecnia*, 52(197), 25-34.
- Crockford, D. (2018). JSon. Obtenido de Introducing JSON: <https://www.json.org/json-en.html>
- Daza, L., Hernández, C., Quijano, A., & Serna, J. (2017). Plan estratégico del Departamento de Santander. Obtenido de <https://cutt.ly/MgSdBV7>
- De Benito, B., & Salinas, J. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- De Buck, A., Van Rijn, I. R., & Wossink, G. (2001). Farmers' reasons for changing or not changing to more sustainable practices: An exploratory study of arable farming in the Netherlands. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 7(3), 153–166. <https://doi.org/10.1080/13892240108438817>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2013). Cuentas Nacionales Trimestrales del producto interno bruto (PIB). Obtenido de <http://bit.ly/1jRq2fd>
- Dowson, O., Philpott, A., Mason, A., & Downward, A. (2019). A multi-stage stochastic optimization model of a pastoral dairy farm. *European Journal of Operational Research*, 274 (3) 1077-1089.
- Eastwood, C., Chapman, D., & Paine, M. (2012). Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: case studies of precision dairy farms in Australia. *Agricultural Systems*, 108, 10-18, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.005>.
- Eguia, J. (2012). *El videojuego como recurso para el aprendizaje estratégico en las aulas: El caso de Personatges en Joc*. Barcelona: Universitat de Vic, Comunicació Digital Interactiva.

- Erdiaw, M., & Khorshed, A. (2016). Towards understanding digital divide in rural partnerships and development: A framework and evidence from rural Australia. *Rural Studies*, 43, 214-224.
- Erumban, A., & De Jong, S. (2006). Cross-country differences in ICT adoption: ¿A consequence of Culture? *Journal of world business*, 41(4), 302-314.
- Featherston, C., & Doolan, M. (2013). Using system dynamics to inform scenario planning: a case study. *The 31st international conference of the System Dynamics Societ*. Cambridge.
- Fedegan. (2015). Normativa General Agropecuaria. Obtenido de <https://cutt.ly/ig5aLHO>
- Fernandes, A., & Da Silva, C. (2000). Decision Support Systems for Small Scale Agroindustrial Investment Promotion in Rural Areas. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 3(1), 1-7.
- Filip, F., Zamfirescu, C., & Ciurea, C. (2017). *Computer-supported collaborative decision-making*. West Lafayette: Springer International Publishing.
- Fisher, J., Farré, I., Dray, A., Khimashia, N., & Pérez, P. (2012). Serious games to explore uncertainty of future farms. *Proceedings of 16th Agronomy Conference*. New South Wales.
- Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. New York: M.I.T. Press, Cambridge, Mass.; Wiley.
- Frias-Navarro, R.; Montoya-Restrepo, L. (2020) Understanding knowledge creation processes among rural communities in post-conflict settings in Colombia. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 12(2), 231-255, <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2020.12.012>
- Fritz, S., See, L., Bayas, J., Waldner, F., Jacques, D., Becker, I., & Rembold, F. (2019). A comparison of global agricultural monitoring systems and current gaps. *Agricultural Systems*, 168, 258-272, <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.05.010>.
- Ghobakhloo, M.; Hong, T.; Sabouri, M.; Zulkifli, N. (2012) Strategies for successful information technology adoption in small and medium-sized enterprises. *Information*, 3, 36-67.
- Gobernación de Santander. (2016). Plan de Desarrollo social y económico 2016-2019. Bucaramanga. Obtenido de <https://cutt.ly/pg5frRf>
- Gómez, U., & Andrade, H. (2010). Propuesta de un modelo de simulación de ganadería intensiva bovina. *Octavo Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*. Colombia.
- Gómez, U., Andrade, H., & Vásquez, C. (2015). Lineamientos Metodológicos para construir ambientes de aprendizaje en Sistemas Productivos Agropecuarios soportados en Dinámica de Sistemas. *Información Tecnológica*, 25 (4), 125-136, <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000400016>
- Gómez, U., & Gómez, O. (2016). SAMI: Videojuego para el Aprendizaje Agropecuario soportado con Dinámica de Sistemas. *International Conference on Software Process Improvement*. México

- Gómez, U. & Orellana, M. (2018). Videojuegos serios para la apropiación de sistemas de información de apoyo en la toma de decisiones. Caso: Agroindustria bovina. Primer Congreso internacional de Tecnología Educativa (CITIE). Colombia
- Gómez, U., Orellana, M., & Salinas, J. (2018). Integración de Modelos de Simulación y Videojuegos Serios para la toma de decisiones en la Agroindustria. *Quinto congreso internacional de Ingeniería agroindustrial*. Costa Rica.
- Gómez, U., Orellana, M., & Salinas, J. (2019a). Apropiación de Sistemas de Tecnologías de la Información para toma de Decisiones de Productores Agroindustriales Basada en Videojuegos Serios. Una Revisión. *Información Tecnológica*, 30(5), 331-340, <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500331>
- Gómez, U., Orellana, M., & Salinas, J. (2019b). Apropiación de TI para la toma de decisiones de pequeños productores bovinos - Caracterización de las comunidades beneficiarias. *XXII Congreso Internacional EDUTECH*. Perú
- Gómez, U.; Orellana, M.; Salinas, J. (2020a) Promoviendo la asociatividad en pequeños productores bovinos mediante la generación de escenarios en un videojuego serio basado en Dinámica de Sistemas. XVIII Congreso Internacional de Dinámica de Sistemas. Colombia.
- Gómez Prada, U., Orellana, M., & Salinas, J. (2020b). Systems Dynamics and Serious video games in an Appropriation Strategy of a Decision support system of Small bovine producers. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 14(15), 4-24, <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i15.14597>.
- Gómez, U., Orellana, M., & Salinas, J. (2020c). Strategy for the appropriation of a DSS in small bovine producers using simulation and a serious video game, *Information*, 11(12), 566; <https://doi.org/10.3390/info11120566>
- González, B. (1999). *La Dinámica de Sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación*. Oviedo: Universidad de Oviedo. Facultad de Ciencias Económicas.
- Gonzalez, C. (2014). *Videojuegos para la transformación social. Aportaciones conceptuales y metodológicas*. Bilbao: Universidad de Deusto, España.
- Gregorini, P., Villalba, J., Provenza, F., Beukes, P., & Forbes, J. (2015). Modelling preference and diet selection patterns by grazing ruminants: a development in a mechanistic model of a grazing dairy cow, MINDY. *Animal Production Science*, 55(3), 360-375, <https://doi.org/10.1071/AN14472>
- Gros, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje. *Comunicación*, 1(7), 251-264.
- Haijun, Z., Weifeng, X., Jinghua, W., & Rong, W. (2015). *Approach of ICT in education for rural development: Good practices from developing countries*. India: SAGE Publications.
- Hancock, D., & Algozzine, B. (2017) *Doing case study research: A practical guide for beginning researchers*. New York: Teachers College Press.

- Harris, R. (2004). *Information and communication technologies for poverty alleviation*. Kuala Lumpur: United Nations Development Programme's Asia-Pacific Development Information Programme (UNDP-APDIP), Malaysia, 2004, ISBN: 983-3094-01-5.
- Heflin, H., Shewmaker, J., & Nguyen, J. (2017). Impact of mobile technology on student attitudes, engagement, and learning. *Computers & Education*, 107(1), 91-99, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.006>
- Hendrickson, J., Hanson, J., Tanaka, D., & Sassenrath, G. (2018). Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23, 265–271, <https://doi.org/10.1017/S1742170507001718>
- Hsu, C., Tsai, M., Chang, Y., & Liang, J. (2017). Surveying in-service teachers' beliefs about game-based learning and perceptions of technological pedagogical and content knowledge of games. *Educ. Technol. Soc*, 20(1), 134–143.
- Jago, J., Eastwood, C., Kerrisk, K., & Yule, I. (2013). Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities. *Animal Production Science*, 53(9), 907-916, <https://doi.org/10.1071/AN12330>
- Jaime, R. (2012). Modelamiento semántico con Dinámica de Sistemas en el proceso de desarrollo de software. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 19-34.
- Jara, R.; Russy, S.; Roco, L. (2020) Fleming-Muñoz, D.; Engler, A. Factors Affecting the adoption of agroforestry practices: Insights from silvopastoral system of Colombia. *Forests*, 11(6), 648, <https://doi.org/10.3390/f11060648>
- Kanti, B., Arshad, B., Mohamed, F., & Noh, K. (2018). *System dynamics: modelling and simulation*. Springer verlag (Singapor).
- Knox, K. (2015). Constructing an 'information strategy' in higher education: Perceptions, structure and action. Nottingham (*Doctoral dissertation*), Nottingham Trent University.
- Koutsouris, A. (2006). ICTs and Rural Development beyond the Hype. *Journal of Extension Systems*, 22(1), 46.
- Kruchten, P. (2004). *The rational unified process: an introduction*: Addison-Wesley Professional.
- Liu, P., Koroma, S., Arias, P., & Hallam, D. (2013). *Trends and impacts of foreign investment in developing country agriculture: evidence from case studies*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- López, C. (2016). El videojuego como herramienta educativa. Posibilidades y problemáticas acerca de los serious games. *Apertura*, 1(8).
- Lundström, C., & Lindblom, J. (2018). Considering farmers' situated knowledge of using agricultural decision support systems to Foster farming practices. *Agricultural Systems*, 159, 9-20, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.10.004>

- Maani, K. (2020). System dynamics and organizational learning. *System Dynamics: Theory and Applications*, 417-430, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5\\_543-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5_543-2)
- Macedo de Toledo, L., Barcelos Fernandes, T., Rodrigues, M., & Ambrósio, L. (2018). Modelling the Dynamics of Cow-Calf Dyadic Behavior. *International Journal of System Dynamics Applications (IJSDA)*, 7(4), 19.
- Machado, C., & Berger, H. (2012). Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. *Revista Argentina de Producción Animal*, 32(1), 87-105.
- Mahasuweerachai, P., Whitacre, B., & Shideler, D. (2010). Does broadband access impact migration in America? Examining differences between rural and urban areas. *Regional Studies*, 5-26; 40 (1).
- Marimin, Y., & Teniwut, K. (2013). Decision Support System for Increasing Sustainable Productivity on Fishery Agroindustry Supply Chain. *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems*, <https://doi.org/10.1109/ICACISIS.2013.6761592>.
- Markauskaite, L., Kelly, N., & Jacobson, M. (2020). Model-based knowing: How do students ground their understanding about climate systems in agent-based computer models? *Research in Science Education*, 50(1), 53-77.
- Mejía, A., & Cascante, M. (2007). Hacia una dinámica de sistemas crítica: Un marco conceptual para investigación y una ilustración en educación. *Quinto Congreso Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas*. Buenos Aires.
- Merriam, S. (2009). *Qualitative research. A guide to design and implementation*. San Francisco: Jossey-Bass.
- MinEducación. (2010). Niveles de la Educación Superior. Obtenido de <https://cutt.ly/s08SFB>
- Mir, S. A., & Padma, T. (2018). Generic Multiple-Criteria Framework for the development of agricultural DSS. *Journal of Decision Systems*, 26, 341-367, <https://doi.org/10.1080/12460125.2018.1437501>
- Molano, A. (2016). Tecnología para la agroindustria y las ciudades inteligentes en Colombia, Obtenido de Gestión total: <https://cutt.ly/MyUuyaN>
- Moras, J. (2015). *Serious games: diseño de videojuegos con una agenda educativa y social*. España: Editorial UOC.
- Morin, E. (2000). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Bogotá: Imprenta nacional (p.18).
- Morris, W., Henley, A., & Dowella, D. (2017). Farm diversification, entrepreneurship and technology adoption: Analysis of upland farmers in Wales. *Rural Studies*, 53, 132-143.
- Omnium games. (2013). CAP Odyssey: Planifica tu política agraria en el Mercado Común. Obtenido de <https://goo.gl/53xYYc>
- OMS. (2019). Ciclo de vida. Obtenido de [https://www.who.int/elena/life\\_course/es/](https://www.who.int/elena/life_course/es/)



- Ornetsmüller, C., Castella, J., & Verburg, P. (2018). A multiscale gaming approach to understand farmer's decision making in the boom of maize cultivation in Laos. *Ecology and Society*, 23(2), <https://doi.org/10.5751/ES-10104-230235>
- Otta, S., Quiroz, J., Juaneda, E., Salva, J., Viani, M., & Filippini, M. (2016). Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *FCA Uncuyo*, 48(1): 179-195.
- Pacheco, A., Avila, W., & y 10 más. (2004). Aspectos metodológicos para la construcción de un modelo computacional para la transferencia y enseñanza en la agroindustria panelera. Obtenido de Agrosavia: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019014135>
- Padilla, J., & Caicedo, J. (2017). Agro-SCADA: An SCADA system to support Sensor Monitoring in Agriculture. *International Conference on Agro BigData and Decision Support Systems in Agriculture*. Montevideo. Obtenido de <https://bit.ly/2Z8J0xO>
- Palloff, R., Pratt, K., & Stockley, D. (2001). Building learning communities in cyberspace: Effective strategies for the online classroom. *The Canadian Journal of Higher Education*, 31(3), 175.
- Papadakis, S. (2020). Evaluating a game-development approach to teach introductory programming concepts in secondary education. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 12(2), 127-145, <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2020.106282>
- Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2017). Using gamification for supporting an introductory programming course. The case of classcraft in a secondary education classroom. *Interactivity, Game Creation, Design Learning, and Innovation*, 366-375.
- Papadakis, S., Trampas, A., Barianos, A., Kalogiannakis, M., & Vidakis, N. (2020). Evaluating the Learning Process: The "ThimeEdu" Educational Game Case Study. *12th International Conference on Computer Supported Education*. Setubal.
- Park, S. (2017). Digital inequalities in rural Australia: A double jeopardy of remoteness and social exclusion. *Rural Studies*, 54, 399-407.
- Paz, O. (2012). Apropiación de TIC para la inclusión social. Obtenido de Corporación Colombia Digital: <https://cutt.ly/LhpQrx2>
- Poder Agropecuario. (2017). Alimentación del ganado y sistemas de pastoreo. Obtenido de <https://cutt.ly/8hd4Vf3>
- Ponnusamy, K., Sriram, N., Prabhukumar, S., Vadivel, E., Venkatachalam, R., & Mohan, B. (2016). Effectiveness of cattle and buffalo expert system in knowledge management among the farmers. *Indian Journal of Animal Sciences*, 86(5), 604-608.
- Pressman, R. (2014). *Ingeniería del Software*. México: Mc Graw Hill, Séptima Edición.

- Protil, R., & Barreiros, R. (2012). Strategic Control of Agro-Industrial Cooperatives: A Strategic Map Proposal. *30th International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen, Switzerland.
- Radwan, R., Jad, N., Odeth, L., & Mansour, A. (2016). A serious Game for Agricultural Knowledge Development. Obtenido de <http://weirdbeard.nl/demo/highlandfarmer>
- Richey, R., & Klein, D. (2014). *Design and development research*. 1. In Spector J., Merrill M., Elen J., Bishop M. (eds) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Springer, NewYork: Fourth edition, EEUU, 2008, ISSN: 978-1-4614-3185-5, [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_12)
- Rodríguez, J., Arroqui, M., Mangudo, P., Toloza, J., Jatip, D., Rodríguez, J., Mateos, C. (2017). Body condition estimation on cows from 3D images using Convolutional Neural Networks. *International Conference on Agro BigData and Decision Support Systems in Agriculture*. Montevideo, <https://bit.ly/2WtGVJG>
- Romaní, C.; Moravec, C; Cobo, C. (2011) *Aprendizaje Invisible: Hacia una nueva ecología de la educación*, Barcelona: Publicaciones y ediciones de la Univ. de Barcelona, España.
- Rosso, C., Lauric, A., De Leo, G., Bilotto, F., Carbonell, C., & Machado, C. (2018). Modelación productiva, económica y emisión de metano en sistemas de cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 44(2), 129.
- Rueda, R.; Franco, M. (2018). Políticas educativas de TIC en Colombia: entre la inclusión digital y formas de transformación social. *Pedagogía y saberes*, 48(9), 9-25, <https://doi.org/10.17227/pys.num48-7370>
- Ruiz, O., Arteaga, R., & Otros. (2011). Irrigation requirements and yield prediction in forage grasses using a simulation model in Tabasco, México. *Agrociencia*, 45(7), 745-760.
- Ryschawy, J., Charmeau, A., & et al, 3. (2018). Using the serious game Dynamix to design trade relationships among grain and livestock farmers in Ariège. *Fourrages*, 235, 207-212.
- Salemink, K., Strijker, D., & Bosworth. (2018). The participation society and its inability to correct the failure of market players to deliver adequate service levels in rural areas. *Telecommunications Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.013>
- Salinas, J., Negre, F., Gallardo, T., & Escandell, C. (2006). Modelos didácticos en entornos virtuales de formación: identificación y valoración de elementos y relaciones en los diferentes niveles de gestión. *Congreso Internacional EDUTEC*. Tarragona (España).
- Samaniego, R. (2017). Serious game as a way to boost self-regulated learning in higher education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 625-630. Turkey.

- Sandia, B., Luzardo, M., & Aguilar, A. (2016). Una visión del nivel de apropiación de las TIC en la Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela. *Sistema de Información Científica*, 99-112.
- Sarinho, V. (2019). Masters of the process: a board game proposal for teaching software management and software development process. *XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering* (532-536). Sao: Addison-Wesley Professional.
- Schaffernicht, M., Mayer, I., & Van Daalen, E. (2014). System Dynamics and Serious Games. *32nd International Conference of the System Dynamics Society*. Netherlands
- Schell, J. (2014). *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Boca Ratón, EEUU, Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Shikuku, K., Valdivia, R., & Otros 5. (2017). Prioritizing climate-smart livestock technologies in rural Tanzania: A minimum data approach. *Agricultural systems*, 151, 204-216, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.06.004>.
- Sierra, J. (2016). Metodología de evaluación de usabilidad para sistemas de información basados en Web (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Sierra-Suárez, J. (2017). Uso TIC agrícola aún tiene ajustes en la cosecha. Obtenido de <https://cutt.ly/nhd43Ca>
- Siregar, P., Supriatna, J., Koestoer, R., & Harmantyo, D. (2018). System Dynamics Modeling of Land Use Change in West Kalimantan, Indonesia. *Biotropia. The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, 25(2), 103-111.
- Somers, S., & Stapleton, L. (2014). e-Agricultural innovation using a humancentred systems lens, proposed conceptual framework. *AI & Society*, 29(2), 193-202.
- Suárez-Guerrero, C., Rivera, P., & Rebour, M. (2020) Preguntas educativas para la tecnología digital como respuesta. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (73), 7-22, <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.73.1733>
- Tarifa, E., Martínez, S., & Chalabe, S. (2013). Desarrollo de Sistemas de apoyo para la toma de decisiones en procesos productivos. *XV Workshop de investigadores en ciencias de la computación*. Paraná.
- United Nations Development Programme. (2015). Índice de pobreza multidimensional. *Human Development Reports*. Obtenido de: <http://hdr.undp.org/en/node/2515>
- Unity. (2018). Unity. Obtenido de <https://www.unitynetwork.com>
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). Agroindustria y comercio desaprovechan TIC. Obtenido de <https://cutt.ly/qhd7qQd>
- Vaillant, J., & Baldinger, L. (2016). Application note: An open-source JavaScript library to simulate dairy cows and young stock, their growth, requirements and diets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 120, 7(9), <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.11.005>

- Varela, L., Rivas, L., & Chaparro, J. (2010). Modelo de aceptación tecnológica (TAM): un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC. *Innovar*, 20-36.
- Victoria, R., Utrilla, S., & Santamaría, A. (2017). Aprendizaje basado en juegos. Una alternativa viable para la enseñanza significativa de la sustentabilidad. *Revista Electrónica sobre educación media y superior*, 4(7).
- Vidakis, N., Barianos, A., Trampas, A., Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Vassilakis, K. (2019). Generating Education in-Game Data: The Case of an Ancient Theatre Serious Game. *11th International Conference on Computer Supported Education*. Crete.
- Vinholis, M., Carrer, M., & Souza, H. (2017). Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. *Cienc. Rural*, 47(9).
- Walmsley, B., & Oddy, V. (2018). Modelling systems to describe maternal productivity, with the aim of improving beef production efficiency by eliciting practice change. *Animal production science*, 1(58), 193-205.
- Whittenbury, K., & Davidson, P. (2009). Beyond adoption: the need for a broad understanding of factors that influence irrigators' decision-making. *Rural Society*, 19(-), 4-16.
- Wright, W. (2006). Dream machines. *Wired Magazine*, 14(4), 110-112.
- Wu, J. (2018). A Space Design Teaching Model Using Virtual Simulation Technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(6), 163-175, <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i06.8585>
- Zhang, F., Kaufman, D., Schell, R., Salgado, G., Seah, E., & Jeremic, J. (2017). Situated learning through intergenerational play between older adults and undergraduates. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1).
- Zona-Ortiz, T., Fajardo-Toro, C. H., & Aguilar, C. (2020) Propuesta de un Marco general para el Despliegue de Ciudades Inteligentes apoyado en el desarrollo de IoT en Colombia. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informacao*. 28, 894-907

## 9 ANEXOS

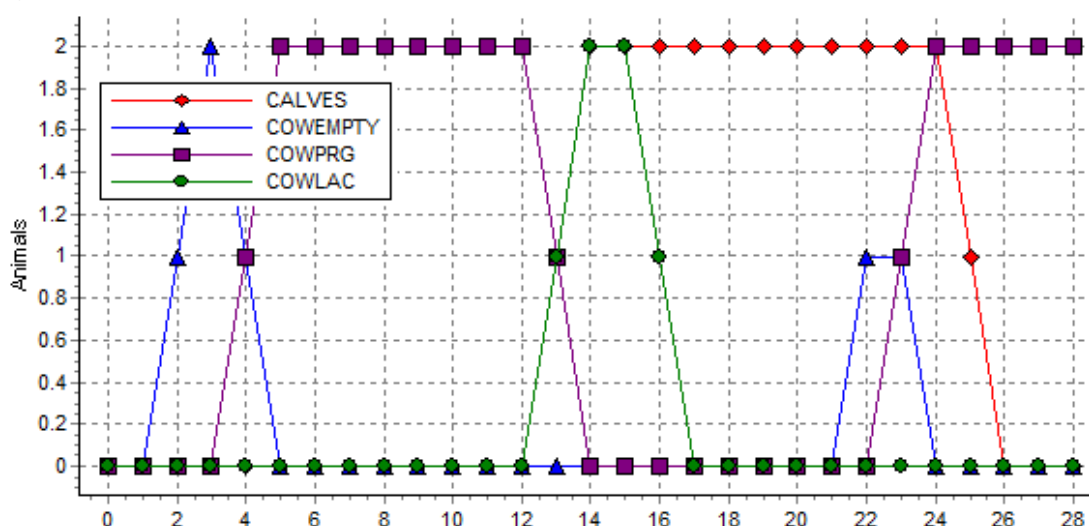
### 9.1 Modelo de Simulación

El modelo de simulación representa las características del sistema de producción bovina sobre las que se desea la formación de los ganaderos. El propuesto para la estrategia contempla como componentes los subsistemas: demográfico, biofísico, productivo, financiero (Gómez & Gómez, 2016), fue desarrollado en el entorno de modelado Evolución (Lince, Andrade, & Hernández, 2011). Avances del modelo fueron presentados en las ponencias II y IV y los artículos II y III.

La figura III del artículo III muestra una simulación del comportamiento de las variables y, para brindar más detalle al respecto, a continuación, en la Figura 5 y la Figura 6, se presentan comportamientos que surgen de posibles escenarios de simulación en el modelo.

La Figura 5 presenta el comportamiento de los cambios de estado de dos vacas, en ella se aprecia que en el mes dos, la vaca ingresa al sistema productivo, en el mes 3 son inseminadas y se convierten en vacas preñadas; nueve meses después paren y tras tres meses de descanso son inseminadas nuevamente (una de las vacas, un mes antes que la otra), en el mes 21 ingresa nuevamente una vaca vacía.

Figura 5. Modelo - Comportamiento de los animales



La Figura 6 presenta los ingresos, egresos y capital respectivo. Se aprecia que solo hasta el mes 24, se generan ingresos debido a la venta de las crías (no se ordeñaron las vacas lactantes por eso no hay ingresos por leche).

Las variables del modelo y sus ecuaciones se encuentran en la Tabla 12 en donde es presentado, el nombre de la variable, la descripción, unidades, el tipo (F: Flujo, N: Nivel, P: Parámetro, A: Auxiliar, R: Retardo, M: Multiplicador) y la ecuación respectiva.

Figura 6. Modelo - Comportamiento del Dinero, Ingresos y Egresos

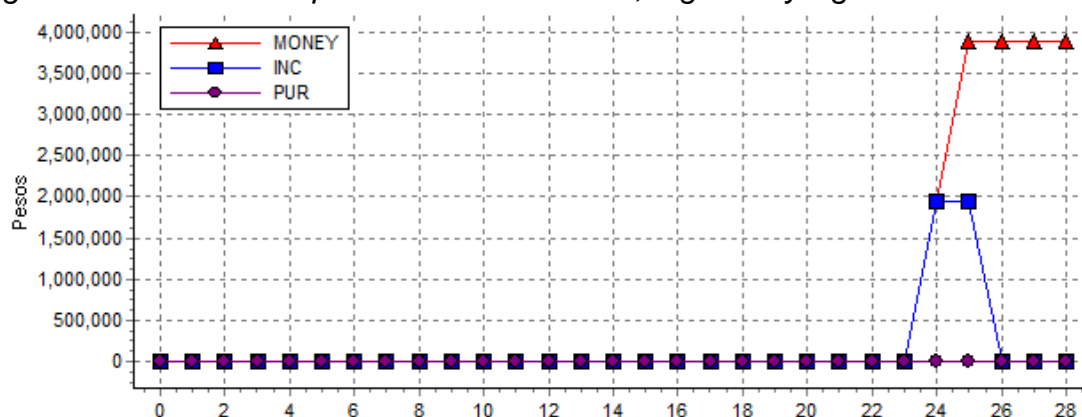


Tabla 12. Listado de variables y ecuaciones del modelo de simulación

#	Variable	Descripción	Unidades	T	Ecuación
1	Anm	Total de Animales	Animales	A	CowEmpty+MilkAnm+CowPrg
2	BFood	Alimento a comprar	Kg Alimento Inicial	P	6000
3	BWtr	Agua Inicial	Litros de Agua Inicial	P	0
4	birth	Nacimientos	Animales	F	R1
5	buyC	Compra de animales	Animales / Mes	F	if(and(T=1,Money>ICow*PCowBuy), ICow,0)
6	buyF	Compra de comida	Kg de alimento / Mes	F	if(BFood*PFood<=Money,BFood,0)
7	CEnt	Nacimientos de animales	Animales / Mes	N	birth
8	Calves	Terneras	Animales	N	0
9	Capital	Relación Costo Beneficio	Miles de \$	N	IMny
10	cns	Porcentaje de Consumo	Adimensional	P	0.1
11	CowEmpLac	Vacas Vacías Lactantes	Animales	N	0
12	CowEmpty	Vacas Vacías o Nuevo Vientre	Animales	N	0
13	CowPrg	Vacas Preñadas	Animales	N	0
14	CowPrgLac	Vacas Preñadas Lactantes	Animales	N	0
15	CowRest	Lactantes	Animales	N	0
16	expns	Egresos	Miles de \$ / Mes	F	(buyC*PCowBuy)+(buyF*PFood)+8

#	Variable	Descripción	Unidades	T	Ecuación
17	FCns	Comida consumida	Kg / Mes	F	$\text{if}(\text{Food} \geq \text{Anm} * \text{cns} * \text{Weight}, \text{Anm} * \text{cns} * \text{Weight}, \text{Food})$
18	fDsc	Animales que finalizan el descanso	Animales / Mes	R	R2
19	fNoLct	Animales que finalizan la lactancia	Animales / Mes	R	R4
20	Food	Comida	Kg	N	6000
21	ICow	Ingreso de Animales	Animales / Mes	P	1
22	IMny	Capital Inicial	Miles de \$	P	5000
23	incms	Ingresos	Miles de \$ / Mes	F	$(\text{sellMilk} * \text{PMikSell}) + (\text{sellC} * \text{Weight} * \text{PCowSell})$
24	inmE	Inseminación de Vacas Nuevo Vientre	Animales	F	$\text{if}(\text{IPrg} \leq \text{CowEmpty}, \text{IPrg}, 0)$
25	inmL	Inseminación de Vacas Vacías Lactantes	Animales	F	$\text{if}(\text{CowEmpLac} > 0, \text{CowEmpLac}, 0)$
26	IPIns	Indicador de Inseminación	Adimensional	A	1
27	IWght	Peso inicial	Kg	A	50
28	Milk	Cantidad de Leche	Litros de Leche	P	0
29	MilkAnm	Cantidad de animales productores de Leche	Animales	A	$\text{CowRest} + \text{CowPrgLac} + \text{CowEmpLac}$
30	MilkPrdPrm	Cantidad promedio de producción Leche por animal	Litros de leche / Animal	P	10
31	PCowBuy	Peso promedio del animal al comprarlo	Kg / Animal	P	300
32	PCowSell	Peso promedio del animal al venderse	Kg / Animal	P	3
33	PFood	Precio promedio del Kg de comida comprado	Miles de \$ / Kg de alimento	P	0.05
34	PMikSell	Precio promedio del litro de leche vendido	Miles de \$ / Litro de leche	P	1
35	prIncWgh	Porcentaje promedio de	Adimensional	P	0.04

#	Variable	Descripción	Unidades	T	Ecuación
		incremento de peso del animal			
36	R1	Retardo por la gestación	Animales / Mes	R	RETARDO(insmn,9,9,0)
37	R2	Retardo por el descanso	Animales / Mes	R	RETARDO(birth,3,3,0)
38	R3	Retardo por el crecimiento	Animales / Mes	R	RETARDO(CEnt,12,12,0)
39	R4	Retardo por fin de lactancia	Animales / Mes	R	RETARDO(insmnt,6,6,0)
40	sellC	Venta de Terneros	Animales / Mes	F	R3
41	sellMilk	Venta de Leche	Litros de leche / Mes	F	MilkAnm*MilkPrdPrm
42	WBuy	Compra de Agua	Litros de agua / Mes	F	if(BWtr*WtrPrc<=Money,BWtr,0)
43	WCns	Venta de Agua	Litros de agua / Mes	F	if(Water>=MilkAnm*cns*Weight, MilkAnm*cns*Weight,Water)
44	Water	Agua para el consumo	Litros de agua	N	6000
45	Weight	Peso del Animal	Kg	N	0
46	WghInc	Incremento del peso / Mes	Kg / Mes	F	if(birth>0,IWght,if(and(Weight<WghMax, Water>0,Food>0), Weight*prcTrn,0))
47	WghMax	Peso máximo	Kg	P	450
48	WtrPrc	Precio de animal por Kg de peso	Miles de \$	P	0.01



## 9.2 Videojuego Serio

El videojuego serio fue desarrollado en *Unity* y permite simular la administración de una finca, es decir, simular la toma de decisiones por parte del ganadero, esas decisiones fueron presentadas en la Tabla 1 del artículo III (se recuerda que las mecánicas del videojuego son tomadas del modelo de simulación).

Un resumen de las actividades en el videojuego es:

1. Al abrir el juego es iniciada la partida y es presentado un establo sin animales con las opciones a realizar en la parte superior.
2. A partir de esa actividad, el juego inicializa las variables y genera un archivo XML con la información de los parámetros del juego tales como fecha, dinero inicial de la organización.
3. El ganadero decide cuándo comprar animales, aunque en el caso de que esté iniciando, debe hacerlo obligatoriamente para que se activen las demás decisiones que puede tomar
4. El juego guarda el detalle de cada vaca comprado y según las acciones permitidas para cada animal, el juego va realizando las demás y calcula los valores generados después de cada evento, por ejemplo, comparar la cantidad ideal de comida o agua suministrada con la que se le debe dar, permitir la inseminación en caso de que esté condiciones, suministrar medicamento en caso de que se requiera, entre otras.

En la propuesta los videojuegos serios son asumidos como:

1. Instrumentos interactivos digitales orientados al entretenimiento y la formación (Schell, 2014).
2. Instrumentos que contemplan aspectos para generar conocimiento, es decir, que brindan la posibilidad de que el jugador controle muchas variables diferentes, tome decisiones, genere experiencias para la educación y la competitividad y, genere patrones que llevan a que los jugadores deduzcan información y modifiquen estrategias basados en nuevas experiencias (Victoria, Utrilla, & Santamaría, 2017).
3. Instrumentos con características que dan la opción de controlar diferentes variables, tomar decisiones, establecer estrategias y comparar efectos de sus acciones con niveles de formación en un entorno dado (Gros, 2009).
4. Instrumentos que deben ayudar en la comprensión de situaciones para ayudar a llevar a cabo los procesos del sistema representado y deben buscar transformaciones sociales, mejorar el rendimiento laboral y disminuir la brecha digital (Gonzalez, 2014).

El videojuego propuesto en esta tesis presenta características definidas por Eguia (2012), tales como:

1. Opera en función de una idea o historia en la cual se debe contar con múltiples escenarios, sigue reglas y para mejorar los resultados en su partida, se puede brindar asesoría de un tutor.
2. Brinda la posibilidad de construir equipos para lograr resultados.

3. Cuenta con dinámicas de juego (niveles, diversión, competencia, cambios, sentido del juego, recompensa, curiosidad, emociones).
4. Permite tomar decisiones (en el propuesto en esta tesis, cada jugador puede consultar sus decisiones en el DSS para conocer lo que hizo bien o mal).
5. Guía actividades de formación.
6. Permite comparar resultados con otras partidas y contrastar con lo que hizo en el videojuego cuando obtuvo los errores.

Y deja pendientes las siguientes:

1. Presenta varios mundos (el establo de la finca es siempre el mismo, aunque se pueden cambiar razas y características de complejidad como el capital de trabajo y otras condiciones de partida).
2. Permite dinámicas de juego de libre interpretación (es posible en la propuesta, pero la intención es que el ganadero revise los resultados en el DSS para recibir realimentación sobre sus aciertos y desaciertos, evitando interpretaciones erróneas que limiten su mejoramiento en la gestión de los procesos de su finca real)

El videojuego propuesto en esta tesis también sigue lineamientos como los expresados por Victoria et al (2017), los cuales por su utilidad fueron tomados como guía. El videojuego debe:

1. Favorecer la exploración de diversos enfoques y propósitos: recreativo, educativo, competitivo, colaborativo pudiendo llegar a ser una herramienta de investigación.
2. Considerar la transferencia de conocimiento, la apropiación y la generación de aprendizaje significativo en términos de sustentabilidad y responsabilidad social.
3. Identificar claramente el concepto que se desea enseñar para poder convertirlo en unidades sencillas de transferencia de conocimiento.
4. Recompensar el pensamiento sostenible a través de sus mecánicas y objetivos.
5. Promover el uso consciente de los recursos naturales
6. Fomentar la colaboración más que la competencia en la que gana uno solo
7. Ser aplicado en las sesiones de formación con reglas claras y concisas.
8. Promover el diálogo y la propuesta de nuevas alternativas por parte de los jugadores en sesiones posteriores a su uso.

### 9.3 Sistema de Información para la toma de decisiones (DSS)

En esta sección se presenta algunos detalles del DSS desarrollado para la estrategia, detalles que complementan lo descrito en las ponencias y artículos.

El DSS se integra con un videojuego serio (VS) y un modelo de simulación (MS) como aporte para la gestión de fincas bovinas y la trazabilidad en la Apropiación de TIC de los ganaderos, es decir que permite consultar información de las partidas realizadas en el VS y llevar control de los datos de una finca real.

En síntesis, las funcionalidades del DSS junto con la opción del menú que le correspondió son presentadas en la Tabla 13 (La aceptación de diez de las más significativas fueron evaluadas por los ganaderos, junto con las características de uso y sus resultados se encuentran en el artículo III, los marcados con asterisco también fueron implementados en la aplicación móvil).

Tabla 13. DSS - Resumen de las funcionalidades del DSS

#	Funcionalidades	Menú
El DSS de permitir:		
1 a 6	Gestionar parámetros: Municipios, Fincas, Lotes, Razas, Terceros, Usuarios	Administración
7	Gestionar animales	Animales
8	Presentar tareas por realizar a los animales	
9 -16	Gestionar eventos: Peso*, inseminación, ordeño*, vacuna*, muerte, compra, venta, traslado	Novedades
17	Gestionar Partos	
18	Gestionar Genealogía	Genealogía
19	Gestionar Pronósticos	Pronósticos
20-24	Generar Informes sobre: 1. Distribución Etaria 2. Producción individual* 3. Producción consolidada 4. Ingresos-Egresos 5. Cantidad de Registros diligenciados	Informes
25 - 28	Generar Informes de Seguimiento: 1. Ranking de Partidas 2. Listado de Partidas 3. Indicadores de Apropiación 4. Participación Individual y por Comunidad	Seguimiento
El DSS debe:		
29	Integrar el VS con el DSS	-
30	Permitir seguimiento a resultados de las partidas en el videojuego	-

En la Figura 7 se aprecia el diagrama de casos de uso en donde, se observa el actor al que le corresponde la funcionalidad, el caso de uso "jugar" no es descrito

pues es una acción que no se realiza en el DSS, sin embargo, se coloca para mostrar que el seguimiento también es para las partidas del VS.

Los actores que participan en la estrategia y tienen acceso al DSS son:

1. El Ganadero es el productor bovino que toma partidas simulando una finca real y la persona que responde por la administración general de una finca y tiene control de las opciones implementadas.
2. El Tutor es la persona que hace acompañamiento mientras se juega. Tras finalizar cada partida le ayuda a revisar los informes del DSS y le hace preguntas para que analice las bondades de tener la información gracias al DSS, algunas veces muestra errores.

Siguiendo los requerimientos propuestos, las opciones del menú, mostrado en la figura 2, son: Administración, Animales, Novedades, Genealogía, Informes, Pronóstico y Seguimiento. La explicación de cada una de las opciones del menú, es presentado a continuación.

Figura 7. DSS - Diagrama de Casos de uso

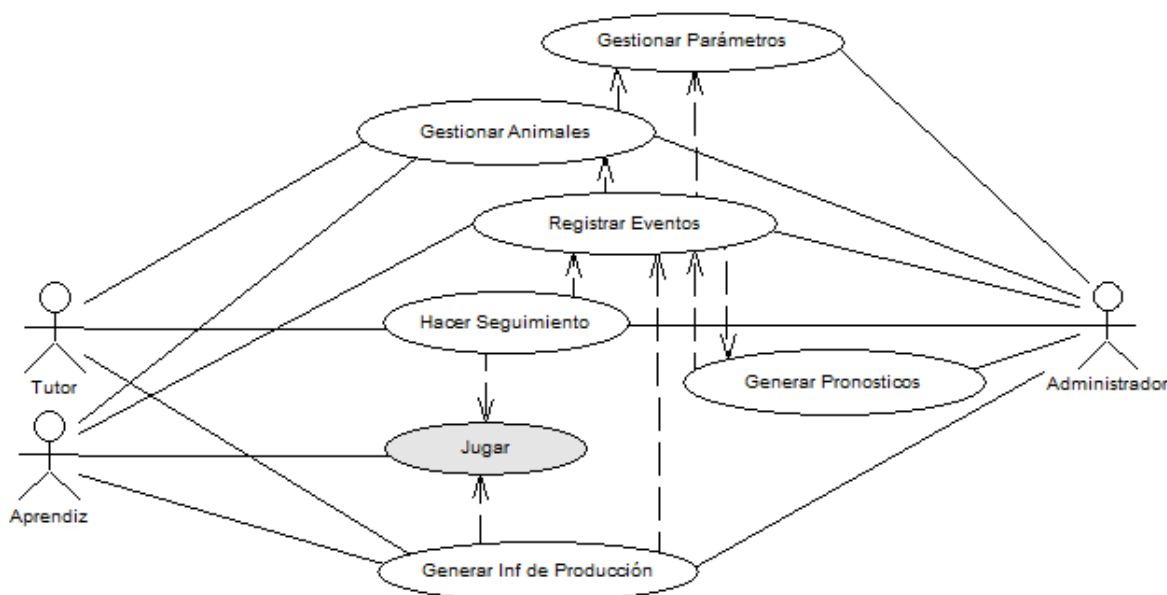


Figura 8. DSS - Menú



### 9.3.1 Gestión de Parámetros y animales

Las opciones de administración son los parámetros requeridos para la operación y la inclusión de los datos de los animales. Corresponde con las opciones necesarias para la operación, es decir, usuarios, terceros, fincas, lotes, razas, comunidades (permite asociar un ganadero a una comunidad).

Es la opción de Gestión de Animales se ofrece el inventario actual de animales y las opciones de agregar un nuevo animal y de ver los animales vendidos y muertos, en el listado presenta las opciones para editar, inactivar o consultar el registro completo del animal, adicionalmente, en la parte superior se encuentra el resumen de los datos de la finca.

Un ejemplo se puede observar en la Figura 9 la cual tiene datos de cuatro de los animales. Al abrir la opción, el DSS informa de la necesidad de cambio de estado de un animal por ejemplo de inseminar para que pase a vacía o a preñada, o por ejemplo de registrar un parto, es decir, de revisar porque no se ha dado dicho evento para un animal.

Figura 9. DSS - Informe de Animales

Fincas: 1 - Lotes: 1 - Terceros: 1 - Animales: 4 - Novedades: 29

Agregar Vendidos Muertos

	Tipo Animal	Raza	Numero	Fecha Nacimiento	Fecha Registro	Num Partos
	VDD	Cebu	14	2015-05-22	2015-05-22	1
	VDD	Cebu	12	2015-05-22	2015-05-22	1
	TOR	Cebu	11	0000-00-00	2018-05-30	0

### 9.3.2 Gestión de Eventos o Novedades

Las novedades corresponden con la opción de registrar y consultar los eventos que suceden en una finca (hay ejemplos en el artículo II y III y en la ponencia I). En la Figura 11, se presentan las opciones como se registran los eventos de pesar, ordeñar, vacunar, comprar (vender es muy similar), trasladar, reportar muerte. Tenga en cuenta que la compra del animal requiere dos pasos y que el parto requiere tres, así (lo demás eventos se dan en solo un formulario).

El registro de la compra requiere tres pasos:

1. Se debe registrar el animal dando clic en el botón agregar del informe presentado en la Figura 9 obteniendo el formulario de la Figura 10.
2. Al guardar el animal es presentado en el listado en estado de ingreso a la finca, el cual se cambia registrando la entrada del animal a la finca con una compra, un ejemplo se encuentra en la Figura 11.

El registro del parto requiere tres pasos y los formularios para ello son presentados en la Figura 12. Los pasos son:

1. Registrar los datos del parto.
2. Agregar los datos del animal que nació
3. Vincular los datos del padre al padre para el informe de Genealogía

Figura 10. DSS - Gestión de Animales

### Agregar Animal

Lote	Multipropósito, Topacio ▾
Tipo Animal	TRA ▾
Raza	Brahman Rojo ▾
Numero	26
Nombre	-
Fecha Nacimiento	13/05/2020

Figura 11. DSS - Gestión de Eventos o Novedades

#### Peso

Animal	11 ▾
Fecha	13/05/2020
Cantidad	1
Descripción	-

#### Leche

Animal	12 ▾
Fecha	13/05/2020
Cantidad	1
Descripción	-

#### Vacuna

Animal	11 ▾
Fecha	13/05/2020
Cantidad	1
Descripción	-

#### Compra

Tercero	Omar Lozano ▾
Animal	134 ▾
Fecha	13/05/2020
Cantidad	1
Precio	
Descripción	-

#### Traslado

Animal	11 ▾
Nuevo Lote	Multipropósito, Topacio ▾

#### Muerte

Animal	11 ▾
Fecha	13/05/2020
Descripción	-

Figura 12. DSS - Gestión de Partos

#### Parto

Animal	110 ▾
Fecha	13/05/2020
Cantidad	1
Hembras Vivas	1
Machos Vivos	0
Muertos	0
Descripción	-

#### Agregar Animal

Lote	Multipropósito, Topacio, Bucaramanga ▾
Tipo Animal	TRA ▾
Raza	Brahman Rojo ▾
Numero	1098
Nombre	-

#### Genealogía

Animal	1098 ▾
Animal Padre	109 ▾
Animal Madre	110 ▾

### 9.3.3 Informes de seguimiento

A continuación son presentados los informes para hacer seguimiento a la utilización del DSS, está conformada por varias opciones descritas en el artículo II y que se presentaron en los numerales 25 a 28 de la tabla 14.

### 9.3.3.1 Generación de los Pronósticos

La generación de pronósticos está conformada por varias opciones presentadas en el artículo II, corresponden con las opciones 25 a 28 de la Tabla 13.

### 9.3.3.2 Generación de informes

Los informes para hacer seguimiento a los procesos de la finca son Informes que presentan, de manera gráfica, información productiva de los animales o de uso del DSS (hay ejemplos en la ponencia II y el artículo II). Las opciones son:

1. Distribución Etaria: Presenta un diagrama de torta con porcentajes según demografía.
2. Producción por Animal: Muestra las curvas de comportamiento de cada animal según su edad por evento o en general para un rango de fechas.
3. Producción Consolidada: Presenta el total diario de producción de la fecha para la novedad de leche o peso, es decir la cantidad de litros de leche registrados o kilogramos pesados.
4. Cantidad. Registros / día: Muestra la cantidad de datos ingresados a la herramienta por evento o en general para un rango de fechas (presentado en la ponencia I)

### 9.3.4 DSS para Android

El DSS, como se mencionó en el artículo II y en la Tabla 13, tiene una versión para dispositivos Android que permite la gestión de eventos de manera asíncrona para poder usarlo sin acceso a internet y, que cuando se tenga acceso, se realice la sincronización de los datos.

En el DDS para móvil el ganadero debe iniciar sesión para proceder con la sincronización de los datos, la gestión de eventos y la generación de informes de eventos registrados en el móvil, además si hay internet puede consultar los que estén en el servidor web. Las opciones de administración e informes gráficos se deben generar desde la versión web como se presenta en la Figura 13.

En la Figura 14 es presentado el diagrama de actividades que explica la forma en que se da la sincronización de animales en el móvil, en el diagrama se aprecia que el móvil, siempre y cuando haya internet y desde el celular este habilitado la opción de sincronización recibirá de parte del servidor los datos de los animales registrados.

En la figura se observa el proceso de envío de datos desde el móvil al servidor, en el diagrama se parecía que:

1. El móvil revisa los registros que no se han enviado
2. Genera un JSON para hacerlo
3. Al finalizar, notifica la realización
4. Al subir los registros, el servidor genera un *JSon*

5. Envía los datos al móvil.

Figura 13. DSS - Diagrama de Casos de Uso para la aplicación móvil

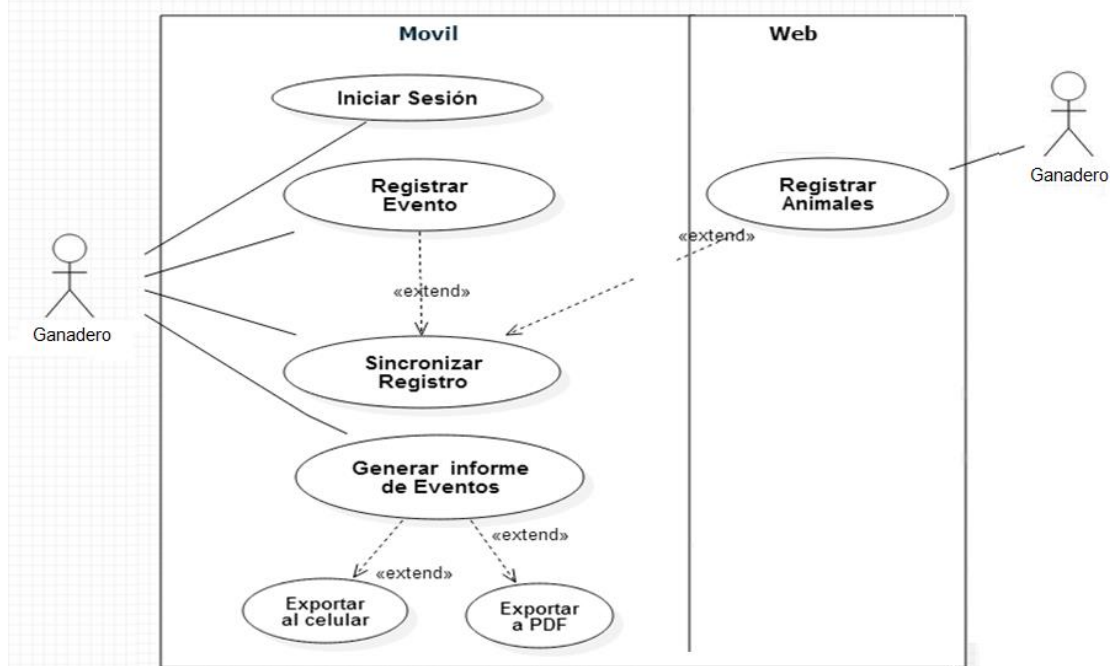
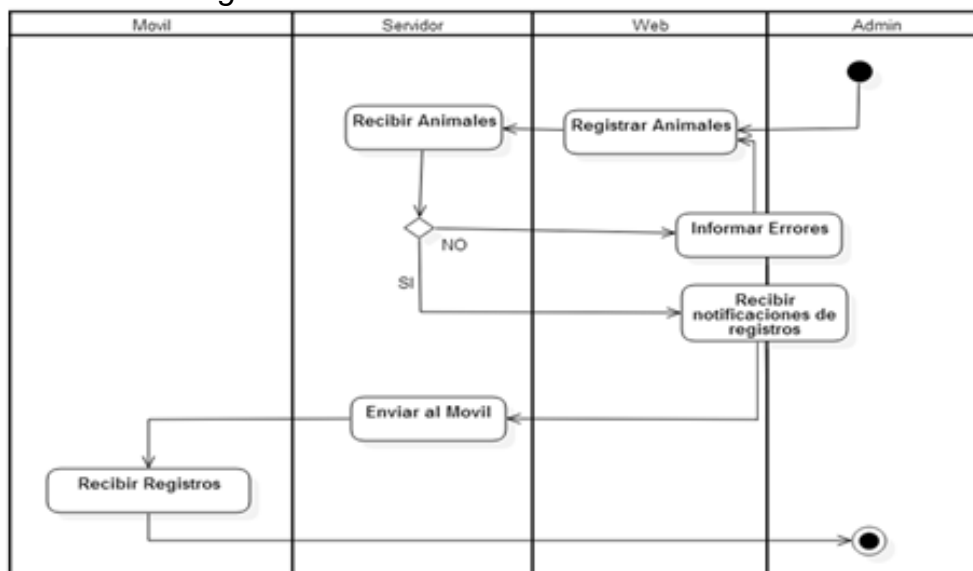


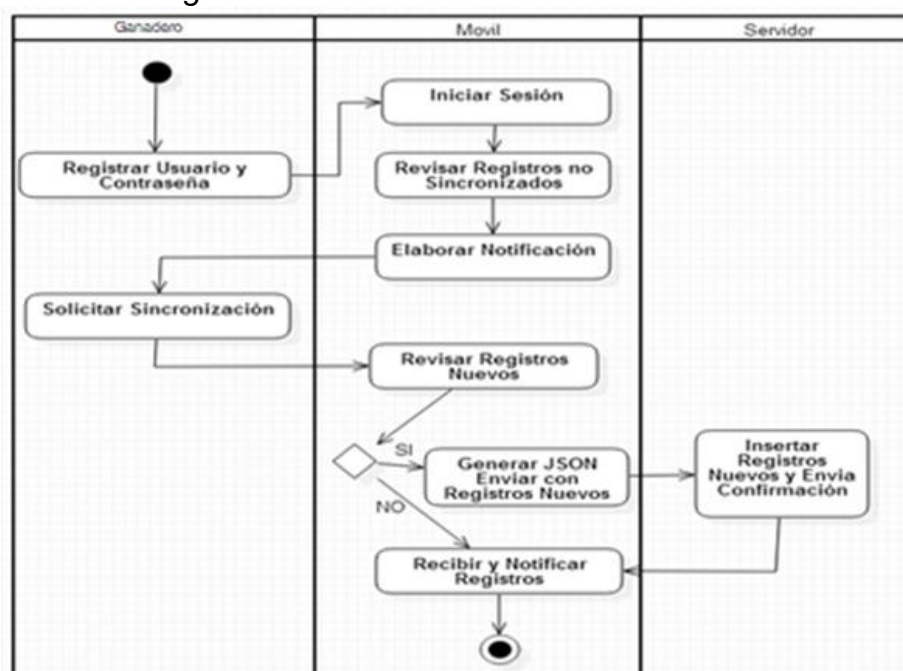
Figura 14. DSS - Diagrama de Actividades de la sincronización en el móvil



Debido a que en el móvil no se pueden registrar animales y a que si una novedad del mismo animal, en la misma fecha es registrado las dos veces, el DSS asume como verdadera la segunda, no se pierde información.



Figura 15. DSS - Diagrama de sincronización de eventos en el servidor



### 9.3.5 Plan de Pruebas del DSS

Tal y como se menciona en el artículo III, el DSS fue validado teniendo en cuenta datos de prueba suministrados por un ganadero. Los datos corresponden a los de una finca que tiene lotes (al menos uno), animales de más de una raza e información primario de vendedores y compradores de ganado.

A continuación es presentado un ejemplo del plan seguido en el que se ingresan datos de dos animales, uno para cada posibilidad, es decir, por compra o por parto en la finca.

En el primer caso se probará una compra y ese animal que se comprará llega como VP por lo tanto a continuación se registrará su parto. Para la prueba usted debe iniciar sesión con el usuario de prueba: [samii](#) y la contraseña: [123456](#), ese usuario ya tiene las cuatro condiciones.

En la primera prueba se detectó que el DSS no permitía guardar la cantidad de partos de la hembra y que no guardaba la fecha de nacimiento (toca clocarla por editar), y por tanto se corrigió. El ejemplo es presentado en la Tabla 14 y la Tabla 15

Tabla 14. DSS - Plan de Prueba para registrar animal por compra

#	Ganadero	Software	Datos	Revisar
Registrar animal				
1		Cargar combos de lotes, grupos etarios, razas		Que estén los datos de los combos
2	Seleccionar Lote Ingresar # de animal Seleccionar Raza		Doble propósito. [32] Brahmán Rojo	Que no deje ingresar un dato no numérico

#	Ganadero	Software	Datos	Revisar
	Ingresar Grupo Etario Ingresar fecha de nacimiento		VP [12/12/2015]	Que no deje ingresar fecha invalida
3	Enviar	Cargar formulario de Ingresar Compra		Que genere el formulario
4				<b>Observaciones:</b> El animal queda inactivo hasta registrar su ingreso
Registrar la compra				
1		Cargar terceros y animales inactivos		Contenido de los combos
2	Seleccionar animal Seleccionar el tercero Ingresar Fecha del evento Peso del animal en Kg Precio por Kg Observaciones		11 Oscar lozano [2019/10/10] [300] [3000] -	- Que no deje ingresar fecha invalida Que no deje ingresar dato no numérico Que no deje ingresar dato no numérico
3	Enviar	Notificar la compra		El mensaje de inserción exitosa
4				Que el animal este en la lista
5				Que los datos aparezcan en el informe de eventos y en el informe de compras

Tabla 15. DSS - Plan de Prueba para registrar parto

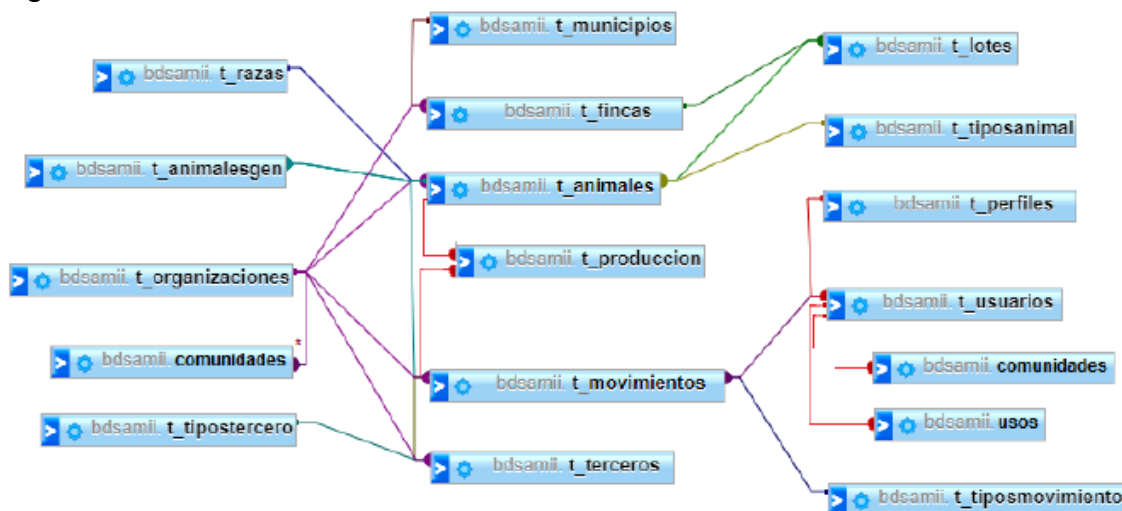
	Ganadero	Software	Datos	Revisar
1		Cargar el combo de animales VP		Que solo haya VP
2	Seleccionar animal Ingresar género o muerte		432 Una hembra	- Que no deje ingresar un dato no numérico
3		Cargar combo de lotes Cargar combo por etario Cargar raza de la madre Generar número según genero		Que esté el lote Que esté TRA (fue el género) Que esté Brahmán Rojo Que esté [el número debe ser par]
4	Seleccionar Lote Seleccionar Grupo Etario Seleccionar Raza Ingresar # del animal		Doble propósito TRA Brahmán Rojo 34	- - No deja ingresar un dato no numérico
5	Enviar	Cargar formulario de genealogía		Que genera el formulario de genealogía
6		Mostrar # del nacido Cargar combo de machos Cargar # de la madre		Que esté el 434 Que esté el 401 y no salgan hembras Que esté el 432 y no salgan machos
7	Seleccionar # de la cría Seleccionar # de padre Seleccionar # de madre		434 401 432	
8	Enviar	Presentar el listado de animales		Que el 434 esté en la lista Que la 432 tenga un parto más.
9				Listado de pronósticos: Fin del descanso (3 meses) Fin de la lactancia (9 meses) Destete (9 meses) Pesaje en un mes

En la primera prueba se detectó que el DSS no cargó el número de la madre en el combo de Genealogía y que no se podía editar un registro de una genealogía, se corrigió el error y se agregó el nuevo procedimiento.

### 9.3.6 Base de datos del DSS

Además de lo descrito en el artículo III, a continuación son describen algunos aspectos técnicos de la base de datos del DSS cuya estructura es presentada en la Figura 16. Posterior a la figura, hay un resumen de la opción que desempeña cada tabla en el DSS, y que están organizadas por tablas maestras, de transacciones o de seguimiento.

Figura 16. DSS - Estructura de la base de datos



Las tablas de datos maestros de la base de datos son:

1. Comunidades: Guarda el nombre de las comunidades en donde se agrupan los usuarios y la fecha desde la cual se inicia la medición.
2. Fincas: Tiene el nombre, la organización y el municipio al que pertenece.
3. Lotes: Grupo en el que se pueden clasificar los animales según la etapa productiva, por ejemplo: Ceba, Leche.
4. Municipios: Nombre.
5. Organizaciones: Guarda el nombre del grupo de fincas.
6. Perfiles: Nombre de los diferentes nombres de los perfiles de usuario.
7. Razas: Nombre de las razas.
8. Terceros: Datos de las personas que compran o venden animales.
9. Tipos de Animal: Registrar los nombres de los grupos etarios.
10. Tipos de Movimiento: Nombres de eventos que se pueden registrar.
11. Tipos de Tercero: Identificar el tercero como persona natural o jurídica.
12. Usuarios: Datos de cada usuario de la herramienta.

Las tablas para el manejo de las transacciones son:

1. Animales: tiene el número, raza y fecha de nacimiento de los animales.
2. Animales Genealogía: Relación del padre y la madre para cada animal.
3. Movimientos: Datos del evento (Tipo, Fecha de evento y registro, Lote, Animal, Valor, Tercero si aplica).

Las tablas para hacer seguimiento a los usuarios son:

1. Producción: contiene la información generada de los valores ideales que debe tener cada animal según sus características.
2. Usos: guarda la fecha de ingreso por usuario.

El videojuego serio migra los datos de las partidas al DSS y para ello realiza un proceso de transformación para generar los scripts según la base de datos. En la Figura 17, dividida en 6 secciones, se observa un ejemplo de la transformación del XML a los scripts de la migración a la base de datos. Ejemplos del archivo con el que se migran los datos desde el videojuego serio fueron presentados en las figuras 9 y 10 del artículo II.

En la Figura 17 se puede observar que el Id de la partida se toma como nombre de la organización, de la finca, del usuario, del lote y del tercero (tenga en cuenta que en las sentencias SQL fueron agregados algunos espacios para facilitar la lectura). Las secciones en la figura corresponden con las siguientes acciones en la base de datos:

1. Incluir tablas maestras como organizaciones, fincas, usuarios, lotes, terceros.
2. Insertar los animales de la partida.
3. Insertar el dinero en cada uno de los meses de la partida.
4. Insertar tres animales (los dos de la partida y el toro que se agrega para tener registro del origen de donde se obtuvo la pajilla).
5. Insertar los movimientos o eventos de cada decisión en la partida.
6. Actualizar los estados de los animales.

Figura 17. DSS - Scripts de migración del XML según la base de datos

1	<pre> INSERT INTO t_organizaciones (orgNmb, fechaReg,usrTr) INSERT INTO t_fincas (IdMunicipio, Finca, idora) INSERT INTO t_usuarios (IdLicencia, IdPerfil, Usuario, Pass, Nombre1, Apellido1, email, IdOrg) INSERT INTO t_lotes (Lote, idfinca, IdOrg) INSERT INTO t_terceros (idtiposTercero, Tercero, Documento, Telefono,idorg) </pre>	<pre> VALUES ("wfep6","2018-12-10 09:00:08",99) VALUES (1,"wfep6","659"); VALUES (1,1,"wfep6"... VALUES ("wfep6","663","659"); VALUES (1,"wfep6","wfep6","1111111",659); </pre>
2	<pre> INSERT INTO t_animales (IdLote, IdTipoAnimal, IdRaza, Numero, FechaNacimiento, IdOrg,estado) (663,14,3,663,"2017-09-10",659,1),(663,2,3,"656177","2017-10-10",659,1),(663,2,3,"783072","2019-06-10",659,1) </pre>	<pre> VALUES </pre>
3	<pre> INSERT INTO partidaestdnr (idorg,fecha,tiempo,dinero) </pre>	<pre> VALUES (659,"2019-01-10","1",4002000),-(659,"2020-10-10","22",4590000) </pre>
4	<pre> INSERT INTO t_animalesgen (IdAnimal,IdAnimalPadre,IdAnimalMadre,fecha) ((select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = "783072"),3227, (select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = 656177),"2019-06-10") </pre>	<pre> VALUES </pre>
5	<pre> INSERT INTO t_movimientos (IdTipoMovimiento, IdAnimal, Fecha, FechaRegistro, Cantidad, idorg, idtercero) (4,(select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = 656177),"2019-01-10","2019-01-10",0,659,665), (22,(select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = 656177),"2019-01-10","2019-01-10",20,659,665), (23,(select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = 656177),"2019-01-10","2019-01-10",26,659,665), ... (26,(select idanimal from t_animales where idorg = 659 and numero = 783072),"2020-10-10","2020-10-10","1",659,665) </pre>	<pre> VALUES </pre>
6	<pre> UPDATE t_animales SET IdTipoAnimal = 5 where idorg = 659 and numero = 656177; UPDATE t_animales SET IdTipoAnimal = 10 where idorg = 659 and numero = 783072; </pre>	

#### 9.4 Definición del Estudio de Caso

La estrategia metodológica está dirigida a pequeños productores bovinos y, teniendo en cuenta que la deserción puede ser alta, cuenta con la vinculación de cinco comunidades conformadas por mínimo cinco ganaderos pertenecientes a veredas de municipios del departamento de Santander. Se considera que 30 ganaderos de diferentes regiones son representativos para validar la propuesta.

Al iniciar el proyecto se tiene el consentimiento informado de cada uno de los participantes y durante el desarrollo se certifica que los participantes si cumplen con las condiciones de pequeño productor que no ha usado tecnología, se determinan elementos que deben tener las herramientas TIC y se mide el grado de aceptación de la estrategia y del DSS.

El proyecto es exploratorio por tanto la selección de la muestra será no probabilística caracterizada por la necesidad de representación de grupos típicos en donde la población son pequeños productores bovinos con bajo acercamiento a las TI. La definición de las características que deben cumplir los ganaderos corresponde a lo expresado por FEDEGAN (Fedegan, 2015) es un ganadero cuyo sistema productivo tiene máximo 25 animales e ingresos inferiores a 35 millones de pesos por año y adicionalmente que no hayan usado las TIC en la administración.

Las comunidades se ubican en municipios del departamento de Santander en Colombia tal y como se indica en el mapa de la Figura 18 (la caracterización de las comunidades fue descrita en la ponencia III). Las comunidades fueron seleccionadas por contar con pequeños sistemas de producción bovina semi-intensivos previo reconocimiento de los mismos. Los municipios fueron presentados en la ponencia III y el artículo III.

*Figura 18. Ubicación de las Comunidades – Vista Relieve y Vista normal*



Fuente: Pantalla tomada de *Google Maps*

La caracterización de las comunidades fue realizada con una encuesta que mide aspectos socioeconómicos de los productores. Los resultados fueron presentados en la ponencia III y el instrumento para tomar los datos fue descrito en la sección 9.5.1.

## 9.5 Instrumentos para la toma de datos

El proyecto requirió el diseño de instrumentos para identificar las características de los ganaderos y hacer la evaluación de la aceptación del DSS y de la estrategia, por tanto, la operacionalización de los tres instrumentos y el instrumento es presentada a continuación.

La valoración de los instrumentos fue llevada a cabo por tres expertos y se realizó, de manera general en cuanto a la organización, consistencia y suficiencia del instrumento, y de manera individual para cada una de las preguntas en aspectos como claridad, intencionalidad y relevancia. Un ejemplo de parte de la ficha es presentado en la Figura 19.

Figura 19. Ejemplo de la Ficha de Validación del Instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN				
JUICIO DE EXPERTOS				
I. DATOS GENERALES				
Evaluador:				
Grado académico:				
Institución:				
II. CRITERIO DE APLICABILIDAD				
Asigne una valoración cuantitativa para cada uno de los aspectos a evaluar según los siguientes criterios:				
1. Valores entre 0 y 9 (reformular) = Deficiente				
2. Valores entre 10 y 12 (modificar) = Regular				
3. Valores entre 12 y 15 = Buena				
4. Valores entre 15 y 20 = Muy buena				
2.1. Evaluación para todo el instrumento				
Los aspectos a evaluar en las encuestas son:				
1. Organización: Existe orden y lógica				
2. Consistencia: Se basa en el aspecto teórico científico y del tema de estudio.				
3. Suficiencia: Es suficiente para realizar la evaluación de lo que persigue el instrumento				
Instrumento	Organización	Consistencia	Suficiencia	Promedio
Caracterización	20	12	15	16

Algunas opciones de respuesta a las preguntas se basan en la escala de Likert, en donde los criterios a utilizar son relacionales, es decir son expresados con oraciones alusivas a las dimensiones, buscando que el encuestado establezca una relación con el ítem. Los ítems tienen dos posturas extremas y un ítem intermedio o neutral que sirve de graduación entre los extremos. Por tanto, se consideran ordinales, es decir, son respuestas posibles de ordenar o clasificar (Bozal, 2006).

### 9.5.1 Instrumento de Caracterización

Posterior a la explicación que se da al ganadero del proyecto se procede a firmar los consentimientos informados con lo que quedará claro que va a apoyar la construcción de las herramientas y que asumirá el rol de cuidar bovinos tomando las mejores decisiones que puede tomar para obtener el mayor rendimiento posible, buscando una producción estable y rentable.

El instrumento de caracterización busca identificar aspectos de cada ganadero, aspectos de su sistema productivo, la forma como toma decisiones y la intención de participar en la propuesta. Está dividido en cuatro partes:

1. Características del Ganadero y su sistema productivo: Corresponde con evaluación de las características socioeconómicas del ganadero, lo conforman las preguntas 1 a la 9.
2. Conocimientos del sistema productivo: Corresponde con la revisión del conocimiento del ganadero sobre el sistema productivo, lo conforman las preguntas 9 a la 14.
3. Decisiones en el sistema productivo: Corresponde con la forma como toman decisiones, lo conforman las preguntas 15 a la 16.
4. Intención de participar en la propuesta: Corresponde con la revisión de la forma como toma las decisiones en el sistema productivo y la aceptación que puede llegar a tener con la estrategia, lo conforman las preguntas 17 a la 19.

La operacionalización y el instrumento es presentado a continuación.

*Tabla 16. Operacionalización del Instrumento de Caracterización*

Dimensión	Categoría	Variable	Indicador	#
Características del Ganadero	Grado de Formación	Escolaridad	Selección única del Nivel de Escolaridad (MinEducación, 2010)	2
	Edad	Pertenencia a uno de los grupos demográficos	Selección única el grupo demográficos (OMS, 2019)	3
	Hogar	Integrantes. Caracterizar la conformación de las familias campesinas	Selección múltiple de los miembros	4+
Características de la Finca	Tamaño	Extensión de la finca dedicada a la producción bovina	Selección única de rangos de áreas en hectáreas	5
	Propiedad	Conocer si el sistema es propio o de su familia o de un tercero (se busca que sea propio o de sus padres y esté él a cargo)	Selección única	6+
	Cantidad de Animales	Conocer el número de Animales	Selección única de rangos de cantidades de animales	7
	Dedicación del Sistema productivo	Determinar sistemas de producción alternos a la ganadería	Selección única	8
	Razas	Determinar las razas comunes en la zona	Selección múltiple	9+
	Grupos Etarios para Ceba	Comprobar que manejan los grupos etarios o demográficos	Selección única del grupo etario	10

Dimensión	Categoría	Variable	Indicador	#
Conocimientos y Condiciones del Sistema	Grupos Etarios para Leche	Comprobar que manejan los grupos etarios o demográficos	Selección única del grupo etario	11
	Razas para Leche	Comprobar que conocen las mejores condiciones de cada raza para Leche	Selección única de la raza	12+
	Descanso por parto	Comprobar el conocimiento de los periodos de recuperación de la gestación	Selección única	13
	Cantidad de Alimento según el peso	Aunque la mayoría de los sistemas son extensivos o semi-intensivos poder identificar el conocimiento porcentual alimenticio	Selección única	14
Toma de Decisiones	Resolución de situaciones	Identificar la capacidad de decisión en el sistema (se busca que sea él quien decide)	Selección única con posibilidades*	15
	Resolución de problemas	Identificar la capacidad de decisión en el sistema (se busca que sea él quien decide)	Selección única con posibilidades*	16+
Intencionalidad y uso de la tecnología	Uso de TI	Conocimiento previo en el uso de herramientas TIC como Skype, Facebook u otras	Selección múltiple de herramientas	17+
	Interés en usar tecnologías	Identificar la capacidad de decisión en el sistema (se busca que sea él quien decide)	Selección múltiple con posibilidades*	18+
	Intención de Participación	Razones para hacer uso del proyecto	Selección múltiple con posibilidades*	19+

Observaciones:

La pregunta # 19 de aquí conecta con la # 1 en aceptación por la intención de revisar el antes y el después.

\* Las opciones consideradas son posibilidades reconocidas en las visitas de identificación de los ganaderos.

+ Brinda la opción de agregar comentarios.

## INSTRUMENTO DE CARACTERIZACIÓN

Esta encuesta es un aporte para el proyecto Estrategia metodológica para la apropiación de sistemas de información para el apoyo en la toma de decisiones soportada en Dinámica de Sistemas y videojuegos. Caso de estudio: Administración de Fincas o Sistemas Productivos Bovinos.

**Aclaración de uso de datos:** Los datos personales que solicita la encuesta no serán divulgados. Las respuestas se analizarán de manera consolidada (ninguna de las respuestas se analizará de manera individual). El objeto de esta es poder caracterizar aspectos relevantes al momento de revisar la apropiación de los sistemas de información para el apoyo en la toma de decisiones.

Responda por favor las siguientes preguntas (Cualquier duda, la persona a cargo se la aclarará):

### I. Características del Ganadero y su sistema productivo

Las preguntas a continuación hacen referencia a sus datos básicos o a su finca.



## 1. Presentación

Nombres y Apellidos		Municipio	
Número Telefónico		Nombre de la Finca	
Fecha		Email	

## 2. Grado de Formación

Indique el mayor nivel de formación académica alcanzado:

- Sin Formación Académica
- Primaria
- Secundaria
- Técnica
- Tecnológica
- Profesional Universitario
- Posgrado

## 3. Edad

Seleccione el rango correspondiente a su edad

- 12 a 17
- 18 a 27
- 28 a 59
- 60 años o más

## 4. Hogar

¿Regularmente con quién comparte el hogar?

- Conyugue
- Hijos
- Padre y/o Madre
- Hermanos

Si considera que existe otra persona por favor mencione el parentesco: \_\_\_\_\_

## 5. Tamaño de la Finca

Indique la cantidad aproximada en hectáreas en la finca dedicadas a la producción bovina:

- De 1 a 5
- De 6 a 15
- De 16 a 35
- Más de 35

## 6. Propiedad

La finca que administra es:

- Propia
- De su Familia
- De una persona que no es familiar y la ha tomado en arriendo
- De una persona que no es familiar y está contratado como administrador

Si considera que existe otra opción por favor menciónela: \_\_\_\_\_

## 7. Cantidad de Animales

¿Cuántos bovinos hay en su finca?

- De 1 a 5
- De 6 a 15
- De 16 a 25
- Más de 25

## 8. Dedicación del Sistema Productivo

La mayor parte de los bovinos de la finca están dedicados a la producción de:

- Leche
- Crías
- Carne

## 9. Razas

De la siguiente lista de razas, ¿cuáles hacen parte de su sistema productivo?

- Holstein
- Cebú
- Gyr
- Chino Santandereano

Si considera que existe otra opción por favor menciónela: \_\_\_\_\_

## II. Conocimientos del Sistema Productivo

Las siguientes ocho preguntas hacen referencia a sus conocimientos y condiciones del sistema productivo. Cabe aclarar que un grupo etario es determinado por el género, la edad y la pertenencia a una etapa específica del ciclo productivo de un animal. Ejemplos de grupos etario son terneros, novillos, vacas preñadas, entre otros.

### 10. Grupos etarios para Ceba

De los siguientes grupos etarios, ¿cuál considera que más disminuye la productividad en un sistema de ceba?

- Novillos y/o Novillas
- Terneros y/o Terneras
- Vacas Vacías
- Vacas Preñadas

### 11. Grupos etarios para Leche

De los siguientes grupos etarios, ¿cuál considera que disminuye la productividad en lechería?

- Novillos
- Terneros y/o Terneras
- Vacas Primerizas o Nuevo Vientre
- Vacas Preñadas

### 12. Razas para Leche

De la siguiente lista de razas, ¿cuál considera que es la mejor para la producción de leche?

- Holstein
- Cebú
- Chino Santandereano

### 13. Descanso Posparto

Las vacas después de parir deben recuperarse fisiológicamente para volver a quedar preñadas, ¿Cuál considera que es el tiempo ideal de recuperación?

- 4 semanas
- 8 semanas
- 12 semanas
- 16 semanas o mas

### 14. Alimentación

¿Cuál considera que es la cantidad ideal de alimento con que se debe contar diariamente para alimentar una vaca lactante de 400 Kg?

- 20 Kg
- 10 Kg
- 40 Kg
- 50 Kg

## III. Decisiones en el sistema productivo

Forma como toma las decisiones en la finca e interés de contar con un software de apoyo para tomarlas.

### 15. Resolución de situaciones relacionadas con la administración de la finca

Cuando se presenta una situación fuera de lo normal en la finca:

- Toma usted solo las decisiones
- Deja que el administrador de la finca tome las decisiones
- Deja que el dueño de la finca tome las decisiones
- Consulta con otras personas que le pueden ayudar a tomar la decisión

Si considera que existe otra opción por favor menciónela: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 16. Resolución de problemas de salud de los animales

Cuando se presenta un problema de gravedad en su finca, ¿A qué o quién recurre?

Experiencia

- Vecinos
- Entidad
- Contrata un veterinario

Si considera que existe otra opción por favor menciónela: \_\_\_\_\_

---

#### IV. Intencionalidad y Uso de Tecnología

Intención de incorporar tecnologías de información para la apoyar la administración de la finca

##### 17. Uso de Tecnologías de Información

¿Cuáles de las siguientes aplicaciones o tecnologías ha usado?

- Email
- Facebook
- WhatsApp
- Skype
- Videojuegos
- Excel
- Sistemas de información para el control de procesos de su finca
- Ninguna

Si considera que ha usado otras por favor menciónelas:

---



---

##### 18. Interés en usar tecnologías de información

¿Estaría interesado en usar tecnologías de información desde su celular o un computador para tomar decisiones en la finca a su cargo?

- Si
- No

Por favor indique las razones de su respuesta: \_\_\_\_\_

---

##### 19. Intencionalidad de participación

Usted puede participar en esta estrategia de adopción de sistemas de información para tomar decisiones en su finca. Indique las razones para hacerlo:

- Obligación o Compromiso
- Curiosidad
- Interés de mejorar las decisiones en su finca apoyándose en el uso de Tecnologías de Información

Si considera que existe otra u otras por favor menciónelas: \_\_\_\_\_

---

### 9.5.2 Instrumento de Aceptación

El propósito del proyecto es buscar la apropiación de TIC del sistema de información para la toma de decisiones. Se les pregunta por la intención por la que están usando de tal manera que sirva de evidencia para afirmar que el arraigo disminuyó o no y medir sí se logró o no el propósito y, aprovechar la aplicación del instrumento para medir si el ganadero es consciente del apoyo para el manejo de volúmenes de información, para la toma de decisiones y razones para apropiarse de la herramienta.

En los proyectos de software, posterior a la validación, es necesario hacer la evaluación de la aceptación de las herramientas por parte del usuario final. En este caso se visita a los usuarios que se hacen uso periódico del DSS y se aplica el Instrumento de Evaluación que se presenta en el Anexo 9.5. En este documento se busca obtener información que sólo puede dar el usuario final, la cual aporta valor al proyecto, teniendo en cuenta el propósito.

El instrumento fue adaptado de la propuesta realizada por Sierra en su tesis de maestría (Sierra J. , 2016) y del modelo de aceptación tecnológica (TAM) de TI (Varela, Rivas, & Chaparro, 2010) y como se mencionó antes de trabajar con las comunidades, se hicieron pruebas de validación en donde se revisaron, entre otros, aspectos como, por ejemplo:

1. Que la definición, formato y valor de los datos se presenta de igual forma en todas las páginas.
2. Que las secciones en que la interfaz se divide son las mismas en todo el sistema.
3. Que el DSS se ejecuta en los navegadores sin alterar su apariencia.
4. Que los datos ingresados sean validados en la interfaz.
5. Para el ingreso de información, los atributos que lo requieren muestran valor por defecto.
6. Los resultados presentados en las gráficas le permiten sacar conclusiones.
7. ¿Los elementos de la interfaz proporcionan información sobre el estado de las acciones?
8. ¿El color utilizado en cada elemento de la interfaz de usuario es siempre el mismo?

El instrumento mide:

1. La Intención de uso
2. Las características generales percibidas como eficiencia, utilidad, facilidad de uso, presentación y disfrute.
3. Funcionalidades

La operacionalización y el instrumento es presentado a continuación.

*Tabla 17. Operacionalización del Instrumento de Aceptación*

Dimensión	Categoría	Variable	Indicador	#
Adopción de tecnología	Razones de uso y utilidad	Razón de la frecuencia de uso	Identificar las razones que llevaron al ganadero a apropiarse la herramienta	1+
		Razones para usar la herramienta	Identificar las razones por las que consideró que la herramienta es útil	2+
	Intención de uso	Intencionalidad de Uso	Identificar si la desea seguir usando	3
	Razones de no uso en el futuro	Razón de no uso en el futuro	Razones para no seguirla usando	4+
Diseño y Desempeño	Eficiencia	Tiempos de respuesta	Desempeño, Respuesta el tiempo apropiado	5
	Utilidad o Satisfacción	Cantidad de datos solicitados	La cantidad de datos que debe ingresar son suficiente o si faltan	6
		Reportes	Utilidad de los reportes para la toma de decisiones, mide si da respuesta a las necesidades	7
		Conciencia del manejo de múltiples volúmenes de información	En consiente que los datos registrados se convertirán en información para futuras decisiones	8

Dimensión	Categoría	Variable	Indicador	#
	Presentación y Facilidad de uso	Atractividad de la Interfaz de Usuario	Gusto hacia DSS	9
		Tamaño de la letra y contraste de colores	Estética de las vistas del DSS	10
		Reconocimiento de las acciones relevantes	Facilidad para encontrar lo que debe hacer o recordar donde lo hace	11
		Importancia de los Mensajes o Advertencias	Apoyo del software con las alertas	12
		Registro y modificación del contenido	Permisividad para la edición de registros	13
	Disfrute	Disfrute (moverla con la de satisfacción)	Armonía en los elementos de presentación y funcionamiento	14
Funcionalidades	Administración	Terceros, Lotes	Suficiencia de los datos requeridos para los parámetros requeridos en otros registros	15 16
		Animales	Suficiencia de los datos requeridos para el registro del Bovino	17
	Eventos	De Peso, Ordeño y Partos,	Suficiencia de los datos requeridos para registrar los eventos de los animales	18 19
	Informes	Eventos, Egresos e Ingresos, Gráficos de Producción	Validez del informe de los eventos e informes de operación de manera tabular y gráfica (estadística)	20 21 22
	Pronósticos	de Parto, Destete, Inseminación	Pertinencia de los pronósticos de parto, destete, inseminación	23 24

Observaciones:

La pregunta # 1 conecta con la # 22 en la caracterización por la intención de revisar el antes y el después.

\* La primera pregunta es de selección múltiple con posibilidades, las demás son con la escala de Likert  
+ Brinda la opción de agregar comentarios.

## Instrumento de Aceptación del DSS

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Evaluar la aceptación y operación del Sistema de Información para la toma de decisiones

Este formato se aplica para evaluar el sistema de información para el apoyo en la toma de decisiones por parte del usuario final con el objeto de conocer su valoración y los aspectos a mejorar. Está dividido en tres partes: Intención de uso, la evaluación de las características generales y evaluación de las funcionalidades.

Por los informes recolectados se ha detectado que usted ha venido haciendo uso frecuente del sistema de información para la toma de decisiones.

### I. Razones de uso – Razones de frecuencia de uso - Utilidad

#### 1. Razones de Uso

Señale las razones que llevaron a que hiciera uso del sistema de información después de la capacitación:

- Obligación o Compromiso con el investigador
- Curiosidad
- Facilidad de uso (fue diseñado según los procesos que se manejan en su finca)

Haberse dado cuenta de que le facilita manejar grandes volúmenes de datos generados

Si considera que existen otras razones, menciónelas: \_\_\_\_\_

## 2. Razones de Utilidad

Señale las razones por las que considera útil el sistema de información:

- No lo considero útil
- Permite contar con información completa y confiable de los procesos de su finca
- Permite contar con información completa y confiable de cada animal de su finca
- Facilita tomar decisiones sobre los animales según su estado o edad

Si considera que existen otras razones, menciónelas: \_\_\_\_\_

## 3. Intención de uso futuro

¿Le gustaría seguir usando el sistema de información en el futuro?

- Sí  No

## 4. Razones que apoyan la decisión de no usar el sistema de información en el futuro

En caso de haber respondido "No" en la Intención de uso futuro, señale razones por las que no quisiera seguir usando el sistema de información:

- Le faltan procesos que se manejan en su finca
- La información que maneja de cada animal es insuficiente
- Los procesos que contempla no corresponden a los que se manejan en su finca
- No hubo claridad durante la capacitación sobre su funcionalidad
- Es difícil de usar
- No confía en los informes que presenta
- Se requiere demasiado tiempo para registrar los datos
- Las acciones que sugiere realizar para cada animal son insuficientes
- Considera que no aporta valor en la administración de la finca
- Considera que no se requiere para su finca pues la administración actual es eficiente
- Aunque lo encuentra útil, no se siente cómodo usándolo para administrar su finca

Si considera que existen otras razones, menciónelas: \_\_\_\_\_

## II. Diseño y desempeño del DSS (Experiencia de Usuario)

Con base en el uso que ha dado al sistema, responda por favor las siguientes preguntas marcando con una X en la casilla que corresponda según las siguientes opciones de respuesta:

1. En total desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo 4. De acuerdo 5. Totalmente de acuerdo

#	Eficiencia	1	2	3	4	5
5	Los tiempos de respuesta cada vez que accede a las opciones son adecuados					
<b>Utilidad o Satisfacción</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
6	El ingreso de datos es el necesitado y son útiles para tomar decisiones					
7	Los reportes generados son suficientes para reflejar los resultados productivos					
8	Es consciente del apoyo que brinda el sistema de información teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que maneja en su finca					
<b>Presentación y Facilidad de uso</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
9	La interfaz gráfica es atractiva					
10	La información puede ser leída de acuerdo a su tamaño y contraste entre colores					
11	Es fácil reconocer rápidamente en la interfaz las acciones más relevantes					
12	Los mensajes de error o advertencia al operar el sistema son útiles					

#	Eficiencia	1	2	3	4	5
13	El contenido que registra puede ser modificado con las respectivas restricciones					
Disfrute		1	2	3	4	5
14	Disfruta o le complace hacer uso del DSS					

### III. Funcionalidades

Siguiendo las funcionalidades del sistema de información, valore cada una según el servicio prestado marcando con una X en la casilla que corresponda según las siguientes opciones de respuesta:

1. No la ha usado
2. La ha usado, pero no la considera útil
3. La considera mediamente útil
4. La considera muy útil

#	Módulo	Funcionalidad	1	2	3	4	Observaciones
15	Administración	Gestionar Terceros					Por favor escriba sus sugerencias para mejorar cada funcionalidad, ya sea para ajustar lo que está o para incluir algo nuevo
16		Gestionar Lotes					
17	Animales	Gestionar Animales					
18	Eventos	Registrar Peso / Ordeño					
19		Registrar Parto					
20	Informes	Eventos					
21		Consolidado de egresos					
22		Gráficos de producción					
23	Pronósticos	Partos					
24		Inseminación					

Si considera necesario incluir algún módulo nuevo o alguna funcionalidad nueva, por favor escríbalo aquí: \_\_\_\_\_

Por favor escriba aquí las observaciones que quiera compartir con relación a su experiencia usando el videojuego o la herramienta, adicionales a las ya compartidas: \_\_\_\_\_

### 9.5.3 Instrumento de Deserción

El instrumento de deserción solo tiene una pregunta y es similar a la pregunta 4 del instrumento de aceptación. El instrumento es presentado a continuación.

#### Instrumento de Deserción

Objetivo: Evaluar los aspectos que llevaron a no usar el DSS SAMII.

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Esta encuesta es un aporte para el proyecto: Estrategia Metodológica para la Apropiación de sistemas de información para el apoyo en la toma de decisiones soportada en Dinámica de

Sistemas y videojuegos. Caso de estudio: Administración de Sistemas Productivos Agroindustriales Bovinos (SAMII)

**Aclaración de uso de datos:**

La encuesta no solicita datos personales. Las respuestas se analizarán de manera consolidada (ninguna de las respuestas se analizará de manera individual). El objeto de esta es por caracterizar aspectos relevantes al momento de revisar la Apropiación de TIC de los DSS.

Responda por favor la siguiente pregunta con respecto a las razones para no usar la aplicación (Cualquier duda, la persona a cargo se la aclarará) indicando las razones que le llevaron a no hacer uso del sistema de información a pesar de participar en el proceso de capacitación:

- Le faltan procesos que se manejan en su finca
- La información que maneja de cada animal es insuficiente
- Los procesos que contempla no corresponden a los que se manejan en su finca
- No hubo claridad durante la capacitación sobre su funcionalidad
- Es difícil de usar
- No confía en los informes que presenta
- Se requiere demasiado tiempo para registrar los datos
- Las acciones que sugiere realizar para cada animal son insuficientes
- Considera que no aporta valor en la administración de la finca
- Considera que no se requiere para administrar su finca, la administración actual es eficiente
- Aunque encuentra útil, no se siente cómodo usándolo para administrar su finca

Por favor escriba las observaciones o sugerencias que considera pueden ayudar a mejorar el sistema de información y su uso por parte de los ganaderos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## 9.6 Invitaciones a los participantes

[Municipio], [Fecha]

Señor  
**[Nombre]**  
E.S.M.

De manera atenta, yo, **Urbano Eliécer Gómez Prada** oriundo de Betulia e hijo de ganadero, conociendo su labor como ganadero de la región, le invito muy cordialmente para el próximo **[Fecha]** en la escuela de la vereda **[Nombre]** para conocer detalles de un proyecto de investigación que estoy realizando con la Universidad de Islas Baleares de España destinado a beneficiar la gestión de la información de su sistema productivo.

Los datos básicos del proyecto son:

**Título de la Investigación:** Estrategia Metodológica para la Apropriación de sistemas de información para el apoyo en la toma de decisiones soportada en Dinámica de Sistemas y videojuegos. Caso de estudio: Administración de Sistemas Productivos Agroindustriales Bovinos (SAMII).

**Objetivo:** Contribuir con la Apropriación de los Sistemas de Información para la Toma de Decisiones de los pequeños productores bovinos, mediante una estrategia metodológica que integre un Modelo de Simulación soportado con Dinámica de Sistemas con un Videojuego serios y con un Sistema de Información para la toma de decisiones para el mejoramiento en la operación del sistema productivo.

De antemano, le expreso mi agradecimiento y quedo en espera de poder contar con su colaboración.

Cordialmente,

**Urbano Eliécer Gómez Prada**  
Estudiante de Doctorado en Tecnología Educativa (UIB)  
Magíster en Ingeniería (UIS)  
Ingeniero de Sistemas (UIS)  
Email: urbanoeliecer@gmail.com  
Teléfono: (+57 7) 3167502899

## 9.7 Consentimiento Informado

**Título de la Investigación:** Estrategia Metodológica para la Apropiación de Sistemas de Información para el apoyo en la toma de decisiones soportada en Dinámica de Sistemas y videojuegos. Caso de estudio: Administración de Sistemas Productivos Agroindustriales Bovinos.

Responsable: **Urbano E. Gómez P.** Teléfono: **3167502899**

Email: **urbanoeliecer@gmail.com**

### Observaciones:

- Le estamos pidiendo que participe en un estudio.
- Usted no tiene que participar en el estudio.
- Si dice que sí, puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento.
- Por favor tome todo el tiempo que necesite para decidir.

### ¿Para qué se firma este documento?

Lo firma para poder participar en el estudio.

### ¿Por qué se está haciendo este estudio de investigación?

Se quiere saber más sobre la forma de ayudar a las personas que tienen un sistema de producción bovina. Este estudio ayudará a desarrollar una Estrategia Metodológica para la Apropiación de los sistemas de información para la toma de decisiones en productores bovinos. Se le está pidiendo a personas como usted, que apoyen las actividades que acarrea como las de acudir a unas capacitaciones y usar el sistema de información.

### ¿Qué pasa si decido participar en el estudio?”? Si dice que sí:

- Le preguntaremos sobre sus características como ganadero, sobre la finca y sobre su sistema de producción bovina
- Se le dará un formulario con preguntas para que usted las conteste.
- Si quiere, el responsable de la investigación le leerá las preguntas en voz alta y escribirá sus respuestas en el formulario (Estas preguntas no tienen respuestas correctas o incorrectas. Puede saltar cualquier pregunta si no quiere contestarla)
- Se le pedirá participar en algunas sesiones de capacitación sobre el uso del Sistema de información y que si lo siente útil que lo use en su sistema productivo.

**¿Cuánto tiempo tomará el estudio?** El estudio tomará alrededor de 16 horas de formación distribuidas en 10 sesiones.

**¿Qué pasa si decido que no quiero participar en el estudio?** Nada, nadie le tratará en manera diferente.

**¿Qué pasa si decido participar, pero cambio de opinión más tarde?** Usted puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento.

**¿Quién verá mis respuestas?** Las únicas personas autorizadas para ver sus respuestas son las que trabajan en el estudio y las que se aseguran de que éste se realice de manera correcta. Sus respuestas a la encuesta se mantendrán bajo llave en nuestros archivos.

**¿Cuánto cuesta participar en el estudio?** No tiene costo.

**Participar en el estudio, ¿ayudará de alguna manera?** Si, le ayudará en la administración de su sistema productivo bovino.

**¿Pagarán por el tiempo dedicado? No**

**Participar en este estudio, ¿podría ser malo para mí, de alguna manera? No**

**¿Qué se debe hacer si hay preguntas?** Llame al tutor del estudio, 3167502899, si:

- Tiene alguna pregunta sobre el estudio.
- Tiene preguntas sobre sus derechos.
- Cree que se ha lesionado de alguna manera por participar en este estudio.

**¿Es obligatorio firmar este documento?** No. Fírmelo solamente si desea participar en el estudio.

**¿Qué debo hacer para iniciar la participación en el estudio?** Tiene que firmar este documento. Le entregaremos una copia.

Usted sabe que:

- No tiene que contestar preguntas que no quiera contestar.
- En cualquier momento, puede dejar de participar en las actividades.
- Puede llamar a la oficina encargada de investigaciones al 3167502899 si tiene alguna pregunta sobre el estudio o sobre sus derechos.

Con la firma de este documento manifiesto que he sido debidamente informado, he recibido las explicaciones pertinentes para participar en el proyecto descrito y he aceptado participar.

\_\_\_\_\_  
Nombre

\_\_\_\_\_  
Finca

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha

## 9.8 Artículos II y III en castellano

Aunque los artículos II y III fueron publicados en inglés, a continuación son presentados en castellano.

### 9.8.1 Artículo II en castellano

#### **Dinámica de Sistemas y Videojuegos serios en una estrategia de apropiación de un Sistema de Información para la toma de decisiones para pequeños productores bovinos**

**Resumen:** Este documento presenta un sistema de apoyo para la toma de decisiones (DSS) dirigido a pequeños administradores de ganado que no han utilizado las tecnologías de la información (TI) en sus sistemas productivos. El DSS se construyó con base en las ecuaciones de diferencias finitas de un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas en cuya definición participaron los beneficiarios y sirvió como soporte para el desarrollo de un Videojuego serio. El DSS y el videojuego serio están soportados en una arquitectura web y móvil. El modelo y el videojuego, se utilizan como soporte en la capacitación impartida a los ganaderos para aprender a usar el DSS. Estas tres herramientas son el resultado de la investigación doctoral la cual se apoyó en su desarrollo por las metodologías: Investigación en diseño y desarrollo y estudio de caso. Las herramientas se aplicaron en una estrategia de apropiación con los administradores de ganado del departamento de Santander en Colombia, donde la resistencia al cambio y el apego cultural provocan una baja adopción de tecnología. La inclusión de elementos de gamificación ayuda al usuario a comprender la conexión de estos elementos y sus procesos en una granja real, el gran volumen de datos que se administra operando el DSS, mejora el proceso al hacerlo más divertido y mejora la curva de aprendizaje y proporciona datos útiles para rastrear el uso del DSS. 16 meses después del final de la capacitación, el DSS tiene más de 13,000 registros reportados sobre las actividades de los agricultores en sus fincas.

**Palabras Clave:** Tecnologías de la Información, Apropiación; Sistemas de información; toma de decisiones; pequeños productores bovinos; Videojuegos serios, Dinámica de Sistemas.

### 1. Introducción

Los ganaderos del sector rural colombiano necesitan formas de mejorar las decisiones que toman sobre sus procesos productivos para mitigar las pérdidas de datos y la incertidumbre del resultado de sus elecciones (Budyanto, 2017). Este documento presenta el proceso de construcción de tres herramientas destinadas a cubrir esta necesidad: un DSS, un videojuego y un modelo.

Las tres herramientas descritas en este artículo están dirigidas a pequeños productores bovinos que en Colombia se definen como aquellos que tienen un sistema productivo bovino con máximo 25 animales y sus ingresos son inferiores a 60 salarios mínimos legales por año (Fedegan, 2015). La gran mayoría de estos ganaderos presentan una baja adopción de tecnologías de información (TI) lo cual genera errores o retrasos en las decisiones, desconocimiento de las pérdidas o ausencia de utilidades (Gómez, Orellana, & Salinas, 2019b), por ende, se debe apoyar el desarrollo rural, entregando mejor información (Sierra-Suárez, 2017) y acelerando la apropiación en el uso de DSS (Walmsley & Oddy, 2018) con estrategias de apropiación (Whittenbury & Davidson, 2009).

El interés de trabajar en el desarrollo de un DSS el cual es basado en un modelo de simulación que integra un Videojuego serio fue generado por el soporte requerido en herramientas que entreguen información y los forme en prácticas agrícolas que modifiquen patrones de conducta (Molano, 2016)

Los pequeños ganaderos participaron en el desarrollo de las herramientas para sugerir características que debe tener el DSS, como la eficiencia del desempeño profesional y la posibilidad de evolución en la capacitación, y para ayudar a comprender los volúmenes de información que ocurren con los procesos.

La integración busca potenciar la adopción de tecnología por parte de los pequeños productores, aprovechando las ventajas que ofrecen el modelo y el videojuego para facilitar la comprensión del sistema productivo y los beneficios de la tecnología para la toma de decisiones entre diferentes alternativas que se deben analizar a partir del objetivo que se persigue en el sistema administrado tal y como describió (Filip, Zamfirescu, & Ciurea, 2017).

En el desarrollo del DSS se tuvieron en cuenta los contextos sociales para identificar las estrategias cognitivas con las que el sistema debe contar, un lineamiento importante en el sector rural afirmado por *Lundström y Lindblomb* (2018). La información recolectada sobre los procesos fue obtenida de la interacción con los ganaderos y posteriormente fue representada en las tres herramientas: modelo, videojuego y DSS. Las mecánicas del videojuego, los informes de pronóstico del DSS y parte de los informes productivos se basaron en las ecuaciones en diferencias finitas del modelo.

## **2. Marco de Referencia**

Una revisión sistemática que muestra el grado de avance de Apropiación de TI en la agroindustria y la necesidad de contribuir con ella fue descrita por *Gómez, Orellana & Salinas* (2019a). La revisión fue realizada en *Scopus* y *Web of Science* y buscaba conocer el grado de utilización del modelado con Dinámica de Sistemas y de los Videojuegos serios en estrategias de apropiación de DSS para productores agroindustriales. Como resultado se concluye principalmente que, aunque si hay trabajos al respecto, se presenta las oportunidades de unificar el conocimiento y de alinear en las tres herramientas de TI, la forma de llevar a cabo los procesos para planear las estrategias productivas aprovechando, en las herramientas de simulación, beneficios que ofrecen tales como el apoyo a la comprensión, la comparación de escenarios y la generación de conciencia sobre el volumen de datos que se generan en los procesos productivos.

El marco de referencia que soporta el DSS se compone de temas como Sistemas de Producción Bovina, Apropiación de TI, videojuego y Dinámica de Sistemas. Un resumen de cada tema que soporta el DSS es presentado a continuación.

### **2.1. Sistemas de Información para la toma de decisiones (DSS)**

Los DSS son sistemas de información que además de ser un conjunto de varios componentes orientados a la gestión de datos e información organizados para su uso, ofrecen alternativas de decisión a variados problemas (Pressman, Ingeniería del Software, 2014). Así mismo se definen como sistemas informáticos interactivos que ayudan a tomar decisiones utilizando datos y modelos para problemas no estructurados (Sarinho, 2019).

En las decisiones, un aspecto fundamental es la comprensión de los procesos ya que esta se toma por etapas tales como el análisis de la información y la evaluación de alternativas de solución según la evaluación de los posibles resultados (Tarifa, Martínez, & Chalabe, 2013). Las

decisiones pueden apoyarse en simulación para generarlas o para fortalecer las actividades de capacitación (Rosso, et al., 2018).

## **2.2. Apropiación de TI**

La Apropiación de TI de acuerdo a (Daza, Hernández, Quijano, & Serna, 2017) es la capacidad o competencia de usar herramientas que gestionan información para generar cambios en la forma de realizar procesos aumentando la calidad de los productos y mejorando los resultados.

La propuesta en la que se enmarca el DSS busca la apropiación de los productores que apoyan la educación, la competitividad y la colaboración proporcionadas por el modelo y el videojuego.

## **2.3. Sistemas de Producción Bovina (SPB)**

Un sistema de producción bovina es una organización de elementos denominada normalmente finca con una actividad económica dinámica que comprende la producción y comercialización de productos agropecuarios bovinos que cuenta con aspectos demográficos, biofísicos, productivos y financieros que se deben controlar para generar utilidades tal y como se afirma en (Gómez, Andrade, & Vásquez, 2015).

## **2.4. Gamificación y Videojuegos serios**

La Gamificación incorpora estrategias de los juegos para apoyar el mejoramiento de alguna habilidad y para interiorizar conocimientos de una forma más divertida desarrollando compromiso e incentivando el ánimo de superación gracias a la motivación que logra en los aprendices (Hsu, Tsai, Chang, & Liang, 2017)

Los videojuegos son un instrumento interactivo digital orientado al entretenimiento y al aprendizaje, que mediante controles permite simular experiencias en un dispositivo electrónico y son diseñados con un propósito educativo más allá de la pura diversión (Schell, 2014).

Los videojuegos serios contemplan aspectos para generar conocimiento, es decir, dan al jugador la posibilidad de que controle variables diferentes, tome decisiones y genere experiencias para la educación, la competitividad generando patrones que llevan a deducir información y a modificar estrategias basadas en dichas experiencias (Victoria, Utrilla, & Santamaría, 2017).

## **3. Metodología de Investigación**

El estudio marco orientado a una estrategia de apropiación de TI del cual el desarrollo del DSS es uno de los objetivos, se basó en la Metodología de Investigación en Diseño y Desarrollo (*Design and Development Research*) y en la de Estudio de Caso.

*Design and Development Research* es recomendada cuando se requiere mejorar una práctica apoyándose en herramientas de TI y aplicando procesos que se ajustan al contexto, en donde los beneficiarios participan en la formulación, ejecución y reflexión (Richey & Klein, 2014) y cuando el estudio se orienta la exploración de nuevos entornos de aprendizaje basadas en el contexto, según Salinas *et al* (Salinas, Negre, Gallardo, & Escandell, 2006)

Caso de estudio se da por la importancia de trabajar con comunidades, asumida cada una como una instancia única social para el análisis, en donde, al trabajar con cada integrante, se facilita la toma de decisiones debido a la capacidad para generar hipótesis y descubrimientos (Merriam, 2009).

La Dinámica de Sistemas es una metodología para aprender, explicar y recrear fenómenos en términos de modelos de simulación que permite observar el comportamiento de un sistema en diferentes circunstancias (Andrade, Dyner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001). Los modelos se basan en diagramas de bucles causales y uno de ellos, el diagrama de nivel de flujo, representa ecuaciones integrales en diferencias finitas no lineales que permiten simular estrategias o escenarios en el sistema (Kanti, Arshad, Mohamed, & Noh, 2018).

La metodología para el desarrollo del videojuego y el DSS es RUP, una metodología de desarrollo de software que identifica cuatro fases en las cuales, se generan documentos técnicos y el software (Padilla & Caicedo, 2017). Estos productos se llevan a cabo en flujos de trabajo y su ejecución debe contar con buenas prácticas, por ejemplo, el control de versiones del código.

RUP es considerada una metodología iterativa e incremental. Iterativa, pues permite repetir el ciclo de las cuatro fases en más de una oportunidad, e incremental, porque en cada iteración se aumenta el alcance de los flujos de trabajo.

Un ejemplo de lo llevado a cabo en la elaboración del DSS es presentado en la Tabla 1 en la cual se muestran las fases, sus propósitos y los productos obtenidos (Se hicieron tres iteraciones que llevaron al mejoramiento de los productos que conforman el DSS).

Tabla 1. Fases y productos en la construcción del DSS siguiendo RUP

<b>Fase: Propósito</b>	<b>Productos</b>
Inicio: Definición de entidades y estructura de los procesos en el sistema productivo.	Descripción de los procesos del sistema de producción bovina* Modelo en Dinámica de Sistemas Videojuego Listado de Requerimientos
Elaboración: Determinación del marco de trabajo arquitectónico, definición del plan, construcción de los modelos específicos, es decir, algunos de UML	Documento de Diseño Diagramas de Arquitectura Casos de uso* Actividades* Entidad-relación Vistas de usuario*
Construcción: Programación del DSS	DSS
Transición: Utilización en entorno real.	Pruebas de Aceptación del DSS*

\* Los productos marcados corresponden a aquellos en los que participaron los ganaderos

#### **4. Resultados**

En la investigación se propuso la estrategia de apropiación que se aplicó, mejoró y validó en varias sesiones con ganaderos del Santander, Colombia en los municipios de Lebrija, Valle de San José y Betulia. La estrategia tiene diez fases, las cuales son:

1. Formalización de saberes y elaboración del Marco de referencia
2. Desarrollo de herramientas a partir de la versión preliminar del modelo
3. Caracterización de los ganaderos y de sus sistemas de producción bovina
4. Construcción del modelo de manera colaborativa con los ganaderos.
5. Actualización y validación de herramientas
6. Capacitación con el Videojuego serio
7. Capacitación del DSS para el manejo de la finca simulada

8. Uso del DSS para la gestión de la finca real con ayuda del tutor
9. Uso del DSS para la gestión de la finca real sin ayuda del tutor
10. Medición del uso de las herramientas

En estas fases se definen tres momentos en los que se utilizan las herramientas y de donde el objetivo total de apropiación surge del ganadero recibe una inducción sobre el modelo de simulación con Dinámica de Sistemas con modelos simples para que conozcan la metodología y apoyan con sus ideas la construcción de una nueva versión del modelo para los Sistemas de Producción Bovina porque cuando el desarrollador termina la nueva versión del videojuego serio, que se presenta en varias sesiones y esto les ayuda a conocer la estructura y sepa que las decisiones tomadas pueden consultarse en el DSS.

El videojuego serio y el DSS siguen tres momentos presentados en la Figura 1, la descripción de cada momento es la siguiente:

1. El ganadero interactúa con el videojuego en un sistema de producción simulado y, aprovechando la posibilidad de consultar resultados en el DSS de las partidas, revisa los informes arrojados permitiéndole reflexionar sobre sus decisiones para que en una siguiente partida juegue mejor, el ejercicio busca que el ganadero tome conciencia del volumen de datos que maneja en su sistema de producción bovina. En este ejercicio el ganadero cuenta con el acompañamiento de un tutor (en este caso el investigador), quien lo apoya en el manejo del videojuego y le realiza preguntas orientadas a concientizarlo sobre los beneficios de contar con la información generada por el DSS, tal y como lo expresa (Filip, Zamfirescu, & Ciurea, 2017), preguntas que el DSS le resuelve al ganadero al revisar los informes. Después de la capacitación, el ganadero puede jugar para reafirmar el conocimiento.
2. El ganadero, después de los ejercicios de simulación con el videojuego que le permitieron comprender el propósito y la información generada por el DSS, interactúa directamente con el DSS para gestionar los datos de su finca. El manejo del DSS y de sus informes, permite al ganadero potenciar la comprensión y toma de decisiones sobre su finca. En este ejercicio el ganadero cuenta también con el acompañamiento de un tutor que apoya en el manejo del DSS.
3. El ganadero sigue interactuando directamente con el DSS como herramienta de apoyo para la gestión y toma de decisiones de su finca o sistema productivo real, pero ya empieza a hacerlo en forma autónoma, es decir, sin el acompañamiento del tutor.

A continuación, se presentan el modelo de simulación, el videojuego y el DSS, así como la forma integrada en que fueron construidos, describiendo las contribuciones que el modelo y el videojuego serio hacen al DSS.

#### 4.1. Modelo de Simulación

El modelo representa los sistemas de producción bovina y delimita los procesos y elementos a contemplar en la estrategia de apropiación. Fue desarrollado con la participación de los ganaderos en las primeras sesiones realizadas con ellos y posteriormente implementado en Dinámica de Sistemas.

La figura 2 presenta parte del modelo en el diagrama de influencias, en donde se pueden apreciar ciclos de realimentación que se dan en el sistema de producción bovina, por ejemplo, partiendo de la variable animal se puede leer que, al *hidratar* y *alimentar*, los animales *crecen* generando mayor *peso* identificado como el animal que se transformará en carne que se puede *vender* para generar *ingresos* que aumentan el *capital* para *comprar* más *animales*.



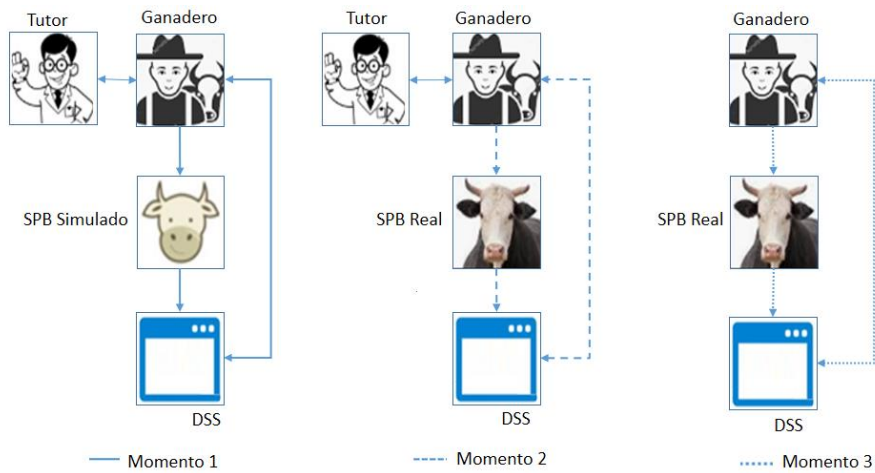


Figura 1. Momentos de la estrategia de apropiación

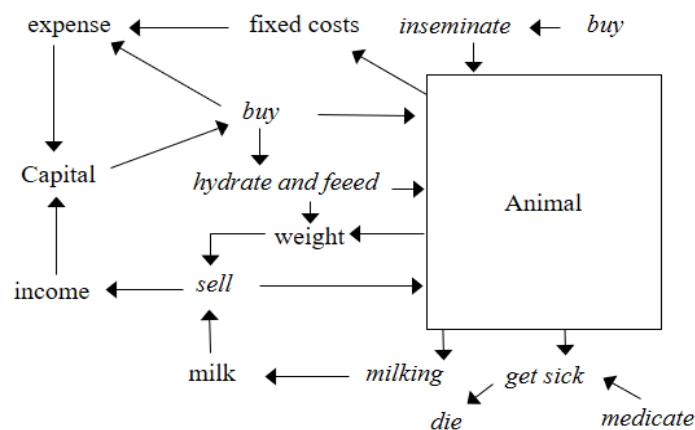


Figura 2. Diagrama de influencias general del sistema de producción bovina

La variable “Animal” del diagrama de influencias debe descomponerse en los grupos etarios que el animal presenta en un sistema productivo, colocando solo las hembras son: Ternera, Vaca vacía, Vaca preñada, Vaca en días de descanso, Vaca vacía lactante y Vaca preñada lactante tal y como se aprecia en la figura 3.

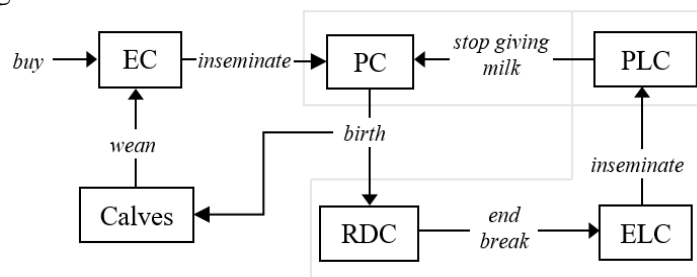


Figura 3. Diagrama de influencias para grupos Etarios

La figura 4 su correspondencia con el diagrama de Flujo-Nivel de donde se obtienen ecuaciones en diferencias finitas para las mecánicas del Videojuego y para los pronósticos del DSS. En ambos lenguajes del modelo, solo es presentada la parte de grupos etarios presentados en las figuras. Además, en el diagrama de la figura 4 se aprecia que los niveles corresponden con los grupos etarios y los flujos con los eventos. La descripción del diagrama es el siguiente:

El proceso inicia al comprar un Vaca vacía, la cual se *insemina* para convertirse en un Vaca preñada (VP), la Vaca Preñada (VP) al *parir* cambia su estado a Vaca en días de descanso (VDD)

y produce una Ternera (TRA), posterior al *descanso* la VDD pasa a Vaca Vacía lactante (VVL) la cual se *insemina* para ser una Vaca preñada lactante (VPL). Tres meses antes de parir, la VPL se *deja de ordeñar* y pasa a ser nuevamente una Vaca Preñada (VP). Este ciclo se puede repetir por hasta por 15 partos según las condiciones del animal. La Ternera (TRA) después de su proceso de *crecimiento*, es *vendida* o pasa a ser una Vaca Vacía (VV) que al *inseminarse* se convierte nuevamente en una Vaca Preñada (VP) y el ciclo vuelve a iniciar.

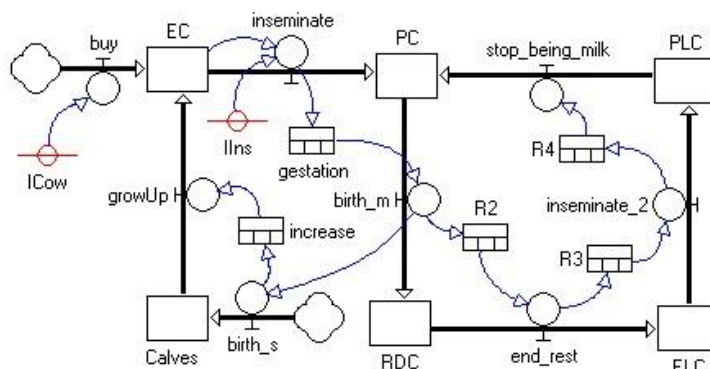


Figura 4. Diagrama de Flujo-Nivel de los grupos etarios de un sistema de producción bovina

A continuación se presentan a modo de ejemplo, tres ecuaciones correspondientes al diagrama de nivel de flujo en donde se aprecian los eventos "comprar" e "inseminar" (eventos en los que el ganadero decide en el videojuego y la granja real, "ICow" e "IIns" son las variables para identificar en el modelo que un animal fue comprado o inseminado). Estas ecuaciones junto con otras 66 se iteran en el tiempo y van generando los resultados en las partidas del Videojuego serio.

1.  $buy(t) = ICow$
2.  $EC(t) = EC(t-1) + buy(t) + growUp(t) - inseminate(t)$
3.  $inseminate(t) = if(EC(t-1) > IIns, IIns, 0)$

## 4.2. Videojuego Serio

El videojuego simula incorporar gamificación para familiarizar en el uso de las TI mediante la lúdica mostrando la coherencia con el modelo, simula los procesos productivos que ya conocen. Es usado principalmente en las sesiones de capacitación realizadas en el primer momento para que los ganaderos tomen decisiones del sistema de producción bovina simulado y concientizarlos del volumen de información que se dan en una finca ya que los resultados pueden ser consultados en el DSS. Fue desarrollado usando Unity, un motor de desarrollo para la creación de juegos y contenidos 3D interactivos (Unity, 2018), siguiendo también la metodología RUP al igual que el DSS.

La figura 5 presenta parte del diagrama de clases del videojuego, es decir, en donde se aprecia que una partida (es decir un sistema de producción bovina) se compone de lotes que a su vez se componen de animales, en el diagrama se aprecian los mismos eventos del modelo.

El videojuego siguió los lineamientos expresados en el modelo, pero con una interfaz amigable con el usuario que permite simular la administración de una finca. Cada decisión que toma el ganadero al jugar y cada evento que ocurre en la partida, se guarda como respaldo en un archivo XML cuyo nombre corresponde con un identificador único que después se lleva al DSS, para generar informes que el ganadero consulta como si se tratara de una finca real, con estos informes puede responder preguntas sobre sus decisiones para revisar aciertos y desaciertos en la operación.

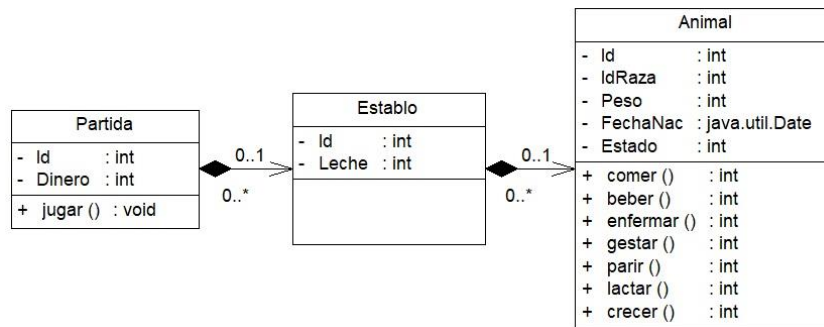


Figura 5. Parte del Diagrama de clases del videojuego

Se espera que al dar la oportunidad para que el ganadero revise en el DSS el volumen de información de las decisiones tomadas en la partida, se facilite la capacitación de las funcionalidades que ofrece el DSS para la administración del sistema real y le muestre la importancia de usarlo.

En el videojuego, al iniciar una partida se le entrega al ganadero una finca con un establo vacío y le son presentadas las condiciones, es decir los valores asignados a los parámetros, entre ellos, el capital para que lo administre y para que tome decisiones y en la parte superior, los controles de las decisiones que puede tomar (los cuales corresponden con las mismas acciones que hay en el modelo). Un ejemplo de una partida en el videojuego es mostrado en la partida de la figura 6, donde se están administrando dos animales. En la derecha, el dinero de la partida y los datos del animal que esté seleccionado.

A medida que el ganadero va mejorando los resultados en las partidas, se le asignan escenarios de mayor complejidad, como, por ejemplo, mayor probabilidad de enfermedad en los animales, diferentes precios de compra de los animales, entre otros.



Figura 6. Ejemplo de una partida en el videojuego

### 4.3. Sistema de información para la toma de decisiones

El DSS está soportado en una Arquitectura Web y Móvil, fue desarrollado en HTML5, PHP y JavaScript y cuenta una base de datos MySQL y SQLite. En la figura 7 es presentada parte del diagrama entidad-relación en donde se aprecia que hay animales a los que se les asigna una raza y que para cada animal se hacen registros de producción que surgen de los eventos, en ella se aprecia que los elementos y eventos del modelo son los mismos del videojuego que fue presentado en el diagrama de clases del videojuego (Figura 5) y del escenario de juego (Figura 6) y son los mismos que hay en la base de datos del DSS (Figura 7).

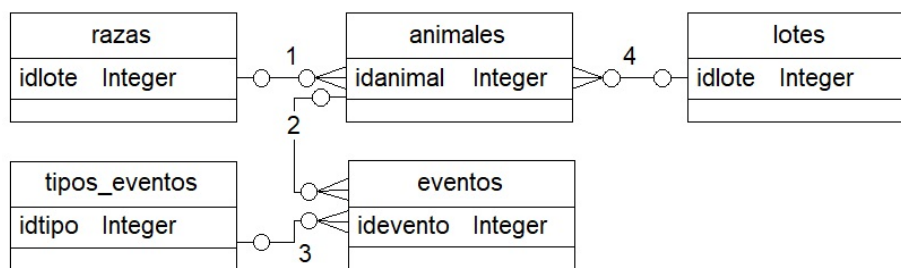


Figura 7. Parte de la Base de datos del DSS

Con el propósito de poder consultar decisiones de cada partida, asumida cada una, como una forma de contar con experiencias que se dan en la administración de un sistema de producción bovina, el DSS recibe los datos del videojuego para consultar las decisiones tomadas en cada partida. Las decisiones se consultan de la misma manera como se hace con el sistema real.

Adicionalmente, estos eventos son presentados en el módulo “Eventos”, el cual ofrece la opción de registrar cada situación que suceda a un animal.

Las herramientas que se desarrollaron son coherentes entre sí, es decir, se desarrollaron siguiendo la misma estructura del modelo para facilitar el proceso de construcción y utilización en las sesiones de formación con los ganaderos para la gestión del sistema de producción bovina. Adicionalmente de la relación presente entre elementos y eventos de las tres herramientas, la integración del DSS y el videojuego se da porque en el DSS es posible consultar lo que pasó en una partida del videojuego. Una explicación de ello es presentada a continuación.

La Figura 8 se asemeja al diagrama de arquitectura y al diagrama de colaboración del lenguaje unificado de modelado. En ella se observan los elementos presentes en la migración, es decir: el videojuego, el navegador web y el servidor (compuesto por el controlador, el modelo y la vista). A partir de ella se presentará el proceso de consulta en el DSS y el proceso de recibir datos del videojuego, después se describirán funcionalidades del DSS e informes para hacer seguimiento.

**Descripción del proceso de Consulta en el DSS:** Tras la migración de los datos de las partidas, el ganadero puede ingresar a consultar en detalle, mediante listados e informes gráficos, los resultados obtenidos con respecto a información productiva de los animales. La descripción del proceso que se da en el DSS cuando se consultan los resultados es presentada en la Figura 8 así:

1. El navegador solicita una consulta de los resultados mediante *https*.
2. El controlador la recibe.
3. El controlador ejecuta la sentencia SQL en el modelo.
4. El modelo hace la consulta y entrega los datos al controlador
5. El controlador suministra los datos a la Vista.
6. La Vista entrega el resultado en el navegador.

**Proceso de recepción de datos del Videojuego serio:** Como se dijo antes el DSS ofrece la posibilidad de que el videojuego envíe los datos al DSS y que el ganadero ingrese al DSS a consultar sus resultados y vaya adquiriendo habilidad en su uso. La descripción del proceso de recepción de las decisiones que tomó el ganadero en videojuego al DSS fue presentada en la Figura 9 siguiendo los números romanos, así:

- i. El videojuego genera un XML con los datos de la partida que jugó el usuario y los envía por protocolo *https* al servidor.
- ii. El Controlador recibe datos y los transforma en scripts según la estructura de la base de datos.
- iii. El Controlador ejecuta los scripts para dejarlos guardados en la base de datos.

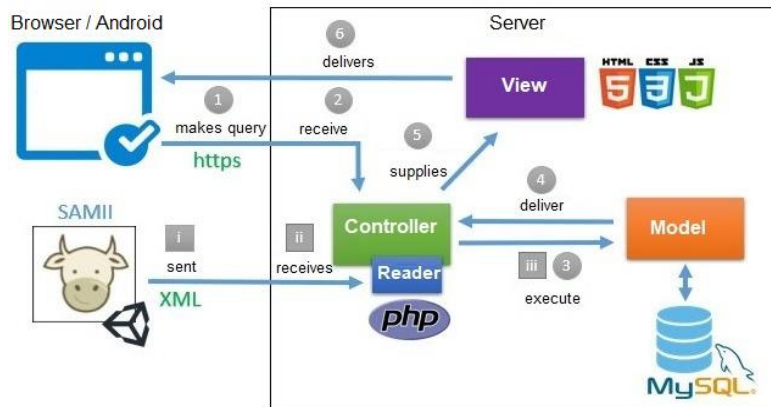


Figura 8. Arquitectura del DSS y Diagrama de colaboración

Un ejemplo de la migración de datos desde el videojuego al DSS es presentado a continuación.

En el videojuego se le presenta al jugador un establo con sus comederos, a la derecha de la pantalla se le muestran características del sistema productivo y de los animales seleccionados. A la derecha de la figura 9 se observa la partida *wwfep6* la cual va en el mes uno, el jugador compró la vaca número 656177 que se inseminó y por eso está preñada, pesa 260 Kg y se le suministraron 20 Kg de pasto y 26 litros de agua. A la parte izquierda se aprecia la sección de archivo XML correspondiente a los eventos del mes. Observe las etiquetas XML para los eventos o atributos: comprar, inseminar, suministrar comida, agua, el dinero al finalizar el mes y el estado del animal.

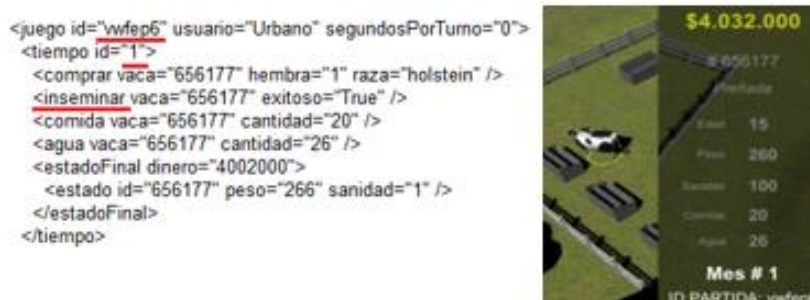


Figura 9. Parte del Archivo XML según partida en el mes 1

La Figura 10 presenta la misma partida, pero en el mes 22, en ella hay dos animales y esta seleccionado la vaca vacía número 783072, la cual es hija de la #656177 y acaba de terminar su etapa de levante. En la parte inferior se aprecia la sección de archivo XML que corresponde a los eventos del mes como son la comida y agua suministrada al animal #656177, el fin del levante del #783072 (es decir *crecer* que corresponde con la etiqueta usada en el XML), el dinero y los estados de sanidad del animal.

El XML debe ser transformado para migrar los datos a la base de datos. La transformación genera los scripts específicos con la estructura relacional en el siguiente orden:

1. Incluir los registros de los parámetros tales como organizaciones, fincas, usuarios, lotes, terceros (El Id de la partida se toma como nombre de organización, finca, usuario, lote y tercero)
2. Incluir los animales
3. Incluir el dinero del mes
4. Incluir cada decisión o evento en la partida
5. Actualizar los estados de los animales
6. Incluir del dinero en cada uno de los meses de la partida

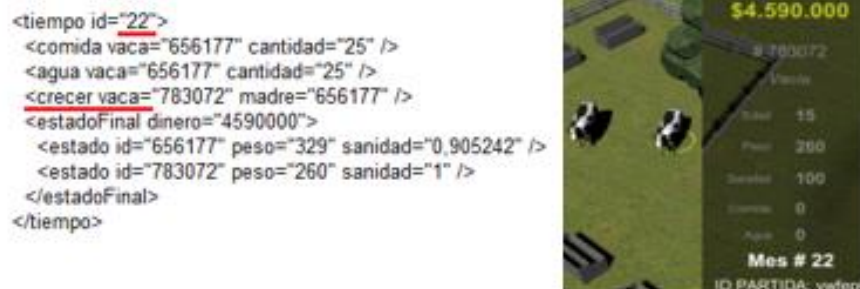


Figura 10. Parte del Archivo XML según partida en el mes 22

**Funcionalidades del DSS para la gestión de sistemas productivos reales:** Durante el entrenamiento, el DSS permitió a los usuarios ver información sobre los juegos que se habían arruinado en el videojuego serio. Después de la capacitación, se usó para administrar los procesos de la granja haciendo uso de las mismas opciones e informes que el agricultor de ganado viviente manejó previamente al revisar los resultados de sus juegos en el Videojuego serio. La diferencia es que el agricultor utilizó el DSS con un verdadero sistema de producción bovina. Además, algunas opciones nuevas o adicionales están involucradas; algunas de estas son:

1. Gestión de parámetros y de animales: Son dos funcionalidades que el ganadero conoce cuando consulta resultados de sus partidas en el videojuego serio, pero a manera de informe, para la gestión de la finca real, además de consultarlos debe usarlas para registrar los datos. Los parámetros corresponden con los datos básicos para la operación de la finca como, por ejemplo, lotes, terceros y razas.
2. Eventos: Es la opción para registrar los eventos que se presentaron en la Figura 12, es decir, es la opción para registrar y consultar la información que surge de los procesos que se dan en la finca tales como Crecimiento (Peso), Ordeño (Leche), Inseminación, Partos, Compras, Ventas, Traslados, Vacunación y Muertes.
3. Gestión de pronósticos: Es una opción que informa sobre eventos próximos a desarrollar, los cuales se generan a partir del registro de eventos. Por ejemplo, la cercanía de un parto, la necesidad de destetar o de inseminar un animal, entre otros.
4. Genealogía: Es un informe en el cual se lista para cada animal nacido en la finca los datos del padre, la madre y la fecha de nacimiento.

La Figura 11 muestra las vistas de usuario del DSS para dispositivos móviles, son las siguientes:

- a. Registro de eventos: es una opción para registrar los eventos del sistema.
- b. Evento guardado: es un informe en el que se enumeran los datos de los eventos en el móvil.
- c. Sincronización: esta opción muestra el envío y la obtención de datos del servidor.

La Figura 12 presenta los "Eventos" en la versión web del DSS. Asegúrese de que la opción muestre la fecha del evento, la fecha de registro y, si el evento se sincronizó, la fecha se guardó en el dispositivo móvil.

**Reportes de Productividad en el DSS:** Algunos informes para consultar la productividad, son:

1. Distribución Etaria: Presenta un diagrama de la distribución demográfica de los animales organizados por grupo etario.
2. Producción Consolidada: Presenta el total diario de producción de carne o leche para un rango de fechas especificado, es decir, la cantidad de litros de kilogramos o leche en ese periodo.
3. Producción por Animal: Muestra las curvas de comportamiento productivo, en carne o leche (si corresponde), de cada animal para un rango de fechas. La figura 13 presenta el peso en kg de un animal. El DSS muestra la brecha entre el peso registrado y el que debería tener.

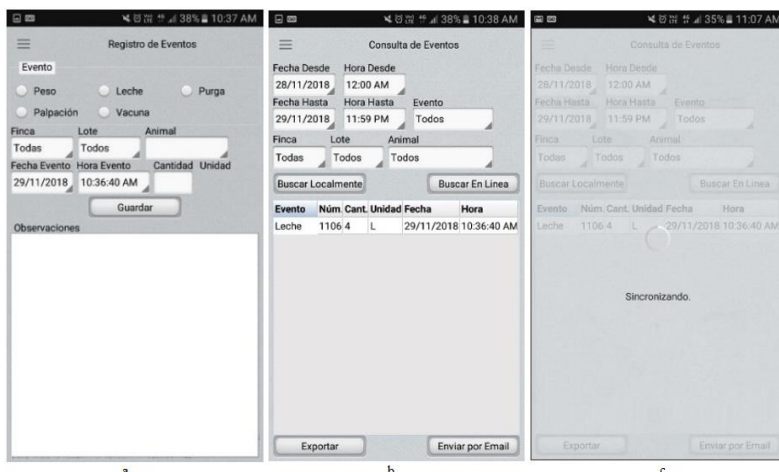


Figura 11. Vistas de usuario del DSS para dispositivos móviles

Peso	Leche	Palpación	Parto	Compra	Venta	Muerte
------	-------	-----------	-------	--------	-------	--------

Tercero	Movim.	#	Fecha de Evento	Fecha de Registro	Fecha de Sincroniz	Cant.	Precio	Sem
Omar Lozano	Compra	11	2020-03-29	2020-03-30 08:21:48	2020-03-30 18:47:32	350	4000	174

Figura 12. Vistas de usuario del DSS para dispositivos móviles

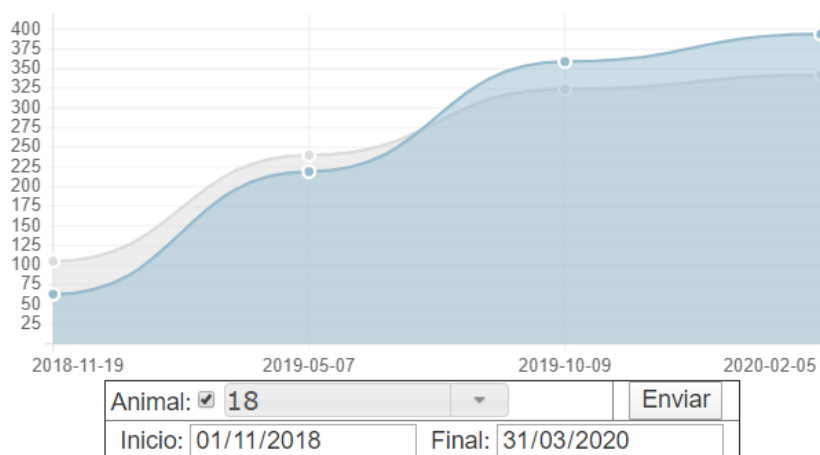


Figura 13. Informe de producción Animal

**Funcionalidades para medir el uso del videojuego y del DSS:** El DSS también genera informes para medir el uso que hacen los ganaderos del videojuego y el DSS. Es una opción implementada para consultar indicadores de manera individual (por ganadero) o grupal (por comunidad) y hacer seguimiento de la estrategia. Las funcionalidades están conformadas por varios informes que se describen a continuación.

1. Informe de Partidas: El informe muestra las partidas realizadas en las sesiones para medir el desempeño del ganadero. El listado se puede ordenar por el capital generado obteniendo un ranking de partidas en un periodo especificado.
2. Informe de Participación: El Informe de Participación presenta las fechas en que los ganaderos han ingresado datos del sistema real, es un indicador que mide el uso del DSS por comunidad o por ganadero. Un ejemplo se muestra en la Figura 14.

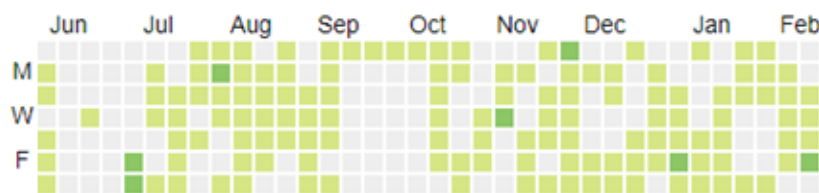


Figura 14. Informe de Participación

**Informe de Indicadores de Participación:** El Informe de Indicadores de Participación presenta, por cada usuario, la cantidad de animales y movimientos registrados y la cantidad de días en que ingresó al DSS. Un ejemplo es presentado en la figura 15, en donde se observa, en la línea dos, que el usuario ha ingresado a la herramienta en 375 días diferentes de los 709 días que lleva sin acompañamiento con lo cual se obtiene un porcentaje de participación del 58%.

	%	IdOrg	Finca	Usuario	Animales	Movim	Ingresos	Posibles	Desde
1	58	26	Llanadas	Eduardo	28	1651	375	709	2018-06-25
2	53	30	La Sierra	Omar	14	1190	398	558	2018-11-23
3	60	35	El Lago	Orlando	14	1054	352	558	2018-11-23
4	58	40	Manizales	Samuel	16	1178	389	515	2019-01-05
5	47	42	Florosa	Nelson	16	1006	332	515	2019-01-05

Figura 15. Indicadores de apropiación en el DSS

## 5. Discusión

El uso de Dinámica de Sistemas permite modelar los procesos de un sistema en los diferentes escenarios que se generan (Featherston & Doolan, 2013). Estos sistemas que pueden estudiarse como sistemas dinámicos, que pueden explicarse y entenderse haciendo modelos que muestren las relaciones existentes que pueden existir entre las variables que lo componen y apoyan el experimento virtual enseñando con el modelo y simulando diferentes situaciones (Wu, 2018), tal como sucede en este trabajo, donde el proyecto fue capaz de representar procesos para los ganaderos que ya entendieron pero que no habían simulado y analizado diferentes alternativas de manejo en la granja.

Hay aspectos fundamentales en la gamificación, como la determinación de las necesidades de los participantes, la posibilidad de proponer el contenido, la motivación para aprender y divertirse del juego sin perder el compromiso de mejorar los resultados. (Papadakis, 2020) y generar un sentido de propiedad y reconocimiento de los participantes como transformadores en la forma de llevar a cabo los procesos (Lundström & Lindblom, 2018). En este trabajo, estos aspectos ocurren porque los ganaderos colaboran con la formulación del modelo y las herramientas de TI se integran, ya que ese modelo apoya el desarrollo de la mecánica del Videojuego y la generación de informes de pronóstico en el DSS, que proporciona membresía y reconocimiento, y porque los resultados de los juegos se pueden revisar en el DSS, lo que proporciona un deseo de mejora.

Los juegos pueden ayudar a adquirir datos de los procesos de aprendizaje y mostrar la forma de administrar la información en ese sistema (Vidakis, et al., 2019), dos factores que se dan en este trabajo, donde los usuarios conocen el gran volumen de datos necesarios para la gestión de la granja y los éxitos y errores de sus decisiones cada vez que consultan el DSS.

En esta propuesta, el requisito de determinar las necesidades de los participantes expresado por (Papadakis & Kalogiannakis, 2017) se aplicó, y con ello, se favoreció la adquisición de conocimiento, motivación y compromiso de los ganaderos. Además, y según lo recomendado por



(Papadakis, Trampas, Barianos, Kalogiannakis, & Vidakis, 2020), se podría desarrollar una experiencia sin el juego serio para comparar el uso logrado del DSS en la estrategia.

Involucrar el uso de herramientas de TI para el aprendizaje colaborativo que permite su operación en diferentes dispositivos mejora la comprensión del sistema. (Heflin, Shewmaker, & Nguyen, 2017), este trabajo lo aplica ya que está respaldado por herramientas desarrolladas específicamente para pequeños productores acompañadas de sesiones de capacitación que brindan la posibilidad de realizar simulaciones en cada granja.

Se espera en una próxima versión integrar sensores en el DSS para facilitar el registro de procesos como el ordeño y el pesaje y aumentar el control en la adquisición de datos como ocurre en el DSS SCADA, que permite el monitoreo en la agricultura (Padilla & Caicedo, 2017).

## **6. Conclusiones**

La integración que hay entre las herramientas de TI desarrolladas contribuyó a su construcción por facilitar la representación de la estructura de los procesos de una finca permitiendo concentrarse en los aspectos técnicos de cada entorno de desarrollo, por ejemplo, las ecuaciones del modelo fueron usadas en el videojuego para la definición de las mecánicas y en el DSS para la generación de pronósticos e informes de análisis de productividad. Además, la utilización del videojuego permitió contar con datos para verificar el funcionamiento del DSS.

Teniendo en cuenta que no muchas granjas tienen acceso a Internet, la posibilidad de comunicación asincrónica proporcionada por la versión móvil es esencial para llevar a cabo el proceso de apropiación.

En esta propuesta, decisiones como la inseminación, el destete o el crecimiento animal son alternativas en la producción ganadera que se apoyan en un modelo matemático, una característica fundamental en un DSS. Con las ecuaciones de diferencias finitas que se generaron en el modelo, se genera el comportamiento esperado y se presenta junto con los datos registrados para que el agricultor haga la comparación y proceda a llevar a cabo las acciones necesarias. Además, estas ecuaciones se utilizaron en la mecánica del videojuego.

Involucrar a los ganaderos en la validación de las herramientas en un proceso iterativo de diseño, desarrollo y validación, mejoró la comprensión del desarrollador en cuanto a la complejidad del sistema productivo y a las necesidades de información, y esto, además de permitir obtener un mejor diseño, permitió también generar confianza e interés de los ganaderos por participar en la estrategia de apropiación.

La Dinámica de Sistemas aportó un lenguaje común para la comunicación y comprensión de los procesos productivos, gracias a las bondades que ofrece en cuanto a la representación del sistema y la visualización de su estructura. El videojuego y su facilidad para generar escenarios, acercó a los ganaderos a las TI y les permitió adquirir destreza en la administración del sistema productivo mejorando la comprensión de los procesos de su finca. El DSS se fortaleció con el videojuego por la posibilidad de consultar errores en las decisiones y resultados productivos durante las simulaciones. Se espera que esto concientice a los ganaderos sobre la necesidad de contar con un sistema de información para su sistema de producción bovina real.

## 9.8.2 Artículo III en castellano

### **Estrategia para la Apropiación de un DSS en pequeños productores bovinos usando simulación y un videojuego serio**

**Resumen:** En la administración de pequeños sistemas de producción bovina hay una baja adopción de Tecnologías de la Información (TI) lo cual genera que muchas decisiones se tomen con base en la experiencia del productor y no con base a datos. El estudio presentado propone y valida una estrategia para la adopción y apropiación de un Decision Support System (DSS) en sistemas productivos bovinos. La estrategia incluye elementos de gamificación in la formación soportada en tres herramientas de TI, las cuales ayudan al entendimiento de las conexiones entre las herramientas. Las herramientas desarrolladas son: Un modelo de simulación, un videojuego serio y el DSS. En su diseño y desarrollo se utilizó Investigación basada en diseño y Estudio de caso, así como Dinámica de Sistemas para el modelo de simulación, y *el Proceso Unificado Racional* para un videojuego serio y un DSS. La estrategia fue implementada en cinco comunidades de ganaderos en Santander, Colombia y parte de sesiones de formación y acompañamiento a los productores en ambientes simulados de sistemas productivos, con el objetivo de generar apropiación de un DSS que lleve a que los productores usen de forma voluntaria, autónoma y sostenida en el tiempo el DSS en sus sistemas productivos reales. Los resultados mostraron el impacto del componente lúdico pedagógico en la apropiación de tecnología. 22 meses después de finalizar las sesiones de formación, el 34% de los ganaderos evidencian apropiación del DSS y usan el sistema continuamente para gestionar los procesos productivos en sus fincas.

**Palabras Clave:** Apropiación; Sistema de producción bovina; Sistema de información para la toma de decisiones; productores bovinos; Videojuegos serios, Dinámica de Sistemas; Estrategia.

#### **1. Introducción**

La producción bovina es una actividad económica que gira en torno a la generación de productos para el consumo humano, tales como carne y leche (Boz, 2005). La cantidad de interacciones entre los componentes del sistema de producción generan información que debe ser tenida en cuenta por los administradores para tomar decisiones (De Buck, Van Rijn, & Wossink, 2001) y disminuir la incertidumbre para mejorar las utilidades de su actividad (Budiyanto, 2017), pero para estos productores hay pocas estrategias de adopción de Tecnologías de la Información (Whittenbury & Davidson, 2009) (Walmsley & Oddy, 2018). Teniendo esto en consideración, la estrategia propuesta busca que los ganaderos comprendan las unidades productivas como sistemas y que sus decisiones puedan estar basadas en información, para el mejoramiento de los resultados.

Un pequeño productor bovino es una persona que se dedica a la gestión de ganado bovino para la producción de carne y leche, que presenta factores sociodemográficos que se requieren mejorar y que generalmente no usa sistemas de información en la administración de sus sistemas debido a su arraigo cultural y la resistencia al cambio, entre otras razones (Park, 2017). Por ende, se les debe formar en mejores prácticas agrícolas que les permitan acceder a más información de sus procesos (Chen, Luckert, Winowiecki, Förch, & Läderach, 2018), disminuir los errores o retrasos en las decisiones al otorgar información para mejorar la eficiencia de los procesos (Arévalo, Bayona, & Rico, 2015) y mejorar sus resultados económicos; pero para lograrlo, es preciso modificar patrones de conducta que involucren factores personales, socioculturales y estructurales, lo cual permitirá la renovación de la ciudad y del campo (Zona-Ortiz, Fajardo-Toro, & Aguilar, 2020).

En Colombia, un tercio de la tierra está dedicada a la ganadería (los sistemas de producción ganadera y los pastizales se han expandido de 14,6 a 24 millones de hectáreas, el 21% de la superficie nacional) (Jara-Rojas, Russy, Roco, Fleming-Muñoz, & Engler, 2020). Colombia es un país que está emergiendo de un conflicto y son necesarios cambios para mejorar los medios de vida rurales en su sector agrícola lo cual se puede lograr mediante la implementación de programas de fortalecimiento agrícola que se da desde el trabajo autónomo de la comunidad con el acompañamiento en un escenario multicultural y diverso donde la el conocimiento y la cooperación se promueven integrando los conocimientos tradicionales y contemporáneos (Frias-Navarro & Montoya-Restrepo, 2020). En el país, la mayor parte de la ganadería es manejada por pequeños productores bovinos que no usan tecnología para su administración y por lo tanto requieren prácticas que promuevan su uso.

Según la Federación Colombiana de Ganaderos (2015) un pequeño productor bovino en Colombia es un ganadero cuyo sistema productivo, llamado finca, tiene máximo 25 animales y sus ingresos son cercanos a los 9.000 dólares por año. Estos productores están organizados territorialmente por juntas de acción comunal, denominadas comunidades, que reciben ayuda técnica por parte de entidades públicas, las cuales brindan acompañamiento periódico con programas de sanidad para sus animales o con actividades cortas de formación sobre la manera de llevar a cabo los procesos. La mayoría de las veces, estas medidas no son suficientes para que la finca mejore su rentabilidad y aumente la calidad de vida de los ganaderos; un ejemplo de esto es el índice de pobreza multidimensional del sector rural en Santander, Colombia (Gobernación de Santander, 2016) que en 2015 se estimó en 77.2%. El índice de pobreza multidimensional es un indicador del Informe de desarrollo humano que identifica carencias en hogares y en personas en cuanto a salud, educación y nivel de vida y realiza comparaciones a niveles regional, nacional y mundial, según países, grupos étnicos, zonas rurales o urbanas (United Nations Development Programme, 2015).

Con el fin de capacitar en el uso de las tecnologías de la información en las prácticas agrícolas a los pequeños productores, este estudio propone una estrategia de apropiación que busca la apropiación de un Sistema de apoyo a las Decisiones por parte de los productores bovinos. Los objetivos de los investigadores son:

1. Aportar al uso de la Dinámica de Sistemas para el beneficio social, generando, en este caso, conciencia de la relación entre el conocimiento y su aplicación (Fernández, González-Busto, & Castaño, 2013) mejorando la percepción de los ganaderos sobre las interacciones o dependencias intrínsecas existentes entre las variables del sistema productivo (Walmsley & Oddy, 2018).
2. Contribuir a que el conocimiento que brindan los modelos se use para migrar su aplicabilidad a otras herramientas (Mejía & Cascante, 2007), y que se integre el Pensamiento Sistémico con los Sistemas de información tal y como lo sugieren Checkland y Ornerlas (1994).
3. Mitigar la brecha de TI en el sector rural buscando que los ganaderos se apropien de un Sistema de información para la toma de decisiones para la gestión de sus fincas, pues aunque hay herramientas, pocas consiguen ser apropiadas por ellos (Gómez-Prada, Orellana-Hernández, & Salinas-Ibáñez, 2019a).

La estrategia propuesta involucra un modelo de simulación, un videojuego serio y un DSS. Al proporcionar un componente lúdico pedagógico, estos elementos se integran buscando cumplir con los siguientes propósitos:

1. Facilitar el proceso de formación de los ganaderos con su participación en la definición del modelo de simulación, del cual surgen las ecuaciones que soportan a las otras dos herramientas: el videojuego y el DSS. Esto genera confianza de los ganaderos en las herramientas, y permite manejar un lenguaje común en las diferentes sesiones de formación mientras usa las herramientas.

2. Orientar a los ganaderos sobre la forma de usar el DSS mediante las consultas que hacen para revisar las decisiones tomadas en las partidas llevadas a cabo en el videojuego lo cual es similar a como deben consultar los eventos de sus fincas en la realidad.
3. Permitir a los ganaderos tomar decisiones de sus sistemas productivos, soportadas en la información que les ofrece el DSS sobre los procesos de sus fincas reales, gestionados por ellos mismos en el sistema, en forma autónoma y sin acompañamiento.

La estrategia se articula con lo sugerido por Moravec y Cobo (2011), pues se proponen ejercicios relacionados con la labor productiva de los beneficiarios, y por Rueda y Franco (2018), en donde se manifiesta que las TI brindan oportunidades productivas y comerciales y que con ello se puede mitigar el problema del abandono rural.

## **2. Conceptos y métodos**

### **2.1 Adopción y Apropiación de TI**

La adopción de TI se puede considerar como la acción de involucrar herramientas de TI en los procesos, para mejorar el procesamiento de datos y tener la información requerida en la toma de decisiones cambiando la forma de desarrollarlos (Erumban & De Jong, 2006), y para conseguirla se debe mitigar la resistencia al cambio causada por situaciones culturales y materiales de los usuarios (Cobo, 2008) y generar cambios en la forma de llevar a cabo los procesos (Daza, Hernández, Quijano, & Serna, 2017).

Por su parte, la apropiación, a nivel general, implica una redefinición, reorganización y planificación de los procesos (Sandía, Luzardo, & Aguilar, 2016). Específicamente en TI, la apropiación requiere inicialmente que haya habido una Adopción de TI, y además de brindar al usuario la capacidad de manejar herramientas TI, mejora el sentido de pertenencia hacia estas tecnologías y otorga autonomía (Salemink, Strijker, & Bosworth, 2018) permitiendo al usuario reconocer que las TI satisfacen necesidades e intereses individuales y organizacionales (Suárez-Guerrero, Rivera-Vargas, & Rebour, 2020).

La Apropiación de TI mejora los resultados de las actividades agrícolas y con ello los medios de vida, además de lograr una transformación rural sostenible mediante el fortalecimiento de las relaciones comerciales, interpersonales e interculturales (Haijun, Weifeng, Jinghua, & Rong, 2015) pues las TI desafían los métodos tradicionales de desarrollo y aseguran el progreso para el sustento de muchas personas (Harris, 2004). Es por esto que se considera importante el acceso a las TI en el ámbito rural, para la sostenibilidad de las comunidades con estrategias transformadoras.

### **2.2. Apropiación de TI en la Agroindustria**

La agroindustria al igual que cualquier sector productivo debe buscar la apropiación de TI por la posibilidad que brindan las tecnologías de aprovechar los datos para transformarlos en información. Adicionalmente, el uso de DSS para generar pronósticos permite tomar mejores decisiones, aumentar la producción y mejorar la comercialización (Fritz, et al., 2019).

Arévalo, Bayona & Rico (2015) expresan que la presencia de TI facilita el control de los procesos organizacionales al otorgar información para mejorar la eficiencia de los procesos. En el sector agropecuario, además, agrega valor al brindar la posibilidad de hacer trazabilidad desde la gestación del animal hasta la venta o consumo de los productos. Los autores sugieren que como consecuencia de no usar TI, se generan errores o retrasos en las decisiones, desconocimiento de las pérdidas o ausencia de utilidades, desestimación o abandono y por ende migración a las ciudades.

En Colombia, se debe buscar el desarrollo rural y según la Universidad Nacional de Colombia (2014) generar apropiación de TI en los administradores sobre sus sistemas puede apoyar ese desarrollo. En Santander, Colombia, el plan estratégico de la región busca establecer una ruta de trabajo que permita mejorar su economía y por ende la calidad de vida de sus habitantes mediante el fortalecimiento de otros sectores como el rural, pretendiendo mejorar los resultados productivos (Daza, Hernández, Quijano, & Serna, 2017).

### 2.3. Sistema de Producción Bovina

Un sistema de producción bovina es una organización de elementos denominada normalmente finca, que cuenta con recursos, aspectos demográficos, biofísicos, productivos y financieros que se deben controlar para generar utilidades (Gómez, Andrade, & Vásquez, 2015). Además, es una actividad económica dinámica que comprende la producción y comercialización de productos agropecuarios, en donde los bovinos pueden ser destinados a sistemas productivos tales como (Cortés, Aguilar, & Vera, 2003): Cría: Vender animales al finalizar su periodo de lactancia, Ceba: Engordar animales hasta su venta para el sacrificio, Lechería: Gestionar la gestación de las vacas para la producción de leche, Ciclo completo: Mezcla los tres sistemas; tiene lechería, cría y ceba.

Un sistema de producción bovino depende en gran medida de factores externos, pero gran parte de los eventos se pueden controlar y generar la necesidad de realizar otros eventos en el futuro. Para mejorar el desempeño y la eficiencia del sistema productivo, se deben tomar las decisiones correctas en estos eventos. Algunos ejemplos son:

1. Un parto requiere: se debe controlar la producción de leche materna, detener la lactancia del ternero unos meses después del nacimiento, e inseminar la vaca, tres meses después del parto.
2. Una inseminación requiere que el suministro de leche al ternero se detenga después de máximo nueve meses.
3. Cada registro de peso requiere verificar que el valor sea consistente con rango esperado según la edad y la raza del animal.

### 2.4. Modelos de Simulación con Dinámica de Sistemas

Los modelos de simulación representan la comprensión conceptual de un fenómeno y brindan la posibilidad de generar experiencias que mejoren la comprensión del sistema a partir del análisis del modelo y de resultados de simulaciones (Markauskaite, Kelly, & Jacobson, 2020).

En este trabajo, el modelo de simulación es realizado con Dinámica de Sistemas, una metodología propuesta en la década de los sesenta por *Jay Forrester*, para analizar, , construir y simular, mediante modelos matemáticos, los efectos de los ciclos de realimentación en el comportamiento de un sistema (Forrester, 1961). Actualmente, la Dinámica de Sistemas es usada para apoyar decisiones organizacionales, sociales y políticas (Maani, 2020).

La Dinámica de Sistemas está compuesta por cinco lenguajes complementarios, en donde uno de ellos, genera, para diferentes circunstancias, el comportamiento con respecto al tiempo de elementos seleccionados por el usuario, comportamientos que surgen a partir de evaluar ecuaciones en diferencias finitas establecidas en otro lenguaje que define el modelo (Andrade, Dynner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001).

### 2.5. Videojuegos serios

Los videojuegos serios son instrumentos interactivos digitales orientados al entretenimiento y el aprendizaje de habilidades y competencias concretas sobre un sistema, aprovechando mecánicas

que siguen reglas generadas a partir de los procesos del sistema representado (Schell, 2014). Los videojuegos serios facilitan el aprendizaje al otorgar al jugador la posibilidad de controlar variables, tomar decisiones, establecer estrategias y comparar constantemente los efectos de sus acciones en el sistema (Gros, 2009).

Los videojuegos serios pueden ser una solución a desafíos agrícolas tales como la transferencia de conocimiento y el aumento de la productividad, de acuerdo con Fisher et al (2012) Los autores consideran que pueden ser usados en talleres con agricultores, productores, asesores e investigadores para tomar decisiones similares a las de una granja real.

## **2.6. Sistemas de Información para la toma de decisiones (DSS)**

Los DSS son una especialización de los sistemas de información que tienen generalmente tres componentes: una base de datos, un sistema software, y la interfaz de usuario y están organizados para gestionar datos y ofrecer alternativas de decisión según las condiciones de los procesos a variados problemas (Pressman, Ingeniería del Software, 2014). Los DSS están soportados en modelos matemáticos e incluso pueden apoyarse en simulación para apoyar las actividades de capacitación (Machado & Berger, 2012).

## **2.7. Metodología de Investigación**

El estudio combinó cuatro metodologías de investigación:

1. Investigación basada en diseño por ser un tipo de investigación orientada hacia la innovación educativa que introduce nuevas herramientas en un proceso tradicional para transformarlo y avanza en el diseño didáctico e incrementa la capacidad para la innovación educativa (De Benito & Salinas, 2016) y por tanto, orienta la exploración de nuevos entornos de enseñanza y aprendizaje basados en el contexto, aplicando, para su desarrollo, procesos para la creación de productos, herramientas y modelos (Richey & Klein, 2014).
2. Estudio de Caso por el interés de trabajar con comunidades, asumida cada una como una instancia única social, en la que se pueden conocer y comprender las particularidades de su funcionamiento, para el análisis y la generación de hipótesis y aplicación de propuestas (Merriam, 2009).
3. Adicionalmente, en la fase del estudio relacionada con la construcción de las herramientas, se utilizó la Dinámica de Sistemas para el modelo de simulación y se siguió el Proceso Unificado Racional (RUP), un ciclo de vida iterativo e incremental llevado a cabo en flujos de trabajo (Kruchten, 2004)
4. Dinámica de Sistemas para crear el modelo de simulación, que a su vez apoyó la creación de las mecánicas del videojuego y los informes pronósticos en el DSS. La metodología de la Dinámica de sistemas es descrita en la sección 2.4.

## **3. Resultados**

La estrategia está soportada en la comprensión y colaboración que brindan los modelos de simulación, y la competitividad y aprendizaje significativo que permite la gamificación, la cual es representada en este caso con videojuegos serios a partir de la transferencia y apropiación de conocimiento, según lo plantean Victoria, et al (2017).

La estrategia fue aplicada con ganaderos de cinco comunidades en Santander, Colombia. Cada comunidad está conformada por un número de 5 a 7 pequeños productores bovinos, que gentilmente accedieron a participar en el estudio y cuya caracterización fue presentada en un informe previo (Gómez, Orellana, & Salinas, 2019b).

La estrategia comprende sesiones de formación guiadas por un tutor en un ambiente colaborativo donde los ganaderos pueden verificar el modelo de simulación, el cual que contiene las variables e interacciones entre ellas. La estructura del modelo de simulación se integra en el videojuego serio con el que después se dan partidas que consisten en administrar una finca simulada para que el ganadero comprenda el alto volumen de datos que maneja en sus procesos. Esos datos los puede consultar en el DSS para verificar resultados de lo sucedido en la partida y aprenda así a manejar el sistema para la gestión de su finca real.

La estrategia, en la fase en la que no hay ayuda del tutor, ha sido aplicada durante 22 meses y ha generado que el 34% de los participantes se apropien del DSS.

### 3.1. Herramientas de TI desarrolladas para la Estrategia de Apropiación

La estrategia de apropiación integra tres herramientas tecnológicas desarrolladas para la propuesta que están alineadas entre sí (Gómez, Orellana, & Salinas, 2020b), es decir, los eventos de la finca real que se pueden gestionar en el DSS corresponden en su mayoría con las opciones de decisión en el videojuego y en el modelo de simulación.

Las tres herramientas TIC unifican el conocimiento y alinean la forma de realizar los procesos. Gracias a ello permiten desarrollar las capacitaciones con los agricultores y el plan de las estrategias productivas en la finca.

Estos eventos son usados y registrados con ayuda del tutor, principalmente en tres momentos:

1. Al participar en la definición colaborativa del modelo.
2. Al simular la gestión de la finca en el videojuego y consultar resultados en el DSS.
3. Al gestionar su finca utilizando el DSS.

En la Tabla 1 se presentan los diez eventos del sistema de producción contemplados y en cuáles de las tres herramientas desarrolladas fueron tenidos en cuenta.

**Tabla 1.** Eventos presentes en cada una de las herramientas

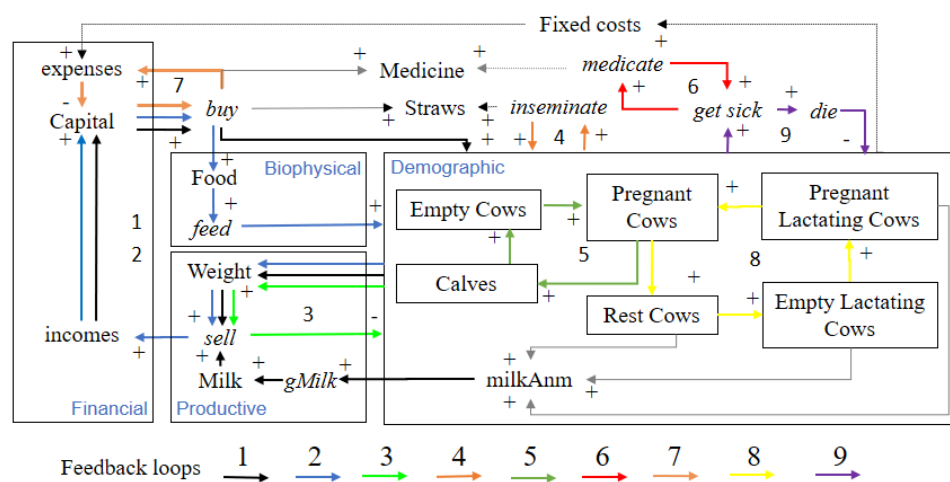
#	Evento	Modelo de Simulación	Videojuego serio	DSS
1	Pesar	X	X	X
2	Inseminar	X	X	X
3	Parir (Nacer)	X	X	X
4	Ordeñar	X	X	X
5	Medicar	X	X	X
6	Comprar	X	X	X
7	Vender	X	X	X
8	Morir	X	X	X
9	Alimentar	X	X	
10	Hidratar	X	X	

Una breve descripción de cada herramienta es presentada a continuación. Observe que en la parte superior es resaltado como ejemplo el evento “Vender” en las figuras 1, 2, 4 y 5. Este es uno de los 10 eventos que fueron considerados en las tres herramientas. “Alimentar” e “hidratar” no fueron implementados en el DSS, se dejó para una nueva versión porque los agricultores no tienen el control de la misma como se describió en Gómez et al (2020b)b ya que los agricultores no pueden controlar individualmente los alimentos y el agua ya que cuentan con amplios sistemas de producción, por lo que es algo inviable para ellos.

#### 3.1.1. Modelo de Simulación

El modelo de simulación es una representación de la finca en Dinámica de Sistemas y soporta las otras dos por el conocimiento utilizado. El modelo muestra la complejidad del sistema productivo entendido por los agricultores. También delimita el alcance del videojuego y el DSS, además, proporciona un lenguaje común que se utiliza posteriormente en las sesiones de formación con la ayuda de herramientas informáticas.

La figura 1 muestra la primera versión del diagrama de influencias, que muestra la base de la hipótesis de la dinámica estructural propuesta para un sistema de producción bovina. El diagrama muestra 9 ciclos de realimentación los cuales son descritos en la tabla 2 (cada uno en un color y número diferente) y los aspectos: demográfico, biofísico, productivo y financiero, cada uno en un rectángulo (dentro del aspecto demográfico, hay solo 6 grupos de edad de hembras para simplificar). En la tabla 2 se muestran la descripción de los ciclos de realimentación.



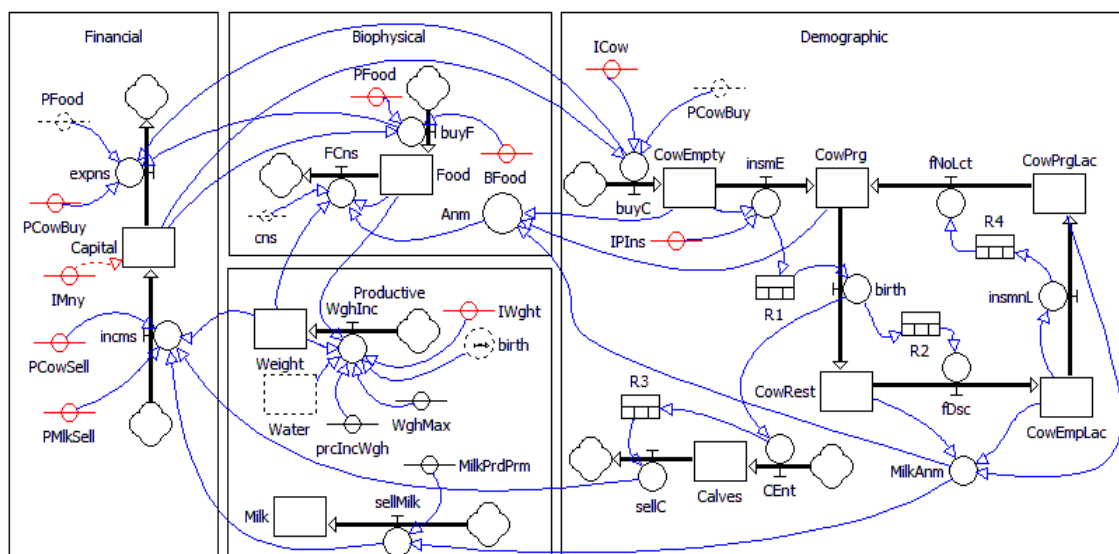
**Fig. 1.** Primera versión del diagrama de influencias simplificado.

**Tabla 2.** Ciclos del diagrama de influencias

#	Ciclo	Descripción
1	Demografía	El capital permite comprar animales los cuales cambian de peso y producen leche que se vende para generar ingresos que aumenta el capital.
2	Alimento	El capital permite comprar alimento para que los animales mejoren la producción de leche o aumenten su peso, productos que se venden y generan ingresos.
3	Crecimiento	Los animales aumentan su peso y pueden ser vendidos disminuyendo su cantidad.
4	Inseminación	Las hembras en edad reproductiva son inseminadas para que se produzcan crías; el ciclo requiere que se compren pajillas lo cual genera egresos.
5	Enfermar	Los animales enferman y pueden morir disminuyendo el número de animales.
6	Medicar	Los animales enfermos deben medicarse para curarlos; este evento requiere que se compre medicamento lo cual genera egresos.
7	Egresos	Los egresos disminuyen el capital debido a las compras de alimento, pajillas, medicina; y gastos fijos como por ejemplo, el valor a pagar en mano de obra.
8	Reproducción	El ciclo comienza comprando una vaca vacía, que al ser inseminada cambia su estado a preñada, nueve meses después, esta da a luz y cambia su estado a vaca en días de descanso. Después de los días de reposo cambia su estado a vaca vacía lactante y cuando se vuelve a inseminar se convierte en vaca preñada lactante, la cual, meses antes de parir deja de ser ordeñada y el ciclo vuelven a empezar. El ciclo se pueden repetir según las condiciones del animal.
9	Cría	La vaca preñada da a luz a un ternero. Cuando las terneras crecen, se convierten en vacas vacías.



El modelo es construido en el entorno de modelado: Evolución, el cual se encarga de la simulación en función del tiempo (Lince, Andrade, & Hernández, 2011). La Figura 2 muestra el modelo en el lenguaje de Flujo-Nivel, el cual requiere la presentación de más elementos, para ello se eliminaron de este documento medicar, morir, medicinas, pajitas, enfermarse, consumo de agua y costos fijos para simplificar la comprensión (variables como enfermarse y morir implican agregar una salida a cada nivel donde hay animales).



**Figure 2.** Modelo en el Lenguaje de Flujo-Nivel

El modelo se transforma en ecuaciones en tiempo discreto que se utilizan durante la creación de la mecánica del videojuego y los informes de producción y previsión del DSS. La primera versión del modelo tenía 61 elementos y la versión actualizada tiene 67. Tres de las ecuaciones en tiempo discreto se presentan como un ejemplo después del diagrama:

1. El Capital se da al inicio y después se calcula por el valor anterior, los ingresos y los gastos.
2. Las rentas están diseñadas por la leche, su precio, la venta de los terneros, su precio y peso.
3. Los Gastos se calculan para la compra de alimento y vacas vacías.

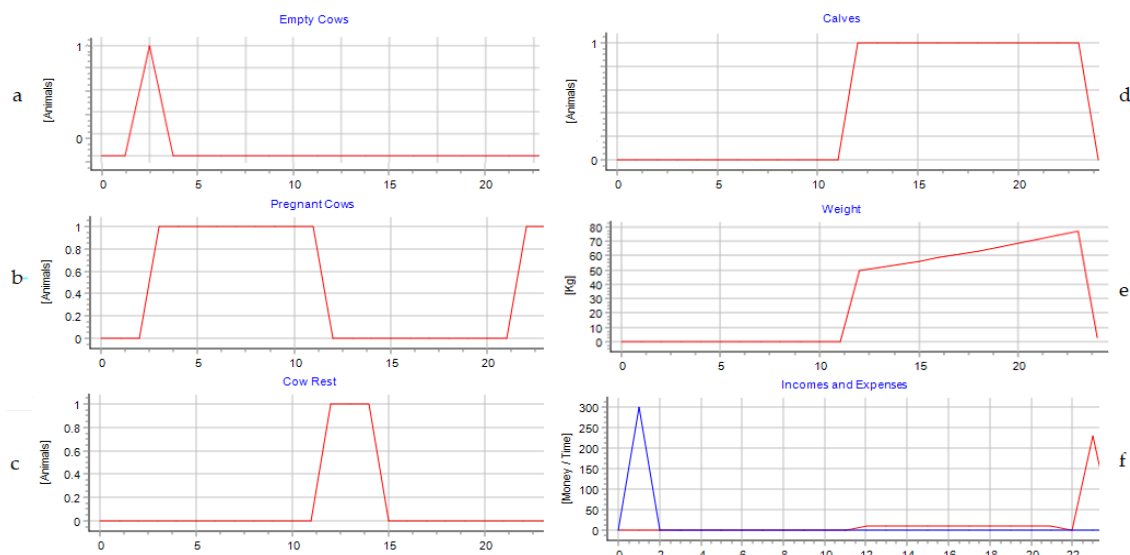
$$\text{Capital}_t = \text{if}(t = 0, \text{IMny}, \text{Capital}_{t-1} + \text{income}_t - \text{expenses}_t) \quad (1)$$

$$\text{incomes}_t = (\text{sellM}_t * \text{PMilkSell}) + (\text{sellC}_t * \text{PCowSell} * \text{Weight}_t) \quad (2)$$

$$\text{expenses}_t = (\text{buyC}_t * \text{PCowBuy}) + (\text{buyF}_t * \text{PFood}) \quad (3)$$

La Figura 3 muestra el comportamiento obtenido al simular un escenario donde solo se compró una vaca vacía. Los elementos mostrados son: vacas vacías, vacas preñadas, vacas en reposo, terneros, peso, ingresos y gastos. Nótese, según la letra que identifica el gráfico, que:

- a. En el mes 1 se compra la vaca vacía.
- b. En el mes 2, la vaca es inseminada para cambiar a vaca preñada (la gestación dura 9 meses).
- c. En el mes 11, la vaca da a luz y se convierte en vaca de reposo durante tres meses.
- d. En el mes 11, aparece un ternero que se vende en el mes 23.
- e. El ternero comienza a ganar peso entre los meses 12 y 23.
- f. En el mes 1 se genera un gasto por la compra de la vaca. Desde el mes 12 al 23, hay ingresos por venta de leche. En el mes 23, se vende el ternero y se genera un ingreso a partir de él.



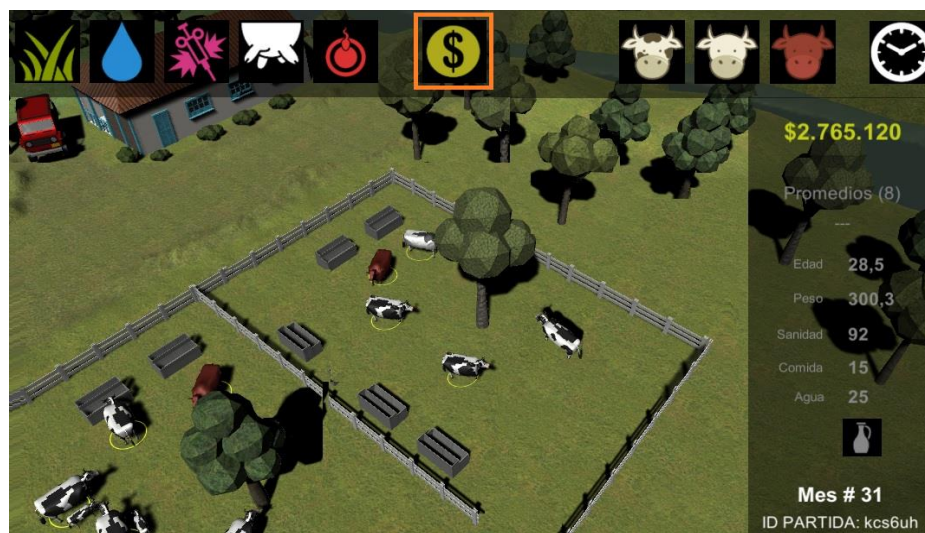
**Figura 3.** Graficas de: vacas vacías, gestantes, en reposo, terneras, peso, ingresos y gastos

### 3.1.2. Videojuego serio

El videojuego serio es una representación interactiva digital desarrollada en *Unity* orientada a desarrollar habilidades en el uso de TI. En el videojuego el ganadero debe tomar decisiones de una finca simulada con base en un capital inicial dado, un conjunto de parámetros asignados por el tutor y los estados de los animales que van cambiando durante la partida.

Una partida en el videojuego serio comienza con un establo vacío, unas condiciones de partida y un capital asignado para gestionarlo. La primera tarea a realizar es comprar animales y gestionar las actividades de los mismos cuidando las consecuencias en las decisiones, por ejemplo, los ingresos y gastos de dichas acciones.

La figura 4 es presentada una interfaz del videojuego en una partida. En la parte superior están los controles de los eventos disponibles para aplicar a los animales seleccionados. Se trata de una partida, en la que el ganadero dispone de Co\$35 millones (aproximadamente US\$10 mil) para la toma de decisiones.



**Figura 4.** Ejemplo de una partida en el videojuego serio y de un informe de eventos en el DSS.

### 3.1.3. DSS

El DSS es un sistema de información web y móvil que permite al usuario administrar la información de los eventos en la finca y pronosticar otros eventos basados en la información. El DSS puede trabajar con datos de una granja real o simulada, e incluye informes que permiten a los autores rastrear cuánto están usando los agricultores el DSS y el videojuego. El DSS tiene 30 funcionalidades en su versión web, algunas son (3 y 7 también están disponibles para uso asincrónico en la versión móvil):

1. Gestión de entidades maestras como vendedores, clientes, lotes, razas y usuarios.
2. Manejo de partos.
3. Manejo de eventos (es decir, pesar, inseminar, ordeñar, medicar, comprar, vender y morir).
4. Gestión de tareas por hacer (El DSS genera pronósticos de partos, destete e inseminación).
5. Informe de los detalles del animal (incluye eventos como nacimiento, compra, entre otros).
6. Informe de genealogía.
7. Informe de producción individual.
8. Informe de producción consolidada.
9. Informe de ingresos y gastos.
10. Informe de animales vendidos y muertos.
11. Informe gráfico de producción individual (muestra el peso esperado y valores de leche según edad y raza) e informe gráfico de producción consolidada.
12. Informe gráfico de distribución demográfica.

La Figura 5 muestra un ejemplo de tres opciones de DSS:

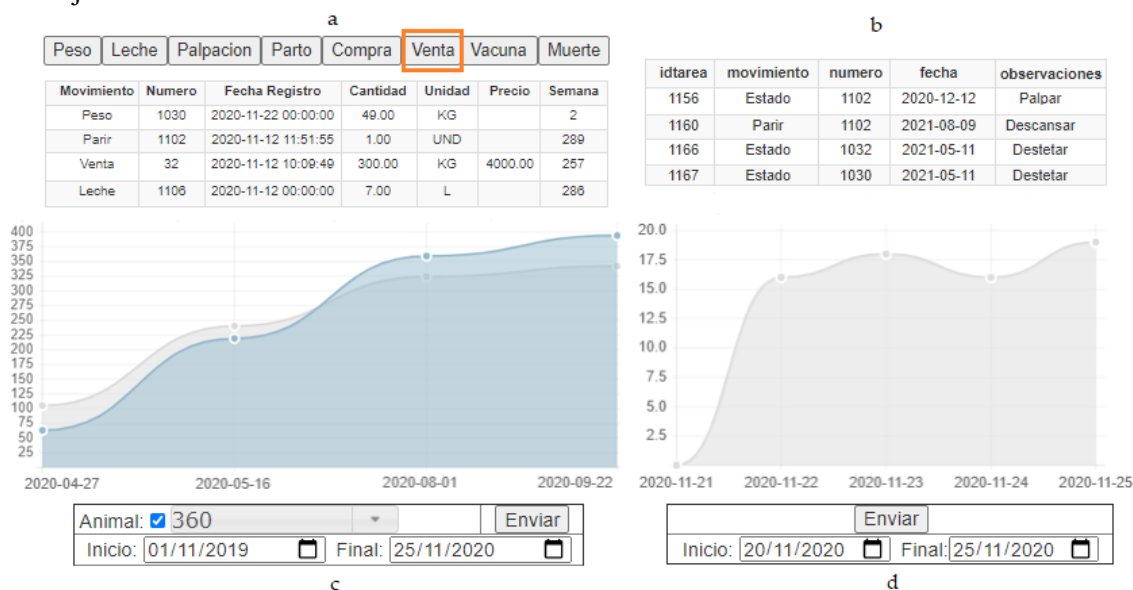
- a. Informe de eventos: El informe muestra, en la sección superior, los botones que el agricultor puede usar para acceder a otras interfaces para agregar datos para cada evento, y muestra, en la sección inferior, una lista de eventos, cada uno con datos como el evento, número del animal, fecha, valor y semana productiva del animal cuando se registró el evento.
- b. Listado de pronósticos: La lista presenta la tarea a realizar para respaldar el control del proceso en la granja. Cada uno conteniendo lo siguiente: el número de actividad, número del animal, actividad realizada y la fecha.
- c. Informe gráfico de producción individual de peso: El informe presenta el valor registrado y una comparación con el valor esperado según la raza y semana productiva del animal (El ganadero debe seleccionar el animal, el evento deseado y el rango de fechas).
- d. Informe gráfico de producción consolidada de leche: El informe presenta la leche total producida por los animales en un rango de fechas (el ganadero debe seleccionarlo).

### 3.2. Estrategia de Apropiación

La Estrategia propuesta fue aplicada, mejorada y validada en varias sesiones realizadas con ganaderos de Santander, Colombia. La estrategia comprende diez fases diferenciadas por su propósito particular y, de su aplicación en conjunto, emerge el cumplimiento del objetivo total propuesto, es decir, la apropiación del DSS en los pequeños productores, la cual se alcanza por:

1. La participación de los ganaderos en la construcción colaborativa del modelo brinda una estructura y un lenguaje común a emplear en las tres herramientas lo cual genera confianza e interés de usarlas. Los ganaderos reciben capacitación con modelos sencillos sobre Dinámica de Sistemas para que conozcan la metodología, simulen escenarios, y al final de esta fase, dialogan sobre variables que el tutor incluye para la última versión
2. Las sesiones de formación son realizadas generalmente en la escuela rural cercana a las fincas, permite espacios colaborativos de reflexión para unificar la forma de llevar a cabo los

- procesos y, posteriormente a las sesiones, generó que lo ganaderos se ayudaran entre sí a resolver dudas en el manejo del DSS en aspectos de operación que algunos olvidaban.
3. El proceso de formación creciente facilita el aprendizaje en la forma de usar las herramientas con ayuda del tutor, permite comprender los beneficios de contar con información, y ejercitarse en la toma de decisiones basada en información.



**Figura 5.** Ejemplo de opciones del DSS: Informe de Eventos, Listado de Pronósticos, Informe Gráfico de producción individual (peso) y Gráfico de producción individual consolidada (leche).

Las fases de la estrategia son presentadas en la figura 6, y los propósitos y elementos de cada fase son descritos en la Tabla 3.



**Figure 6.** Esquema de las fases de la Estrategia de apropiación

**Tabla 3.** Descripción de las fases de la estrategia de apropiación propuesta

#	Propósitos	Sesiones	Resultados
1	Elaborar de un marco de referencia sobre el contexto de interés, es decir, sistemas de producción bovina, Dinámica de Sistemas, desarrollo de videojuegos serios y de sistemas de información para la toma de decisiones. Hacer la revisión de la literatura en contexto de interés.		Conocimiento en ganadería. Artículo de revisión sistemática en <i>Scopus</i> y <i>Web of Science</i> . Definición de alcance para las herramientas.
2	Desarrollar las versiones preliminares del modelo, el videojuego y el DSS con base en el marco de referencia elaborado.		Versión inicial del modelo, el videojuego y el DSS.

#	Propósitos	Sesiones	Resultados
3	Identificar características socioeconómicas y el grado de apropiación en TI de los ganaderos. Caracterizar las fincas de los ganaderos. Delimitar el alcance del modelo identificando nuevas variables y ciclos.	1	Instrumentos de caracterización Caracterización de ganaderos y de sus sistemas productivos.
4	Presentar a los ganaderos la versión preliminar del modelo e invitarlos a participar en la construcción de una versión actualizada a la región con la colaboración de los ganaderos.	2	Socialización del modelo Simulación de escenarios Sugerencias de los ganaderos para actualizar el modelo (variables, estructura y ecuaciones)
5	Actualizar y validar las herramientas según las sugerencias generadas por los ganaderos en la construcción colaborativa del modelo		Versión actualizada del modelo, el videojuego y el DSS.
6	Presentar el videojuego realizando partidas orientadas por retos en donde el ganadero debe tomar decisiones sobre la finca simulada a partir del capital y condiciones suministradas	3	Reconocimiento del modelo por parte de los ganaderos Retos para las partidas Habilidad de los ganaderos en el uso del videojuego. Comprender la complejidad del sistema de producción utilizando el juego y el DSS con un lenguaje común.
7	Presentar al ganadero el DSS y motivar que lo usen para consultar decisiones tomadas en las partidas del videojuego y para resolver preguntas realizadas por el tutor al respecto. Puede usar el modelo y comprender la utilidad y su forma de uso.	4	Preguntas sobre decisiones Conciencia de la necesidad de uso del DSS para responder inquietudes sobre los procesos.
8	El ganadero usa el DSS con ayuda del tutor para la gestión de la finca real.	4	Informes productivos de los animales, los procesos y los Pronósticos.
9	El ganadero usa el DSS de manera autónoma (sin ayuda del tutor) en la finca real.		
10	Medir la apropiación a partir del registro automático del uso dado por el ganadero al DSS (Fase paralela a la 9). Aplicar a los ganaderos un instrumento de aceptación del DSS o de deserción de la estrategia según su apropiación.	1	Informes de seguimiento. Resultados sobre aceptación del DSS y deserción de la estrategia Medición de la Apropiación.

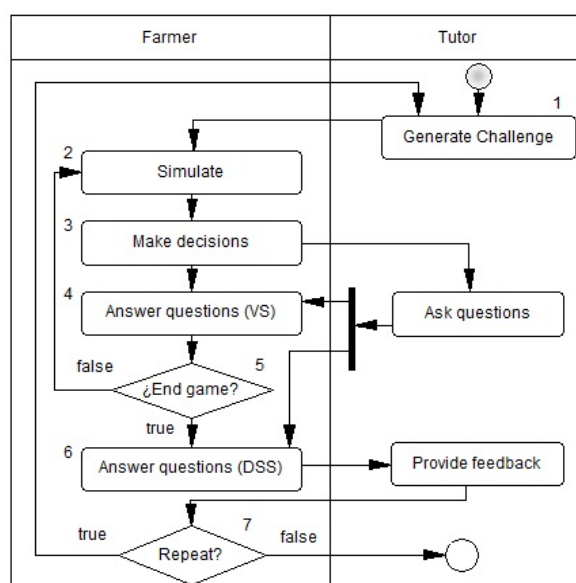
Las sesiones con el videojuego de la fase 6 y 7 se siguen los pasos presentados en la sección 3.2.1 (para simular la gestión de la granja con el videojuego serio) y la sección 3.2.2 (para administrar la granja real con la ayuda del tutor).

### 3.2.1. Pasos de la fase 6 - Entrenamiento con el video juego serio

Las sesiones de entrenamiento con el video juego serio de la fase 6 siguen estos pasos que son presentados en la figura 7 (El proceso es repetido tantas veces como el tutor lo requiera según la habilidad del ganadero):

1. El tutor define un escenario o reto en el videojuego e invita al ganadero a iniciar la partida (se puede usar el modelo de simulación para recordar las reglas).
2. El ganadero simula su finca a partir del reto generado por el tutor para tomar decisiones.
3. El ganadero toma decisiones a través del tiempo según los resultados que va obteniendo
4. El tutor acompaña la toma de decisiones con preguntas al ganadero sobre la administración de la finca simulada quien las debe ir respondiendo durante la partida, preguntas que giran en torno a la fecha ideal para el parto de un animal, el peso en un momento dado, la cantidad de leche a producir, entre otras. En algunos casos se presenta el hecho de que se equivocan en

- algunas de las respuestas a las preguntas o de que no tengan respuesta, por lo tanto, deben consultar los informes de juego que genera el DSS y allí encontrarán diferentes respuestas
5. Se repiten los pasos 2, 3 y 4 hasta terminar la partida.
  6. El ganadero ingresa al DSS para resolver las preguntas pendientes haciendo uso de los informes de productividad que ofrece el DSS en las cuales el tutor, desde el DSS, hace trazabilidad y realimentación sobre aciertos y desaciertos que el ganadero haya tenido y así, el ganadero va comprendiendo la forma de operar el sistema.
  7. En las siguientes sesiones, los pasos 2 a 6 se repiten como práctica.

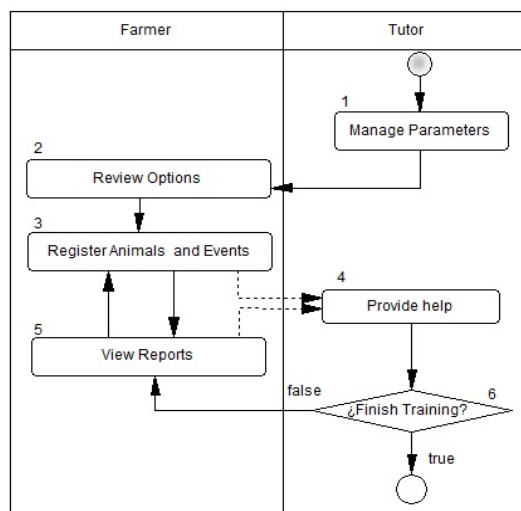


**Figura 7.** Pasos para la formación con el videojuego (fase 7)

### 3.2.2. Pasos de la fase 7 – Administrando la finca real con la ayuda del tutor

Después de finalizar el entrenamiento con el videojuego serio, el agricultor encuentra más fácil comenzar a utilizar el DSS para administrar los datos de la granja real. Esto se debe a varias razones: confía en el tutor, la interfaz de usuario usa los mismos eventos del videojuego y el agricultor sabe generar informes. Esas sesiones se componen de los siguientes pasos, los cuales son mostrados en la figura 8:

1. El tutor realiza en presencia del ganadero, la gestión de parámetros necesarios para la operación, es decir, los datos de la finca, lotes, al menos un vendedor o comprador y un toro.
2. El ganadero conoce las opciones de administración y va diligenciando y verificando los datos.
3. El ganadero registra los datos de un animal y un evento de pesaje y posteriormente ingresa a los informes a verificar la información. En caso de que en la finca haya ordeño, el ganadero debe ingresar los datos del último parto iniciando por los datos de la vaca preñada, los datos del parto de la vaca y la cantidad de leche obtenida del ordeño en la última fecha.
4. El tutor acompaña al ganadero por si necesita ayuda, mientras adquiere la habilidad de uso.
5. Se pide al ganadero que revise los reportes para que vaya conociendo los pronósticos e informes de productividad.
6. En las siguientes sesiones se repiten los pasos 3, 4 y 5 para afianzar el conocimiento., Cuando el ganadero está capacitado, se retira la ayuda para que sea usado autónomamente.



**Figura. 8.** Pasos para la formación en el DSS en la finca real (fase 8)

### 3.3. Aprendizajes y recomendaciones de la implementación de la Estrategia

La estrategia parte de unos saberes sobre el sistema a modelar, Dinámica de Sistemas, videojuegos serios y DSS (fase 1). La estrategia sugiere desarrollar una versión preliminar de las herramientas antes de realizar las sesiones con los ganaderos (fase 2) para tener una visión del alcance, definir ecuaciones del videojuego, establecer transacciones, informes y pronósticos en el DSS. Contar con esa versión preliminar permite disminuir el tiempo de desarrollo y el tiempo entre las sesiones en que se usa el modelo y las sesiones en que se usa el videojuego y el DSS ayudando a evitar que algunos ganaderos olviden lo aprendido o que, mientras se retoman las sesiones, cambien de sistema productivo, algo común en el contexto e inevitable de controlar por la estrategia.

Las tres herramientas son validadas (fase 5) con un mismo conjunto de datos de algunos animales según los procesos productivos de la finca que un ganadero cedió, por ejemplo, inseminación, reproducción y crecimiento. De la validación surgieron funcionalidades que se agregaron a la versión actualizada de las herramientas, tales como el informe de ingresos y egresos y algunos filtros en los reportes para facilitar la búsqueda de información. Se encontró útil usar el mismo conjunto de datos de prueba en las sesiones de formación, en los retos que se proponen en las partidas del videojuego y en la demostración del DSS, para que los ganaderos comprendan la alineación entre herramientas.

Cuatro de las diez fases de la estrategia involucran sesiones de formación con los ganaderos, sesiones en las que se resaltan los siguientes aspectos:

1. Las sesiones de formación deberían tener periodos cortos entre ellas (fases 4, 6, 7 y 8), para mantener la coherencia en el proceso; se debe estar pendiente de los ganaderos, ya que suelen tener dudas en cuanto al ingreso o consulta de datos en el DSS y, si hay errores de registro, se deben corregir pronto para evitar repeticiones erróneas y malos aprendizajes.
2. En las actividades de construcción del modelo (fase 4) se debe dar un proceso de concientización en cuanto al hecho de que el modelo no puede ser igual al sistema (ya que en el modelo no están elementos climáticos ni residuos de la producción, entre otros, y sí están los costos de agua asociados a la producción; aspecto que no era considerado por ninguno de los ganaderos). Los ganaderos son conscientes de que sus sistemas son dinámicos, pero no conocían diagramas para formalizarlos; vincularlos en la construcción del modelo de simulación les genera interés de participar y les brinda una metodología de representación que pueden seguir utilizando para otros sistemas.

3. En las partidas del videojuego los ganaderos simulan la toma de decisiones de su finca (fase 6), se recomiendan retos que vayan creciendo en dificultad a medida que aumenta su habilidad en el uso. Lograr los retos les da confianza en el manejo de las herramientas (En los retos, el tutor les acompaña para el manejo de errores, aclaraciones o recomendaciones a las que haya lugar. Al principio, el reto es que un solo animal esté bien alimentado durante seis meses, luego, que ese animal produzca una cría, posteriormente se les entrega más capital para que tengan más de un animal y que, por ejemplo, logren duplicar el dinero y así sucesivamente hasta pedirles que llenen el establo de animales).
4. En las fases 6, 7 y 8, se recomienda que el ganadero consulte el modelo para resolver inquietudes sobre la estructura del sistema, por tanto, las actividades realizadas en esas fases son complementarias, es decir, el ganadero alcanza con cada fase, más nivel de detalle sobre las funcionalidades de las herramientas.

### 3.4. Medición de Apropiación del DSS

La fase 10 de la estrategia mide el uso que le dan los ganaderos al DSS con los informes de seguimiento que ofrece el mismo DSS, con el objeto de conocer la apropiación a partir de los días que lo utilizan para registrar eventos del sistema productivo.

En resumen, en la tabla 4 es indicado con X cada tipo de animal que se encuentra en una finca según el sistema productivo. Los números indican la cantidad de días en el año en que se esperan registrar eventos para cada categoría. Solo se indican cinco de los eventos presentados en la tabla ya que comprar, vender y morir no son eventos periódicos pues se aplican una vez en la finca.

Los sistemas de producción de los ganaderos que participan en esta estrategia son lechería o ciclo completo, por tanto, el porcentaje mínimo de apropiación se debe asumir teniendo en cuenta que el evento que más genera registros es el ordeño, en el que las vacas lactantes producen leche, generalmente, durante nueve meses al año, por tanto, se esperaría que el ganadero registre datos el 75% de los días del año.

Además, por la flexibilidad que se da de registrar los eventos cada dos días, el porcentaje de uso mínimo para considerar apropiación es 37.5% (los demás eventos también se deben registrar, pero no se tienen en cuenta en el cálculo del porcentaje mínimo porque ninguno suele presentarse más de 12 veces al año).

**Tabla 4.** Tipos de animal y Cantidad de días a registrar eventos según el sistema productivo

#	Sistema Productivo	Tipos de Animal <sup>1</sup>			Número de veces en el año en que se registran datos por evento				
		Cría	Vaca	Novillo	Pesar <sup>2</sup>	Inseminar	Parir <sup>3</sup>	Ordeñar <sup>4</sup>	Medicar <sup>5</sup>
1	Cría	X			12				
			X		*		1		
2	Ceba			X	12				
3	Lechería	X			12				
			X		*	1	1	270	
4	Ciclo Completo	X			12		1		
			X		*	1		270	
				X	12				

\* Debe controlar el peso de las vacas. Aunque no son animales de ceba, al finalizar su producción son vendidas. <sup>1</sup> El toro no está ya que se pesa y se vacuna con poca frecuencia, además le aplica compra venta, los otros eventos no. <sup>2</sup> Se controla el peso de la cría mensualmente. <sup>3</sup> Se administran los partos para que sean anuales y que la sanidad esté bien para que haya leche para la cría. <sup>4</sup> Controlar la producción diaria de leche. <sup>5</sup> Solo se suministra medicamento cuando sea necesario.

La medición de la apropiación en esta propuesta se calcula en función de los días en que un ganadero hace registros y a partir de este se calculan los ganaderos apropiados, así:



1. El porcentaje de apropiación por ganadero: Es el resultado de dividir el número de días en los que se evidencia uso autónomo para el registro de los procesos, entre la cantidad de días transcurridos desde que finalizó la fase de uso con ayuda.
2. El porcentaje de ganaderos apropiados: Es el resultado de dividir la cantidad de ganaderos cuyo porcentaje de apropiación es mayor o igual al porcentaje mínimo de apropiación, entre la cantidad de ganaderos participantes.

(1) *Porcentaje de apropiación por ganadero = (Días con registros de uso autónomo) / (Días de Autonomía)*

(2) *Porcentaje de apropiados = (Ganaderos con porcentaje de apropiación mayor o igual al mínimo) / (Cantidad de ganaderos participantes)*

En la tabla 5 es presentado un resumen de los resultados de participación alcanzados 22 meses después de finalizado el proceso de formación, es decir, resultados de uso autónomo (fase 9). La tabla muestra el nombre y el municipio, la cantidad de ganaderos participantes, la cantidad de ganaderos apropiados, el porcentaje de ganaderos apropiados y el porcentaje de apropiación de cada ganadero apropiado de cada comunidad.

En promedio el porcentaje de ganaderos apropiados es 34%, ya que 11 de los 32 están por encima del porcentaje mínimo de apropiación, es decir, el porcentaje de uso mínimo esperado para considerar la apropiación (37,5%), el cual es un porcentaje aceptable si se tiene en cuenta el arraigo cultural y la resistencia al cambio entre otras razones, los patrones personales, sociales, culturales expresados en la introducción.

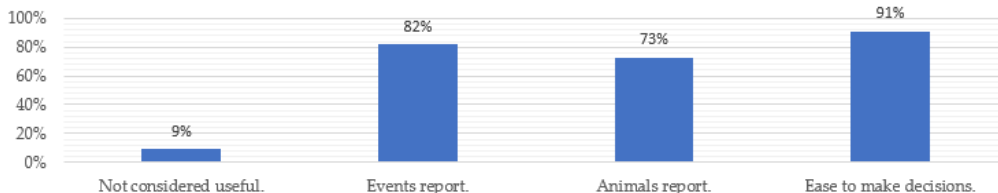
**Tabla 5.** Comunidades participantes y resultados de participación

#	Nombre de la comunidad	Numero de ganaderos	Numero de ganaderos con apropiación $\geq$ 37.5%	Porcentaje de ganaderos apropiados	Porcentaje de apropiación del ganadero
1	La Fortuna (Lebrija)	7	2	29%	56% y 69%
2	La Vega (Valle de San José)	7	2	29%	59% y 61%
3	Portugal (Lebrija)	8	3	38%	58% y 60% y 62%
4	San Lorenzo (Lebrija)	5	2	40%	64% y 63%
5	San Mateo (Betulia)	5	2	40%	67% y 75%
<b>Total</b>		<b>32</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

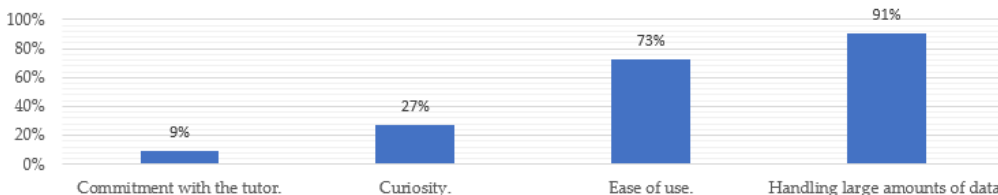
### 3.5. Evaluación de la aceptación del DSS mediante el instrumento de evaluación

Para evaluar la estrategia se aplicó una encuesta a los participantes, como complemento a la medición de uso que hace el DSS. El instrumento indaga por cuatro aspectos.

1. El primer aspecto indaga por las razones que llevaron a los ganaderos a hacer uso del DSS. En la figura 9 se aprecia que la mayoría ganaderos apropiados usan el DSS por la facilidad de operación y por el manejo de grandes volúmenes de datos.
2. El segundo aspecto indaga por las razones que llevaron a los ganaderos a considerarlo útil. En la figura 10 se aprecia que a la mayor parte de los ganaderos les pareció útil el DSS por los informes que ofrece y por la facilidad para tomar decisiones.

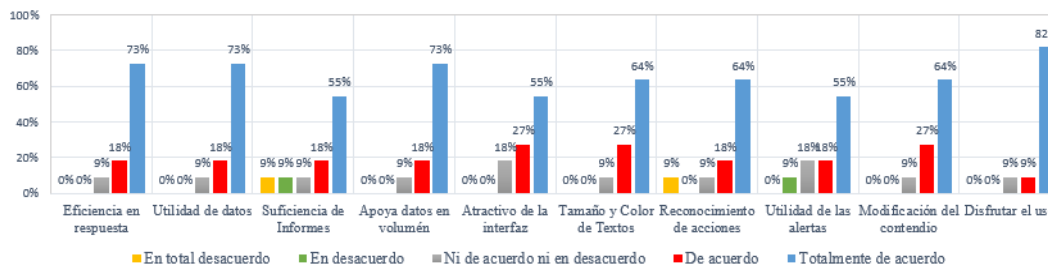


**Fig. 9.** Razones que llevaron a los ganaderos a usar el DSS y a considerarlo útil



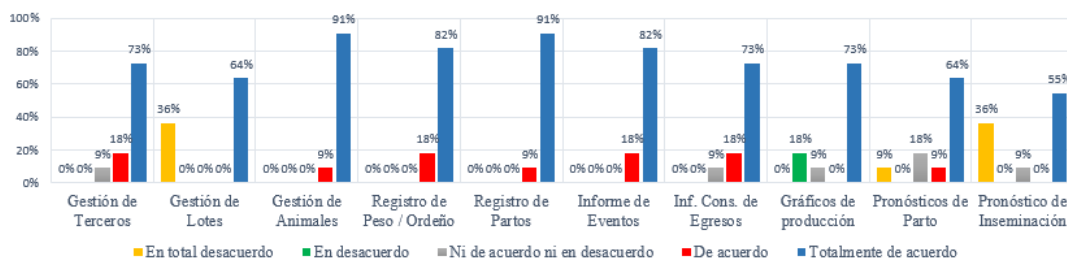
**Fig. 10.** Razones que llevaron a los ganaderos a usar el DSS y a considerarlo útil

3. El tercer aspecto, se indaga por la presencia en el DSS de diez características de uso ambas se evaluaron según las categorías de la escala de Likert (es decir: en total desacuerdo, en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, de acuerdo, totalmente de acuerdo). La figura 11 presenta la evaluación de las características de usabilidad, en ella se aprecia que los ganaderos están totalmente de acuerdo con que el DSS cumple con cada una, pero se aprecia que en una futura versión se podrían mejorar aspectos como lo atractivo de la interfaz, el tamaño y color de la letra, la eficiencia en los tiempos de respuesta, el reconocimiento de las acciones a realizar y la utilidad de las alertas.



**Fig. 11.** Resultados de la evaluación de las características de uso

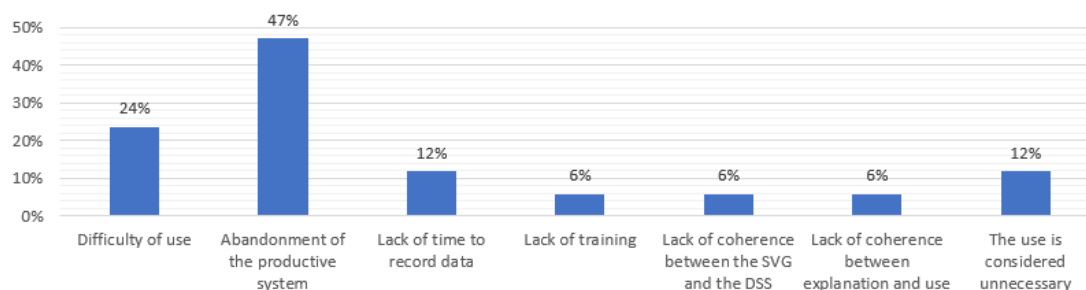
4. El cuarto aspecto indaga evalúa diez de las funcionalidades del DSS, el cual también fue evaluado usando la escala de Likert. La figura 12 presenta la evaluación de las funcionalidades, en ella se aprecia que la mayoría de los ganaderos están totalmente de acuerdo con la importancia de cada funcionalidad, pero se aprecia que la gestión de lotes y el pronóstico de inseminación no son opciones muy usadas y que la gestión de terceros, pesaje, ordeño, informe de eventos y consolidado de egresos podrían mejorarse.



**Fig. 12.** Resultados de la evaluación de las funcionalidades del DSS

**3.6. Evaluación de las razones de deserción**

Hubo ganaderos que no se apropiaron del DSS. Ellos fueron encuestados para conocer las razones de no uso del DSS. Los resultados obtenidos (figura 13) muestran que cerca de la mitad de los ganaderos que abandonaron la estrategia lo hicieron debido a que no continuaron con sus sistemas productivos, lo cual es acorde con la problemática del abandono rural (Rueda & Franco, Políticas educativas de TIC en Colombia: entre la inclusión digital y formas de resistencia-transformación social, 2018). Otros aún consideran que hay dificultad en el uso o que es innecesario usarlo para administrar la finca. Esto invita a que se generen nuevas alternativas para mostrar la importancia de las TI en la gestión de los procesos de las fincas.



**Fig. 13.** Razones de Abandono de la estrategia

#### 4. Discusión

Asumiendo como adopción de TI, la introducción de herramientas de TI en los procesos, para dar respuesta a necesidades de información mejorando la forma de llevarlos a cabo (Erumban & De Jong, 2006). Basado en estas definiciones es posible afirmar que la apropiación de TI va más allá de introducir las herramientas, ya que consigue que se haga uso de estas de forma autónoma y con sentido de pertenencia (Salemink, Strijker, & Bosworth, 2018). Basado en estas definiciones, los autores consideran que la estrategia propuesta para el sector rural logró la apropiación del DSS, ya que integró herramientas, consiguió que se usaran autónomamente y cambió la forma de llevar a cabo los procesos.

Los pequeños sistemas de producción bovina son organizaciones que deben aprovechar la tecnología siguiendo un proceso de adopción de TI a pesar de las limitaciones de recursos (Ghobakhloo, Hong, Sabouri, & Zulkifli, 2012) donde, según los autores, una intervención de terceros es requerida para un proceso de adopción viable. En este estudio, la intervención es realizada por el tutor que acompaña las sesiones de formación y construye las herramientas

La estrategia incluyó tres herramientas informáticas con elementos de gamificación y esto ayudó a generar confianza y sentido de pertenencia, los cuales que son objetivos especialmente importantes cuando se capacita a adultos mayores (Zhang, et al., 2017). Ambas metas se lograron principalmente debido a la realimentación que surgió de las preguntas que el tutor o el agricultor hicieron durante las sesiones de capacitación sobre el resultado obtenido.

La estrategia ayudó a que los ganaderos se reconozcan como transformadores de los procesos, por su participación en la construcción del modelo que representa sus sistemas productivos tal y como lo expresa Lundström & Lindblom (2018) al recomendar que se tenga en cuenta el contexto de los participantes cuando se diseñen estrategias de aprendizaje en el uso de DSS para el sector Agroindustrial.

La estrategia se adhiere a lo expresado por Somers y Stapleton (2014) quienes manifiestan que la apropiación de TI es un desafío que se afronta con el diseño de estrategias que cambien las condiciones de vida y brinden beneficios a sus usuarios.

El uso de Investigación basada en diseño, por su propósito de construcción e inclusión de herramientas para transformar una situación (De Benito & Salinas, 2016), facilitó la forma en que los pequeños productores bovinos llevan a cabo los procesos de sus fincas al incluir un modelo de simulación y un videojuego serio para apoyar las sesiones de formación en pro de la apropiación del DSS.

La metodología de estudio de caso busca mejorar en el contexto de la comunidad la forma de aplicar las herramientas (Hancock & Algozzine, 2016), esto sucedió en la estrategia propuesta ya que con el modelo se pudo motivar y organizar las sesiones de formación y dar a los ganaderos flexibilidad en el uso del DSS al consultar las partidas del videojuego para adquirir la habilidad de uso para la gestión de la finca real.

Con los resultados presentados es posible afirmar que la estrategia propuesta:

1. Cumplió con las intenciones de los investigadores en cuanto a (i) integrar un modelo con Dinámica de Sistemas en la comprensión del sistema, como lo expresa Mejía y Cascante (2007), (ii) contribuir a que ese modelo sea usado para apoyar el desarrollo de software tal y como lo afirma Jaime (2012) y Knox (2015) para dar claridad en el entendimiento del sistema de producción y, (iii) mitigar la brecha de TI que la propuesta consiguió para el 34% de los ganaderos participantes.
2. Involucró a los ganaderos en un proceso de concientización en cuanto a las limitantes que se dan en la simulación, limitantes que son normales en un modelo y que dependen del propósito con el que se construye (Featherston & Doolan, 2013). El modelo permitió la comprensión y representación del sistema dinámico (especialmente en el diagrama de influencias) y la utilización de sus ecuaciones para definir reglas en el videojuego serio y para hacer pronósticos en el DSS (Gómez, Orellana, & Salinas, 2020b).
3. Integró Dinámica de Sistemas para apoyar la capacitación de manera similar a otros trabajos en el sector rural como los descritos por: (i) Protil & Barreiros (2012) quienes representan procesos críticos en el comercio de productos de las cooperativas de comunidades agrícolas, (ii) Basu & Sushanta (2007) quienes muestran la disminución que se logra de la pobreza por el crecimiento de capital y el aumento de la producción de una región, (iii) Siregar et al (2018) quienes promueven cambios en la políticas a partir del aumento en la producción agrícola y el acceso a las tecnologías, y (iv) Shikuku et al (2017) quienes priorizan estrategias productivas y tecnologías sobre el uso de la tierra que mejoren el retorno de la inversión.
4. Adhirió un videojuego serio como herramienta didáctica computacional que según Samaniego (2017) potencia la autorregulación del aprendizaje y desempeña un rol importante en los procesos de enseñanza aprendizaje, con propósitos similares a los perseguidos en los trabajos de: (i) Pacheco et al. (2018) para facilitar la transferencia de conocimientos con los participantes, (ii) Moras (2015) para innovar en los procesos educativos y sociales que transformen y mejoren la sociedad y (iii) Kessler et al. (Kessler, 2016) para generar conciencia en legisladores sobre los volúmenes de información que se dan ante los variados problemas en el uso de tierra y desarrollar prácticas en los ámbitos de los pequeños productores agrícolas.

## 5. Conclusiones

La estrategia propone sus propias fases de apropiación de un DSS, fases que involucran un diagnóstico de uso de TI y sesiones de formación soportadas por un modelo de simulación y la gamificación otorgada por un videojuego serio, que buscan que el ganadero desarrolle habilidades que mejoran con la utilización de las herramientas y que contribuyen con la disminución de la resistencia al cambio y la comprensión de las ventajas de usar TI en sus fincas. Algunos factores clave de la estrategia fueron:

1. El modelo de simulación generó un lenguaje común para el tutor y los agricultores, que delimitó el alcance de las herramientas, así como dio uniformidad de uso y sirvió de pauta en las capacitaciones. El proceso iterativo cooperativo de simulación y validación del modelo fue enriquecedor para los agricultores.
2. El videojuego serio permitió a los ganaderos revisar las decisiones que solían tomar en sus granjas y verificarlas en el DSS de una manera lúdica. Esta consulta de datos es una oportunidad para que los agricultores comprendan que estas decisiones generalmente se olvidan o pueden mejorarse, y tomen conciencia de la cantidad de datos que generalmente manejan y la importancia de rastrear las decisiones.
3. Trabajar con comunidades permitió que se diera el apoyo entre los miembros de las comunidades, tanto para compartir sus percepciones e inquietudes sobre el beneficio del DSS, como en situaciones de olvido sobre la operación del DSS cuando se encontraban ya en la fase de uso autónomo. Alinear el DSS con un modelo que los agricultores aprueban y pueden verificar para resolver dudas sobre la estructura del sistema, mostrándoles la cantidad de datos que se genera con el videojuego serio, y la consulta de decisiones previas en el DSS, fortalece el proceso de apropiación.
4. La ayuda brindada por el tutor mientras el ganadero usa apropiadamente el DSS para gestionar los datos de su finca y durante la cual el tutor ayuda a que el ganadero vea las similitudes del ejercicio real de gestión de la finca comparadas con el ejercicio simulado con el videojuego, permitió que los ganaderos usaran el DSS con más confianza. La confianza en las herramientas y el conocimiento adquirido del DSS con los ejercicios sobre el sistema productivo simulado y con ayuda del tutor, así como la ayuda al empezar a trabajar con la finca real, facilitan el uso autónomo del DSS por parte del ganadero.

La estrategia se aplicó en el contexto específico de las regiones mencionadas y sus resultados no se pueden generalizar para todos los pequeños ganaderos debido a que las condiciones productivas, sociales, políticas y económicas pueden variar de una región a otra.

El hecho de que los ganaderos participaran en la validación del modelo ayudó a que ellos utilizaran estas herramientas a pesar de su resistencia al cambio, pero a pesar del distanciamiento entre las comunidades y el bajo número ganaderos en cada comunidad limitó la cantidad de usuarios a quien alguien con dudas podía recurrir para buscar colaboración y disminuyó la motivación o interés que se genera en posibles usuarios, cuando otros usan una aplicación y comentan su utilidad. Además, la apropiación se puede desincentivar debido a que las condiciones de conexión exigen comunicación asíncrona y al hecho de que, a las funcionalidades de parametrización y a los informes gráficos del DSS, solo se puede acceder de manera síncrona.

A futuro se espera vincular comunidades con sus diferencias en los procesos, instituciones y gremios que permitan beneficiar a más ganaderos con la estrategia, modelar aumentar la capacidad de la infraestructura tecnológica que soporta las herramientas TIC desarrolladas, permitir el trabajo en red entre ganaderos desde el DSS, añadir funcionalidades al DSS y transferir la experiencia a otros sistemas productivos.