

# EiBeLec: Propuesta de sistema adaptativo para el ecosistema lácteo

Javier A. Ballesteros-Ricaurte<sup>1,2</sup>, Angela Carrillo-Ramos<sup>2</sup>, Ramón Fabregat<sup>3</sup>,  
Carlos Parra-Acevedo<sup>2</sup>, Juan-Sebastián González-Sanabria<sup>1</sup>

[javier.ballesteros@uptc.edu.co](mailto:javier.ballesteros@uptc.edu.co); [angela.carrillo@javeriana.edu.co](mailto:angela.carrillo@javeriana.edu.co); [ramon.fabregat@udg.edu](mailto:ramon.fabregat@udg.edu);  
[ca.parraa@javeriana.edu.co](mailto:ca.parraa@javeriana.edu.co); [juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co](mailto:juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co)

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 150003, Tunja, Colombia.

<sup>2</sup> Doctorado en Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, 110231, Bogotá D.C., Colombia.

<sup>3</sup> Comunicaciones en Banda Ancha y Sistemas Distribuidos (BCDS), Universitat de Girona, 17003, Girona, España.

**Pages: 1-14**

**Resumen:** Este artículo presenta una propuesta de sistema adaptativo para el ecosistema lácteo del departamento de Boyacá en Colombia. El ecosistema requiere manejo de información contextual (por ejemplo, dispositivo, rol del usuario, ubicación, visualización de información, etc.) para que el sistema se pueda adaptar y brindar una experiencia personalizada a cada usuario, según sus características y las de su contexto. Para el desarrollo del sistema adaptativo, se propone una arquitectura software, basada en servicios, que admite múltiples configuraciones. Para ilustrar la propuesta se presentan dos servicios, uno para cada uno de los dos roles principales: el ganadero y el gobierno. Para el ganadero, se presenta el servicio “Generar ruta” que indica, entre varias opciones, dónde vender la leche para obtener un mejor precio, y la ruta desde su ubicación hasta el sitio de compra. Para el gobierno se presenta el servicio “Consultar contagio” que proporciona información sobre la propagación de una enfermedad.

**Palabras-clave:** Sistema adaptativo; Línea de productos de Software; Sistema de información web; Ecosistema lechero; Enfermedades infecciosas bovinas.

## *EiBeLec: Proposed Adaptive System for the Dairy Ecosystem*

**Abstract:** This paper proposes an adaptive system for the dairy ecosystem of the Boyacá Department in Colombia. The ecosystem requires context information manipulation (e.g. device, user role, location, information visualization). Adaptation is needed in order to provide a tailored experience to each user according to her/his characteristics and those of her/his context. To face these challenges, we focus on the variability of the system and propose a service-based software architecture that supports multiple configurations. To illustrate the proposal, two services are presented, one for each of the two main actors: the rancher and the government. For the rancher, we present the Generate route service that indicates, among

several options, where to sell the milk to obtain a better price. For the government, the Consult contagion service, which presents information about the spread of a disease.

**Keywords:** Adaptive system; Software product line; Dairy ecosystem; Bovine infectious diseases.

## 1. Introducción

Los sistemas de información se utilizan para proveer a los usuarios con diferentes servicios como, por ejemplo, de salud humana, industria y agricultura, así como para el control (Bradhurst et al., 2016; Picault et al., 2017), y la erradicación de enfermedades infecciosas que ocurren en diferentes regiones ganaderas (Richards et al., 2014). Estas herramientas deben usar grandes volúmenes de datos para generar reportes que sean aportes para los procesos de toma de decisiones de los actores involucrados. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la información se distribuye y organiza en diferentes formatos, pudiendo estar estructurada o no, pero siendo en muchos casos insuficiente la información disponible. Además, esta información depende del desarrollo de políticas, estrategias y competencias de parte del gobierno.

Este trabajo está enfocado en el ecosistema lácteo en Boyacá y los actores involucrados en este ecosistema generan datos no estructurados que se recopilan en diferentes formatos (por ejemplo, texto plano, hojas de cálculo, bases de datos) (Ballesteros-Ricaurte et al., 2018). Adicionalmente, no todo el mundo tiene acceso a esta información y de la que se dispone es insuficiente para ayudar a los ganaderos y al gobierno a que tomen la mejor decisión posible.

En la literatura analizada no se encontraron sistemas de información o aplicaciones que superen estos retos. En algunos casos, los datos sobre enfermedades no son reportados porque los ganaderos no tienen la obligación de hacerlo, o porque temen perder su ganado si lo hacen. Sin embargo, existen trabajos que muestran la forma en la que los datos epidemiológicos son utilizados, a fin de tomar decisiones respecto a enfermedades contagiosas (Barrett et al., 2008; Beckman, 2014; Carr & Roberts, 2010; Damianos, Wohlever, Kozierok, & Ponte, 2003; Picault et al., 2017; Castillejo et al., 2019). De forma similar, algunos expertos (Peeler & Otte, 2016; Singer, Salman, & Thulke, 2011), consideran políticas públicas de salud animal y modelado de enfermedades para la toma de decisiones basada en evidencias (Godsk, 2009), aunque no tienen en cuenta ni a los usuarios ni al contexto.

Por otro lado, se considera que el análisis de trabajos relacionados con la epidemiología de enfermedades infecciosas en humanos podría servir como inspiración para nuestra propuesta. Algunos artículos como los de (Beckman, 2014; Damianos et al., 2003) presentan una interfaz gráfica que permite la captura y representación de la información, y son orientados a usuarios expertos en el tema, es decir, los resultados proporcionados por las herramientas requieren que los usuarios tengan un conocimiento en análisis de datos epidemiológicos.

Para construir un sistema adaptativo para el ecosistema lácteo se identificaron tres retos principales: i) que sea configurable, para poder hacer cambios en enfermedades, actores

o contexto sin generar conflictos en otros componentes o servicios; ii) que se pueda adaptar al despliegue considerando el contexto tecnológico de cada actor y la forma en que la información puede presentarse en cada dispositivo; y iii) que la adaptación del contenido, dependiendo de las variables, pueda contemplar los diferentes niveles de granularidad de la información que puede ser presentada a los actores.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone EiBeLec, un sistema adaptativo sensible al contexto para apoyar la toma de decisiones del ecosistema lácteo. EiBeLec permite a los actores interactuar con servicios sobre enfermedades, contagios en la región, notificaciones sobre campañas preventivas, precios de leche y carne, rutas de distribución, y visualización de la información. Cada servicio tiene una adaptación que considera diversas características contextuales lo que permite a los usuarios tener una experiencia personalizada.

A fin de evaluar el sistema, se explican con detalle dos servicios, uno para el actor ganadero y otro para el actor gobierno. Para el primero, se describe el servicio “Generar ruta” que le permite al ganadero seleccionar el lugar donde puede vender su leche a un mejor precio, y además, le muestra la ruta desde su ubicación hasta el sitio de venta. Este servicio considera el perfil de usuario, su dispositivo hardware y el tipo de visualización de la información que el ganadero prefiere. Para el actor gobierno se detalla el servicio “Consultar contagio” que permite visualizar la presencia de enfermedades infecciosas bovinas.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 presenta los conceptos fundamentales para entender el tema tratado. La sección 3 explica la motivación para esta investigación, y describe la arquitectura adaptativa propuesta. Finalmente, la sección 4 expone las conclusiones más relevantes y presenta algunas posibilidades de trabajo futuro.

## **2. Marco conceptual**

El desarrollo de arquitecturas de sistemas adaptativos ha estado orientado frecuentemente a áreas como la educación, el turismo y los procesos de enseñanza/aprendizaje. Sin embargo, en el campo de la salud animal no se han encontrado avances significativos. Esta sección presenta una descripción general de las enfermedades infecciosas bovinas y de la generación de rutas; además, se describen brevemente los conceptos relacionados con la adaptación de la información en un contexto computacional.

### **2.1. Enfermedades infecciosas**

Diferentes países trabajan en los problemas generados por las enfermedades infecciosas bovinas para evitar una expansión que pueda causar epidemias y pandemias (Siettos & Russo, 2013). Estas enfermedades infecciosas también generan problemas sociales, enfermedades humanas y pérdidas económicas (McConnel et al., 2015).

Estas enfermedades causan pérdida de peso, baja producción de leche, disminución en la eficiencia de la producción de los animales, tumores malignos en el tejido linfático y la muerte de los animales. Todo esto tiene un gran impacto económico en las granjas bovinas (Pulido-Medellín et al., 2017) debido al costo de los tratamientos, las muertes

prematuras y el reemplazo consecuente de animales enfermos, lo que provoca un decrecimiento en la producción de leche y restricciones en importación y exportación de algunos países.

## **2.2. Generar ruta**

Generar ruta es un servicio que consiste en añadir funcionalidades y adaptaciones en el formato de la presentación del contenido, de forma que los actores del ecosistema de leche encuentren información acerca de los centros de acopio de leche y las plantas procesadoras que están en la región (Mojica et al., 2007), cuál es el precio promedio de compra de la leche, cuál es la ruta que debe seguirse para llegar al lugar y si el centro de acopio o la planta procesadora ofrecen el servicio de recolección de leche.

El proceso comienza cuando el ganadero hace una oferta de cierto número de litros de leche y proporciona la ubicación de su granja. El servicio debe informar sobre los precios actuales ofrecidos por las plantas procesadoras de lácteos. Después de que el ganadero seleccione una de las opciones, el servicio presenta la ubicación e información del centro de acopio o de la planta procesadora. Después, se le informa al ganadero si se le va recoger la leche o si debe llevarla a un centro de acopio o planta procesadora. Con toda esta información, el ganadero puede tomar la decisión con la que obtenga la mejor oferta por su producto.

## **2.3 Sistemas adaptativos**

La adaptación en sistemas de información es un proceso en el cual la información que el usuario requiere le es proporcionada considerando sus necesidades, preferencias, gustos, dispositivo de acceso y, en general, sus características contextuales (Lancheros, 2014). Para alcanzar este objetivo, es necesario tomar en consideración no sólo el contenido de la información presentada, sino la forma en la que se muestra en el dispositivo de acceso del usuario (Carrillo et al., 2009). Es de resaltar que, aunque ha habido trabajos sobre epidemias de enfermedades humanas con desarrollo de software que incluye un componente adaptativo para las políticas (Bisset et al., 2014), a la fecha no se encuentran investigaciones que los apliquen para enfermedades de origen bovino.

## **3. EiBeLec**

EiBeLec es un sistema que propone un ambiente flexible y adaptativo para el uso de los servicios, tomando en cuenta cómo un usuario interactúa con los servicios a través de diversos dispositivos (por ejemplo, teléfono inteligente, PC) y qué rol juega ese usuario en el ecosistema lácteo.

### **3.1. Descripción**

El sistema adaptativo propuesto está basado en el ecosistema lácteo de Boyacá, Colombia. El departamento contiene 123 municipios y cubre alrededor de 23000 kilómetros cuadrados. También cuenta con 748,700 cabezas de ganado distribuidas en 52,493 granjas. En términos geográficos, la zona incluye montañas, mesetas y valles. Las montañas usualmente están a más de 1,000 metros sobre el nivel del mar.

El ecosistema lácteo es uno de los elementos fundamentales en la economía del departamento, tanto por la producción de leche como por la fabricación de productos lácteos. Algunos de los procesos del ecosistema presentan ciertos inconvenientes. En este artículo, se analizaron dos de los procesos principales: el proceso de venta de leche por el ganadero y la consulta, por parte del gobierno, de la presencia y contagio de una enfermedad infecciosa bovina.

La venta de leche por parte del ganadero es un proceso que requiere tiempo e información apropiada para conseguir el mejor trato por parte de las plantas procesadoras de lácteos que son las que compran la leche usualmente y las que dictan el precio por litro. Este valor se determina teniendo en cuenta diversos factores como la calidad de la leche, las enfermedades reportadas y la distancia recorrida para recolectar la leche. También consideran información sobre el clima, ya que condiciones de lluvia o heladas pueden afectar la producción de leche y la recolección. Una de las principales funcionalidades propuestas para EiBeLec es proporcionar información sobre las rutas para recolectar leche más beneficiosas tanto para plantas procesadoras de lácteos como para los ganaderos.

Por otro parte, el actor gobierno (gobernador del departamento, alcalde de cada municipio y/o secretarios de agricultura, finanzas y salud, entre otros) requiere reportes de presencia, posibles brotes y predicción de contagio de ciertas enfermedades infecciosas bovinas. EiBeLec debe proporcionar la funcionalidad de recolectar y presentar la información en un área dada. Además, el sistema debe ofrecer diferentes opciones de reporte, dependiendo del rol de cada interesado, de forma que éstos puedan tomar las decisiones más apropiadas para cada situación en particular.

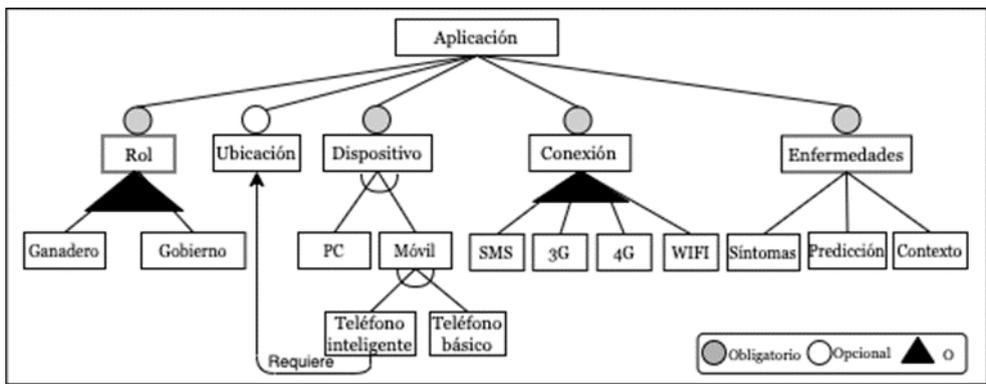


Figura 1 – Diagrama de contexto de características

Los requerimientos, descritos previamente, representaron una serie de configuraciones que pueden variar dependiendo de información del contexto: rol de usuario, ubicación, distancias, enfermedades, etc. Una forma de lidiar con la complejidad de múltiples configuraciones es usar un diagrama de características. En este tipo de diagrama, diversas características de un sistema se presentan en un árbol. Cada característica puede ser obligatoria u opcional. Además, puede haber restricciones entre dichas

características. La semántica detrás de un diagrama de características corresponde a todas las combinaciones de características opcionales posibles que respeten las restricciones. La Figura 1 ilustra las características para EiBeLec. Las características en el diagrama representan las piezas principales de información del contexto que afectan la configuración del sistema.

En primer lugar, el sistema considera el rol que está utilizando entre los dos que se han trabajado en este artículo: el rol gobierno y el rol ganadero. También considerará la ubicación del usuario ya que ésta tiene un impacto en los procesos realizados por el sistema y en la información presentada. El dispositivo usado para acceder al sistema también afecta a la forma en la que el sistema presenta la información. En este caso, se consideraron tanto las capacidades del hardware como la conectividad del dispositivo. Finalmente, está la información sobre las enfermedades, la cual afecta a la mayoría de las funcionalidades presentadas en el sistema.

### **3.2. Arquitectura**

Para construir un sistema adaptativo que pueda representar todas las características definidas en la Figura 1, se propone una arquitectura basada en componentes. Un objetivo de esta arquitectura es la separación de asuntos mediante los componentes que son proveedores de datos y los que son consumidores. Con este tipo de arquitectura, una reconfiguración se puede hacer en dos niveles: (1) reemplazando un componente, o (2) modificando el comportamiento interno de un componente. En cualquier caso, la reconfiguración debe ser un proceso transparente para el resto de los componentes, mientras que los servicios y la información continúan siendo proporcionados en cualquier configuración.

La arquitectura propuesta por EiBeLec incluye diversos componentes para la recolección y el procesamiento de la información y la agregación de contexto, como se ilustra en la Figura 2.

### **3.3. Componente de contexto**

La información inicial sobre enfermedades y usuarios en el ecosistema lácteo está actualmente en archivos físicos y digitales (archivos de texto y hojas de cálculo) (Ballesteros-Ricaurte et al., 2018), y en bases de datos privadas en laboratorios clínicos, grupos de investigación del área veterinaria e instituciones del gobierno. Se definió un componente de contexto que se encarga de añadir esta información y almacenarla en la base de datos de EiBeLec que es utilizada por los componentes propuestos en la arquitectura (Figura 2).

Los tres tipos principales de información de los que se dispone en EiBeLec son:

- **Enfermedades:** todos los actores del sistema pueden reportar información sobre enfermedades infecciosas bovinas.
- **Perfiles de usuario:** los roles tienen un impacto en la forma en la que los servicios se proporcionan. Por esta razón, es importante validar y almacenar un perfil para cada actor involucrado en el ecosistema lácteo. Un perfil incluye gustos, preferencias, ubicación (para los usuarios de dispositivos móviles) y relaciones con otros usuarios.

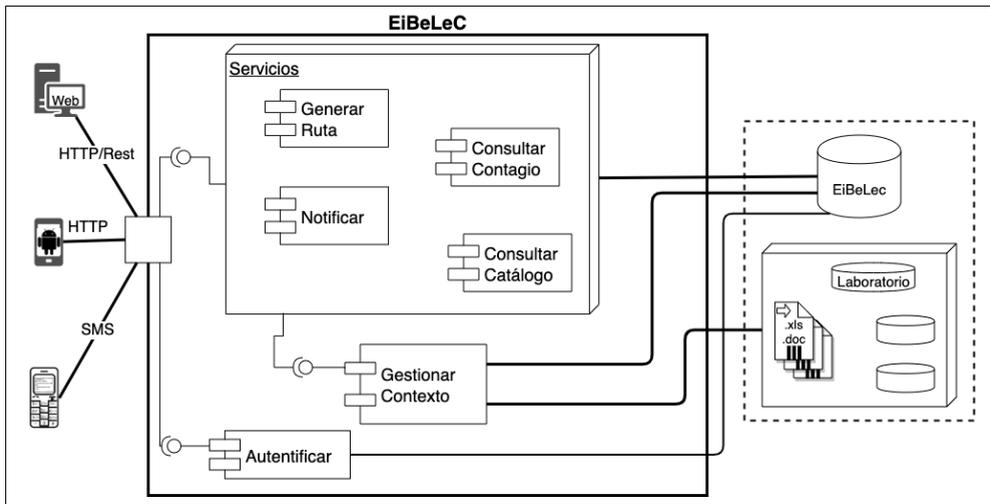


Figura 2 – Arquitectura de EiBeLec

- **Dispositivos:** para proporcionar una experiencia a la medida, es importante definir y procesar las características del hardware y del software del dispositivo que permite la conexión con el sistema. Actualmente, EiBeLec apoya tres tipos de dispositivos: computadores de escritorio que se conectan con el sistema vía navegador web, dispositivos móviles con sistema operativo Android, y teléfonos celulares no inteligentes que sólo se utilizan para enviar notificaciones de mensajes SMS (Short Message Service).

### 3.4. Componente de servicios

Este componente está conformado por cuatro (4) servicios que explicaremos a continuación: “Generar ruta”, “Consultar contagio”, “Consultar catálogo” y “Notificar”. De los dos primeros se hará una explicación detallada y de los otros dos sólo se explicará brevemente en que consisten.

#### 3.4.1. Servicio “Generar ruta”

Este servicio organiza la información relacionada con el precio de la leche, la localización de las granjas y de las plantas procesadoras de lácteos en el área, para presentar los resultados de la consulta de las rutas para llevar la leche desde el ganadero hasta la planta procesadora.

En la Figura 3 el servicio “Generar ruta” se ilustra utilizando la notación de Business Process Modeling (BPMN) (Hitpass, Freund, & Rucker, 2011). El proceso representa la interacción entre el ganadero y el sistema. El usuario ganadero ingresa al sistema desde su dispositivo para conocer el precio de la leche que está ofreciendo cada compañía láctea. El sistema le muestra al ganadero el precio de la leche ofrecido por cada planta procesadora e información adicional sobre la ubicación de la planta procesadora, de si le va a recoger la leche en su granja y de cuál es la forma de pago. Considerando esta

información, el ganadero puede seleccionar a qué planta procesadora de lácteos va a vender la leche para obtener el mayor beneficio. Una vez seleccionada la planta procesadora a la que se la va a vender, el sistema muestra al ganadero la ruta para llegar desde su ubicación hasta la sede la planta procesadora.

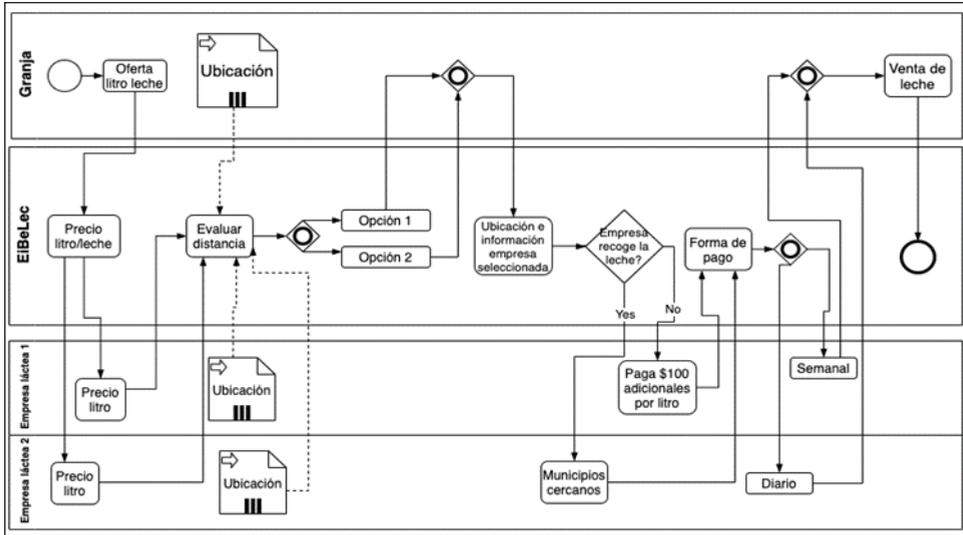


Figura 3 – Proceso de venta de leche por los ganaderos a las plantas procesadoras

La Figura 4 muestra un ejemplo de cómo le es presentada al ganadero la información sobre el componente generar ruta para tres dispositivos: navegador web, teléfono celular no inteligente y Smartphone. En el ambiente web (Figura 4a), se presenta la información sobre el precio de la leche, la ubicación de la compañía, la forma de pago y la ruta desde la granja hasta la planta procesadora de lácteos. En el Smartphone (Figura 4c), adicional a la información básica, el sistema muestra el mapa con la ruta para llegar desde la ubicación actual del usuario hasta la planta procesadora de lácteos. Finalmente, el teléfono celular no inteligente (Figura 4b), sólo permite que se presente un SMS con la información de una planta procesadora de lácteos, el precio de la leche y distancia entre la ubicación del usuario y la planta procesadora. Este es un mensaje que se envía diariamente a los ganaderos registrados y no es consecuencia de una interacción con el sistema.

Las plantas procesadoras de lácteos hacen la compra a través de cooperativas de productores de leche para reducir los costos y tener un control de calidad. Las cooperativas deben llevar a cabo procesos como ubicación de tanques de enfriamiento para la leche en diferentes áreas y crear conciencia entre los ganaderos sobre buenas prácticas de ordeñar. Esto es obligatorio para comprar la leche. Estas cooperativas deben recolectar la leche y llevarla a los tanques de enfriamiento para que un camión pueda recoger la leche y llevarla hasta la planta procesadora. La Figura 5 describe el proceso de recolección de leche realizado por los camiones de las cooperativas. Cada camión debe seguir una ruta y respetar un horario. Adicionalmente, cada camión tiene un número de litros permitidos para transportar.

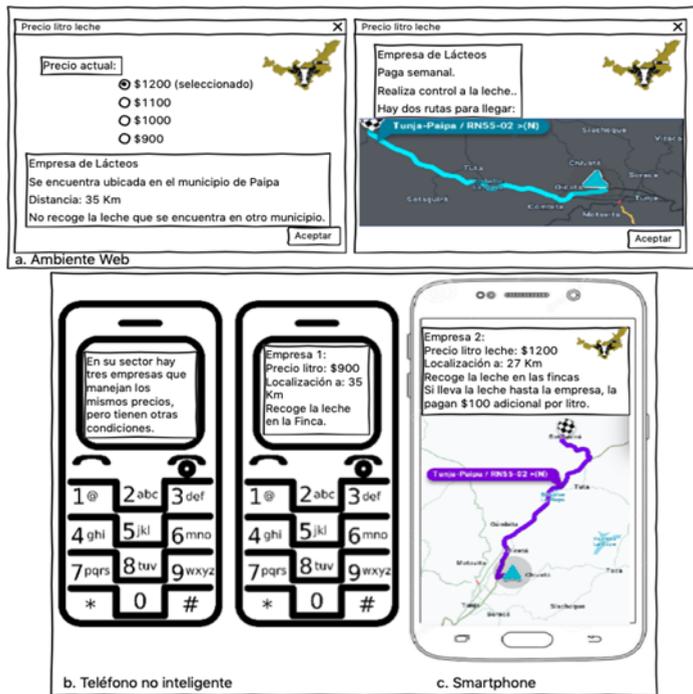


Figura 4 – Resultados de consultar el componente Ruta, usando dos ambientes

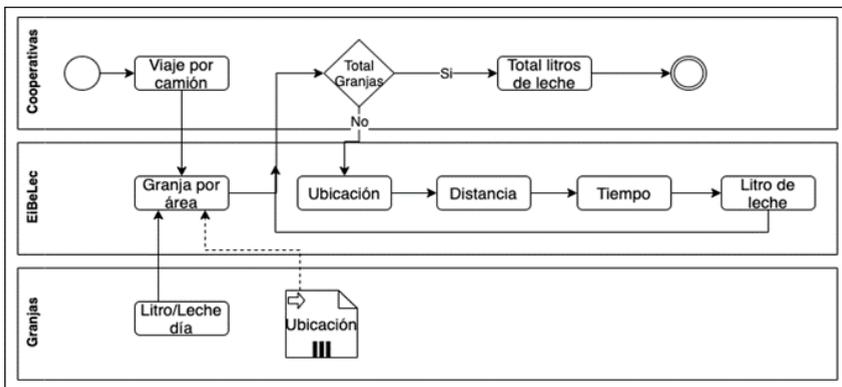


Figura 5 – Proceso de recolección y repartición de leche

El servicio “Generar ruta” entrega información a las cooperativas sobre la ubicación de las granjas, la cantidad de litros/leche, la distancia entre las granjas y la ruta que debe seguirse en el viaje. La Figura 6 muestra el resultado de la consulta hecha por la cooperativa al sistema EiBeLec para conocer la ruta que el camión del tanque debe seguir para recolectar la leche en un sector definido. La información muestra las granjas que deben ser visitadas, la distancia entre cada granja y el precio por litro de leche que se está pagando.

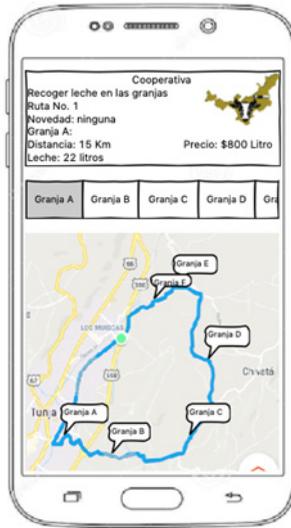


Figura 6 – Servicios de ruta para el conductor de camión en un Smartphone

### 3.4.2. Servicio “Consultar contagio”

El servicio “Consultar contagio” reúne el modelo predictivo y el modelo epidemiológico para pronosticar la propagación de una enfermedad infecciosa. También entrega los resultados al componente de ruta para validar si hay presencia de una enfermedad o no. Los resultados que se entregan a los usuarios tienen diferentes formatos, dependiendo de las preferencias de cada uno.

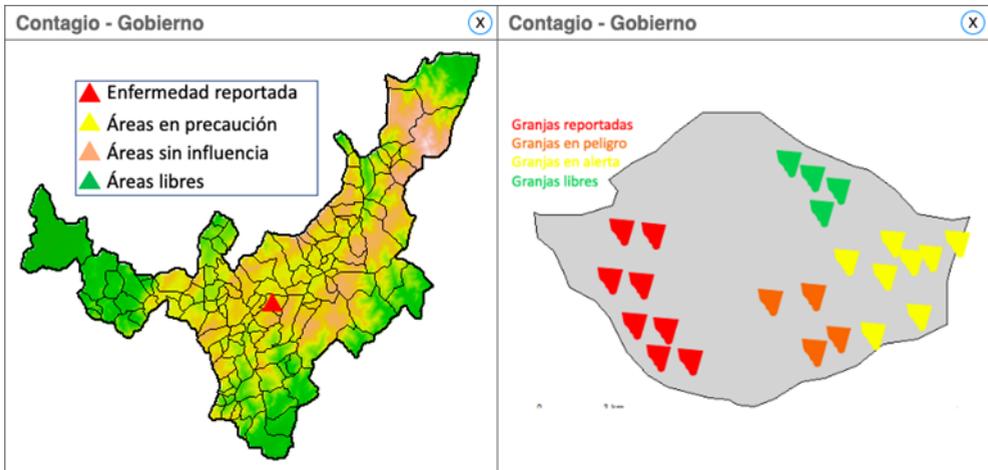


Figura 7 – Resultados esperados del servicio de consultar contagio

Este servicio está basado en la composición y la colaboración de otras unidades de servicio (Peper & Schneider, 2008). Para este escenario, existe una relación entre la

ruta y los servicios de catálogo que proporcionan información sobre: enfermedades reportadas, síntomas, y la relación con las variables contextuales. El componente de contagio consulta a los usuarios sobre la información y es responsable de la organización y coordinación de los recursos, de la información y de presentar la misma al usuario final.

Cuando el servicio “Consultar contagio” es requerido por el actor gobierno para verificar si hay posibilidades de que se difunda la enfermedad, el resultado es un mapa térmico del departamento, indicando dónde se localiza la infección, las áreas en estado de alerta, y las áreas libres de infección. Un ejemplo de este mapa térmico se ilustra en la parte izquierda de la Figura 7. El sistema simula cómo la enfermedad se puede expandir teniendo en cuenta las variables de la enfermedad. Además, si la consulta se hace por parte del gobierno de un municipio, el resultado se limita a ese municipio y no a todo el departamento, como se ilustra en el lado derecho de la Figura 7.

### **3.4.3. Servicio “Consultar catálogo”**

Este servicio valida las consultas que los usuarios pueden hacer, verificando los datos, procesando la información y reportando el resultado a cada usuario.

### **3.4.4. Servicio “Notificar”**

Es el servicio encargado de informar a otros componentes y usuarios sobre eventos (campañas de vacunación, precio de la leche, reporte de brote de enfermedad) o cambios que ocurren (reconfiguración de un componente).

## **4. Conclusiones**

En la literatura existen trabajos de arquitecturas de software adaptativas para resolver problemas en áreas como transporte, turismo, comunicaciones, entre otras. Así mismo, en el campo de la agricultura y ganadería se presentan desarrollos en el campo de epidemiología y granjas (Castillejo et al., 2019; Picault et al., 2017); sin embargo, en el caso particular del ecosistema lácteo, no se encontró un sistema adaptativo que tomara en cuenta los diferentes actores, el contexto, los dispositivos de comunicación y que presentara servicios que ayuden a los usuarios en la toma de decisiones. Por esta razón, se propuso el sistema adaptativo EiBeLec, que está basado en una arquitectura de componentes, con servicios adaptables teniendo en cuenta el perfil de los actores del ecosistema lácteo.

Eibelec cumple las características propuestas para sistemas adaptativos, dado que es un sistema configurable que permite analizar sólo determinadas variables que se quieren tener en cuenta y que permite la opción de incluir nuevos actores con determinadas funcionalidades cuando el contexto lo requiera. Así mismo, posee la facilidad de visualizarse adecuadamente según el dispositivo del usuario debido a que cuenta con la escalabilidad según el dispositivo y disponibilidad de acceso según la capacidad conexión de acceso del mismo. Por último, el contenido que se muestra se adapta al perfil (ganadero o gobierno) del que haga la consulta. En cada elemento el sistema presenta funcionalidades acordes a la toma de decisiones que el usuario requiere, variando principalmente el nivel de detalle o granularidad.

Como trabajo futuro será necesario validar la arquitectura de EiBeLec y los servicios descritos. Además, para el servicio “Consultar contagio” se propone evaluar técnicas de aprendizaje automático para predecir la expansión de las enfermedades infecciosas bovinas. También es necesario enriquecer los servicios basados en el rol de usuario e implementar el sistema en un ambiente controlado para realizar pruebas de adaptabilidad y usabilidad con diferentes usuarios finales que tengan distintos perfiles para observar el comportamiento de EiBeLec para los diversos roles.

## Agradecimientos

Esta investigación es financiada por el Gobierno Colombiano a través de la beca 733 de Colciencias, orientado a la Formación de Capital Humano.

## Referencias

- Ballesteros, J. A., Carrillo, A., Parra, C., & Gómez, J. (2018). Adaptive System to Support Decision-making of Dairy Ecosystem in Boyacá Department. In *Proceedings of the 14th International Conference on Web Information Systems and Technologies*, (pp. 253-260). Seville, Spain. doi: 10.5220/0006947502530260
- Barrett, C. L., Bisset, K. R., Eubank, S. G., Feng, X., & Marathe, M. V. (2008). EpiSimdemics: an efficient algorithm for simulating the spread of infectious disease over large realistic social networks. In *Proceedings of the 2008 ACM/IEEE conference on Supercomputing*, (pp. 1-12). Austin, TX, USA. doi: 10.1145/1413370.1413408
- Beckman, R. (2014). ISIS: A Networked-Epidemiology Based Pervasive Web App for Infectious Disease Pandemic Planning and Response. In *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (KDD '14)*, (pp. 1847-1856). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. doi: 10.1145/2623330.2623375
- Bisset, K., Chen, J., Deodhar, S., Feng, X., Ma, Y. & Marathe, M. (2014). INDEMICS: An interactive high-performance computing framework for data intensive Epidemic Modeling. *ACM Trans Model Comput Simul*, 24(1). doi: 10.1145/2501602
- Bradhurst, R. A., Roche, S. E., East, I. J., Kwan, P., & Garner, M. G. (2016). Improving the computational efficiency of an agent-based spatiotemporal model of livestock disease spread and control. *Environmental Modelling and Software*, 77, 1-12. doi: 10.1016/j.envsoft.2015.11.015
- Carr, S., & Roberts, S. (2010). Planning for infectious disease outbreaks: a geographic disease spread, clinic location, and resource allocation simulation. In *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* (pp. 2171-2184). Baltimore, MD, USA. doi: 10.1109/WSC.2010.5678858
- Carrillo, A., Aragón, F., Cárdenas, J., Cristancho, J., Higuera, M. C., & Marín, D. (2009). Aspectos a considerar para adaptar el contenido y el despliegue de la información. *Avances en Sistemas e Informática*, 6(2), 99-112.

- Castillejo, P., Cürüklü, B., Fresco, R., Johansen, G., Bilbao-Arechabala, S., Martínez-Rodríguez, B., ... Santic, M. (2019). The AFarCloud ECSEL Project. In *22nd Euromicro Conference on Digital System Design (DSD)*, (pp. 414-419). Kallithea, Greece. doi: 10.1109/DSD.2019.00066
- Damianos, L., Wohlever, S., Kozierek, R., & Ponte, J. (2003). MiTAP: A case study of integrated knowledge discovery tools. In *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, (p. 10). Big Island, HI, USA. doi: 10.1109/HICSS.2003.1173927
- Godsk, T. (2009). Methods and Software Architecture for activity recognition from position data: applied to cow activity recognition. (Tesis doctoral). Ph.D. program in Computer Science, Aarhus University, Denmark.
- Hitpass, B., Freund, J. & Rucker, B. (2011). BPMN Manual de referencia y guía práctica. Santiago de Chile. BPM Center.
- Lancheros, D. J. (2014). *Sistema adaptativo de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje orientados a estudiantes con o sin discapacidad*. (Tesis Doctoral). Doctorado en Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C.
- McConnel, C., Lombard, J., Wagner, B., Koprak, C., & Garry, F. (2015). Herd factors associated with dairy cow mortality. *Animal*, 9(8), 1397-1403. doi: 10.1017/S1751731115000385
- Peeler, E. J., & Otte, M. J. (2016). Epidemiology and Economics Support Decisions about Freedom from Aquatic Animal Disease. *Transboundary and Emerging Diseases*, 63(3), 266-277. doi: 10.1111/tbed.12278
- Peper, C., & Schneider, D. (2008). Component engineering for adaptive ad-hoc systems. In *Proceedings of the 2008 International workshop on Software engineering for adaptive and self-managing systems*, (pp. 49-56). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. doi: 10.1145/1370018.1370028
- Picault, S., Huang, Y. L., Sicard, V., Beaudeau, F., & Ezanno, P. (2017). A Multi-Level Multi-Agent Simulation Framework in Animal Epidemiology. In Demazeau, Y., Davidsson, P., Bajo, J., Vale, Z. (Eds.). In *Advances in Practical Applications of Cyber-Physical Multi-Agent Systems: The PAAMS Collection*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-59930-4\_17
- Pulido, M., González, W., Bayona, H., & Chavarro, G. (2017). Determinación de Leucosis enzootica bovina mediante las claves Hematológicas de Göttigen y Elisa en Boyacá. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 58(1), 10-16.
- Richards, K. K., Hazelton, M. L., Stevenson, M. A., Lockhart, C. Y., Pinto, J., & Nguyen, L. (2014). Using exceedance probabilities to detect anomalies in routinely recorded animal health data, with particular reference to foot-and-mouth disease in Vietnam. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*, 11, 125-133. doi: 10.1016/j.sste.2014.08.002

- Siettos, C. I., & Russo, L. (2013). Mathematical modeling of infectious disease dynamics. *Virulence*, 4(4), 295-306. doi: 10.4161/viru.24041
- Singer, A., Salman, M., & Thulke, H. H. (2011). Reviewing model application to support animal health decision making. *Preventive Veterinary Medicine*, 99(1), 60-67. doi: 10.1016/j.prevetmed.2011.01.004