

## Investigación

## Hacia un marco conceptual común sobre trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos

### Towards a Common Reference Framework for Traceability in the Food Supply Chain

*Dora Lucia Rincón B.<sup>1</sup>, Johan Esteban Fonseca Ramirez<sup>2</sup>, Javier Arturo Orjuela Castro.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Salamanca.

<sup>2,3</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá - Colombia

\* Correspondencia: [doralucia@usa.es](mailto:doralucia@usa.es), [fonseca\\_johan@hotmail.com](mailto:fonseca_johan@hotmail.com), [jorjuela@udistrital.edu.co](mailto:jorjuela@udistrital.edu.co)

Recibido: 16/05/2016 Modificado: 05/09/2016 Aceptado: 14/02/2017

#### Resumen

**Contexto:** la ausencia de un marco conceptual común sobre trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos (CSA), impide su desarrollo de manera unificada. Dicha ausencia ha generado confusión y no ha permitido evidenciar las ventajas sociales y empresariales de implementarla; además, no contar con un marco común en países como Colombia, impide el desarrollo adecuado de políticas públicas.

**Método:** se realizó una revisión sistemática de la literatura en cuatro etapas: protocolo de búsqueda para consultar artículos de las bases Scopus, Science Direct, ISI Web; revisión y selección de artículos relevantes, extracción de datos en tablas y formatos diseñados para dicho fin y elaboración del marco conceptual.

**Resultados:** se propone un marco conceptual común que abarca los siguientes aspectos, definición de trazabilidad, características y propiedades, esquemas, unidad de recurso trazable, motivadores y sistemas de captura; para el diseño e implementación de un sistema de trazabilidad en la CSA. Se evalúa la legislación internacional y nacional y se establecen elementos para su implementación. Se ejemplifica el marco conceptual propuesto para la cadena de suministro cárnica que permitiría orientar la implementación de sistemas de trazabilidad en CSA en Colombia.

**Conclusiones:** el marco conceptual para la trazabilidad de CSA puede ser una guía para la implementación y desarrollo en las cadenas alimentarias en el contexto colombiano. Una implementación en cadenas agropecuarias permitirá la diferenciación de origen, lo que puede ser un factor competitivo para aquellos productores que realicen buenas prácticas agrícolas, así como capacidades logísticas efectivas por los demás agentes de la CSA, el efecto de su implementación debe evaluarse en especial en la incidencia sobre posicionamiento de marca y el establecimiento de precios justos, como efecto del rastreo y seguimiento del sistema de trazabilidad.

**Agradecimientos:** este artículo es resultado del proyecto Modelos de Simulación de la Cadena de Suministro de Frutas, para lo cual se le agradece la participación a la Ingeniera, Nataly Páez Salamanca, del Grupo GICALyT.

#### Abstract

**Background:** The absence of a common conceptual framework on traceability in the food supply chain (SCF), prevents a cohesive development of this concept. The absence has generated confusion and has made it impossible to demonstrate the social and commercial advantages of its implementation. In addition, not having a common framework in countries such as Colombia obstructs the development of public policies.

**Method:** A systematic review of the literature was carried out in four stages: search protocol to consult articles in the databases Scopus, Science Direct and ISI Web; review and selection of relevant articles; extraction and incorporation of data into tables and formats designed for this purpose and elaboration of the conceptual framework.

**Results:** A common conceptual framework is proposed for the design and implementation of a traceability system in the SCF covering the following aspects: definition of traceability, characteristics and properties, schemes, traceable resource unit, motivators and recording systems. The international and national legislation is evaluated and aspects for its incorporation are established. The proposed conceptual framework is exemplified by the meat supply chain to guide the implementation of traceability systems in CSA in Colombia.

**Conclusions:** The conceptual framework for SCF traceability can be a guide for the implementation and development of food chains in the Colombian context. Implementing this in agricultural chains would allow the differentiation of origin, which can be a competitive factor for producers with good agricultural practices, as well as provide effective logistic capacities for all agents of the SCF. The effect of its implementation should be evaluated with special emphasis on the impact on brand positioning and the establishment of fair prices as an effect of tracking and tracing the traceability system.

**Keywords:** Traceability System, Food Safety, Meat, Legislation

## Open access



Citación: D.L. Rincón, J.E. Fonseca, J.A. Orjuela, "Hacia un Marco Conceptual Común para la Trazabilidad en la Cadena de Suministro de Alimentos" *INGENIERÍA*, vol. 22, no. 2, pp. XXX-XXX, 2017. ©Los autores; titular de derechos de reproducción Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En línea DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2017.2.a01>

## 1. Introducción

La trazabilidad en la cadena de suministro (CS) permite identificar información relacionada con el seguimiento y rastreo de unidades trazables durante el proceso de producción y comercialización. La trazabilidad ha sido abordada desde diferentes perspectivas como: tecnológicas, sociales y administrativas. Sin embargo, dicha interdisciplinariedad en estudios específicos ha provocado que no exista un marco conceptual común de trazabilidad [1] y que más allá de las diferencias de la definición, existe un desacuerdo teórico en las propiedades de la misma y en la estructura normativa [2]; por su parte, las particularidades de la industria alimentaria tales como la perecibilidad, hace necesaria una definición particular de dicho lenguaje común, que sea entendido y apropiado por todos los actores de la cadena de suministro alimentaria (CSA), para de este modo lograr una interacción eficiente entre los agentes de una CSA. Tal como lo plantea Crandall, *et al.* [3] la trazabilidad a través de la CSA debe darse desde la producción hasta el consumo final y es una necesidad urgente para la industria, los consumidores y el gobierno; sin embargo, si no hay un consenso del significado y características de la trazabilidad es imposible la coordinación en el intercambio de información. En este artículo se pretende precisamente mediante una revisión sistemática de la literatura, generar un marco común que permita tener claro conceptos esenciales para el diseño de un sistema de trazabilidad en las CSA, así como detectar elementos orientadores para esquemas normativos, ejemplificado con el caso de la CSA de la industria cárnica en Colombia. De igual forma, se espera que la integración de los diferentes criterios facilite las nuevas actividades de investigación en este campo.

La trazabilidad es una herramienta importante para la CSA, dado que facilita los procesos de intercambio de información y producto entre cada uno de los eslabones que la componen, permitiendo acceder en cualquier momento a información inherente a procesos, movimientos y características del alimento, con lo cual se puede hacer seguimiento y controlar el suministro, distribución, calidad e inocuidad del mismo. Aunque los conceptos generales, las propiedades y las características básicas para cualquier sistema de trazabilidad pueden ser similares [1], para una CSA, las especificidades, características y necesidades de sistema de trazabilidad deben ser diferenciadas especialmente en alimentos altamente perecederos como las carnes, lácteos, frutas o verduras. No obstante, no se encuentra en la literatura un marco conceptual que permita orientar el diseño de un sistema de trazabilidad en las cadenas de CSA.

A menudo la CSA es tratada por separado del sistema de trazabilidad, sin tener en cuenta que ambas coexisten y a pesar que cada eslabón pueda funcionar de forma independiente, el impacto final no es mutuamente excluyente [4]. Es por esto que el diseño de un sistema de trazabilidad requiere un replanteamiento a fondo o la reorganización de toda la CSA [5]. Para ello, se necesita contar con bases comunes desde las cuales se generen diseños compatibles entre sí que permitan compartir información. Esto es imprescindible, dado que las empresas relacionadas con la CSA deberán implementar la trazabilidad o tendrán dificultades para mantenerse en el negocio [6].

La adopción de sistemas de trazabilidad no es fácil para los pequeños productores de alimentos y empresas de procesamiento, ya que carecen de capacidad financiera, información adecuada y conocimientos suficientes para ponerla en práctica [7], por lo tanto, la comunidad académica y el gobierno deben generar los mecanismos pertinentes para que puedan implementar la trazabilidad de acuerdo a sus capacidades y necesidades. En países como Colombia, donde la implementación de normas de seguridad alimentaria y sistemas de trazabilidad está en desarrollo, es necesario generar esquemas que permitan orientar al sector público y a los empresarios para el diseño y ejecución de sistemas eficientes que les permita ser competitivos. Según el informe del Banco Mundial [8] Colombia tuvo un índice de desempeño logístico (LPI) de 2,87 en el 2012, 2,64 en 2014 y 2,61 en 2016, pasando así del puesto 64 al 96 de entre promedio 160 países; el posicionamiento de Colombia, se debe principalmente a que de los seis factores que componen el LPI (proceso de despacho de aduana, calidad de

infraestructura, facilidad de embarques a precios competitivos, calidad de servicio de logística, trazabilidad y frecuencia de cumplimiento de tiempos), el factor que mide la trazabilidad no presenta para Colombia mejoras substanciales, ni como indicador marginal para el país, ni de posicionamiento frente a los demás países; lo mismo ocurre con el de aduana.

Debido a que los sistemas de trazabilidad son sistemas diseñados para rastrear o seguir los atributos del producto a lo largo de toda la CSA, Golan & Krissoff [9] indican que las autoridades han comenzado a sopesar la utilidad de inducir sistemas obligatorios a fin de abordar cuestiones que van desde la seguridad alimentaria y el bioterrorismo, hasta el derecho de los consumidores a tener información de los alimentos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la trazabilidad ha sido reconocida como una herramienta esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de los alimentos [5], por lo cual su fuerza se encuentra en la prevención de la incidencia de los riesgos de seguridad y reducción de la magnitud y el impacto de tales incidentes, facilitando la identificación de alimento o lotes afectados, especificando lo que ocurrió, cuándo y dónde se produjo y la identificación de quién es el responsable [9] [10].

De acuerdo con ello, la seguridad es un componente importante del producto, ya que su ausencia puede provocar lesiones graves y riesgos letales para el consumidor, por lo cual la seguridad alimentaria es un compromiso de los gobiernos; mientras que la calidad de la comida es principalmente una cuestión económica decidida por el consumidor [11]. Es necesario entender que los sistemas de trazabilidad no garantizan productos seguros de alta calidad, ni determinan los grados de responsabilidad; pero actúan como un elemento de control y gestión para obtener información de los actores de la cadena, indicando si actúan correctamente o no, por lo cual la detección temprana y una respuesta rápida a cualquier problema se hace posible y es una responsabilidad directa de los encargados del sistema.

El desarrollo de los estudios de trazabilidad se divide en dos etapas: la primera, en la cual la trazabilidad se desarrolló bajo una iniciativa proactiva de las organizaciones, motivado principalmente por el aumento de los ingresos en los sistemas de distribución de menor costo, gastos de la recuperación reducidos y mayores ventas de productos de alta seguridad. La segunda etapa se inició en la década de 1990 con la aparición de escándalos alimentarios a nivel mundial; lo que originó una agenda de los gobiernos sobre trazabilidad de alimentos, especialmente los europeos, lo que condujo a que la trazabilidad se incorporara como regulación en alimentos [12], [1].

Organismos internacionales como la FAO [13] declararon que la gestión de la seguridad y calidad de los alimentos es una responsabilidad compartida de todos los actores de la CSA, incluidos los gobiernos, la industria y los consumidores; pero al no existir un consenso común o estandarización de criterios, no se pueden realizar acciones conjuntas. Por otro lado, tal como lo afirma Aung Min y Chang Seok [11], los sistemas de trazabilidad están asociados a dispositivos para integración del intercambio de información en todas las etapas de la cadena y al uso de tecnologías. Por lo cual, si se continúan realizando acciones de trazabilidad sin ningún estándar, países como Colombia seguirán quedando rezagados debido a los altos costos tecnológicos, ya que no podrá implementar tecnologías de uso compartido; así, toma relevancia lo planteado por Rafael Flórez, director general de GS1 Colombia, quien indica que la implementación de un lenguaje común para intercambiar información hace más eficiente las operaciones de la cadena y es de vital importancia para cualquier sistema de trazabilidad [14], [15].

Países de la unión Europea [16] y Estados Unidos, han sido los abanderados en el tema de la trazabilidad, con desarrollos empresariales y la legislación impuesta; sin embargo, de acuerdo con *Smith et al.* [6], Estados Unidos puede quedarse rezagado en comparación con otros países en el desarrollo de sistemas de trazabilidad para alimentos y en especial para ganado, aves de corral y sus derivados, lo cual puede ser el resultado de directrices de carácter voluntario, que no fueron adoptadas por las organizaciones en las CSA; este hecho evidencia la gran influencia que ejerce la legislación y su potencial para equilibrar las necesidades de todas las partes interesadas. Se debe tener claro que, si bien la puesta en práctica de la trazabilidad puede ser costosa, dicho costo no se equipara con los riesgos de no tenerla implementada, tanto para los gobiernos, consumidores, empresas individuales y la industria alimentaria en su conjunto [10], por lo cual es mejor desarrollar acciones conjuntas que permitan un sistema eficiente.

En los últimos años las autoridades colombianas han emitido legislaciones con el fin de implementar sistemas de trazabilidad en diferentes sectores, en especial el agropecuario y el farmacéutico, como resultado de la necesidad de evitar afectaciones a la salud pública; estas legislaciones deben ser asumidas e implementadas en distintos eslabones de las cadenas productivas, pero su acogida y avance ha sido mínima. Estas legislaciones hacen evidente que el gobierno colombiano ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar en el país sistemas de trazabilidad, por lo cual tanto las empresas, como la academia deben buscar formas eficientes que permitan no solo el cumplimiento de la normatividad existente, sino hacer de la trazabilidad un factor competitivo para el país. En el contexto anterior, el vacío conceptual reflejado en los documentos institucionales y artículos de referencia, implica la necesidad de definir un marco conceptual común que oriente la implementación de la trazabilidad en las CSA.

Este artículo está organizado en seis secciones, la sección dos muestra la metodología empleada en la elaboración del mismo. En la sección tres se desarrolla los elementos para el diseño de un sistema de trazabilidad, la cual comprende la definición, los objetivos y conductores, las características y propiedades; en la sección cuatro se hace una referencia general a la evolución de la legislación internacional y nacional sobre trazabilidad; en la sección cinco, se analizan artículos empíricos relacionados con la CSA de la industria cárnica, lo cual permitió identificar elementos orientadores para esquemas normativos y de diseño de un sistema de trazabilidad para CSA en países en vía de desarrollo como Colombia; por último, en la sección seis se presentan las conclusiones y los posibles ámbitos de futuros estudios.

## 2. Metodología

La revisión sistemática es empleada por diferentes autores para generar marcos conceptuales comunes; Kitchenham, B. [17] propone los pasos esenciales para garantizar rigor en la revisión. De acuerdo con Kitchenham y basados en las siguientes preguntas se orientó la investigación: ¿Qué aspectos debe bordar el marco conceptual sobre Trazabilidad para las CSA?, ¿Cuáles son los principios, objetivos, conductores, características y propiedades que debe tener un sistema de trazabilidad para las CSA? ¿Cuáles son los elementos normativos y legislativos que orienten y faciliten la adopción e implementación por los diferentes agentes de la CSA en países como Colombia?

La revisión de la literatura permitió identificar la dinámica de las publicaciones relacionadas con trazabilidad en la CSA, dichas publicaciones se encuentran en una franja de tiempo de 1995 hasta 2016, evidenciándose una tendencia creciente desde el 2011, año en el cual se publicó cerca del 12% de los artículos revisados, lo que muestra la relevancia dada al tema a nivel internacional. Con relación a las revistas con mayor número de publicaciones en orden de relevancia, se encontró que cerca del 60% de los artículos están publicados en las revistas: *Food Control*, *Journal of food engineering*, *Food Policy*, *Biosystems Engineering*, *British Food Journal*, *Meat Science* y *Trends in Food Science y Technology*. En lo que respecta a autores, Petter Olsen, Kine Karlsen y Kathryn Donnelly de Noruega, Maitri Thakur y Charles Hurburgh de Estados Unidos; Paolo Gay y Fabrizio Dabbene de Italia, son quienes han publicado mayor número de artículos sobre el tema, lo cual los hace los autores más relevantes para ser consultados cuando se desee desarrollar trabajos de investigación al respecto.

El total de documentos revisados fue de 94; 71 se utilizaron para la elaboración conceptual, doce artículos empíricos para la búsqueda de información relevante al sector de carnes y catorce para información de legislación, de los cuales, tres normas se utilizaron también para la parte conceptual. La revisión teórica se realizó mediante un análisis sistemático que incluye cuatro pasos secuenciales que se describen en la Tabla I.

Tabla I.

Pasos secuencias de la revisión de la literatura

Etapas	Actividades	Resultado
Protocolo y estrategia de búsqueda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda en la base de datos ScienceDirect, Scopus, ISI Web.</li> <li>• La búsqueda se realizó en inglés con los términos de búsqueda: “traceability” limitada a título, palabras claves y resumen; se enlazo a la frase “Supply chain” limitada a contenido de texto.</li> <li>• Para el diseño del marco conceptual se utilizan los artículos teóricos encontrados y artículos empíricos referenciados frecuentemente en los mismos, a fin de unificar criterios teóricos.</li> <li>• Se establecen seis subtemas específicos sobre trazabilidad para ser unificados: definición, características y propiedades del sistema de trazabilidad, esquemas, unidades de recurso trazable, motivador y conductor de la trazabilidad, sistemas de captura de datos.</li> <li>• Tabulación en hoja de cálculo, empleado para la categorización de los artículos y análisis de información.</li> <li>• Se realiza una búsqueda general sobre legislación colombiana e Internacional en páginas web y bases de datos.</li> <li>• Para la revisión de artículos empíricos relacionados con la CSA cárnica, se seleccionó el primer tercio de los artículos encontrados debido a su relevancia, y se analizan los que tienen relación con dicha cadena.</li> </ul>	<p>Se encontraron 227 artículos, de los cuales se descartan nueve de acuerdo a los términos de exclusión. Siendo así, 218 artículos viables, los cuales fueron publicados en 39 revistas, entre los años 1995–2016, de los cuales el 80% fueron publicados en los últimos seis años (2012-2016), lo cual demuestra la relevancia y actualidad del tema.</p>
Revisión, criterios de selección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios de selección: artículos multidisciplinarios de revisión teórica y empíricos ordenados por relevancia, no se excluyen artículos con respecto a su postura frente a la importancia de la trazabilidad, país o CSA para evitar sesgos. Se excluyen artículos relacionados con estudios químicos, moleculares o de electromagnetismo, análisis de ADN y artículos empíricos con estudios específicos de productos diferentes a alimentos como: madera, acero, hierro, etc.</li> <li>• Selección de cada uno de los artículos para verificar su calidad, procedencia (revista) y disponibilidad.</li> <li>• Lectura general de cada artículo para identificar si es teórico (basado en teorías) o empírico (con un estudio aplicado) y descartar los que no cumplan con los criterios de selección.</li> </ul>	<p>De los 218 artículos seleccionados, 193 son empíricos y veinticinco teóricos.</p>
Extracción de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diligenciamiento de la lista de referencia para los veinticinco artículos teóricos, con datos generales del artículo, objetivo, procedencia, sector, temática principal y secundaria, resultados y datos econométricos de ser el caso.</li> <li>• Se analizan los veinticinco artículos teóricos encontrados y con base en dichos artículos se estudiaron 46 documentos referenciados de forma constante para complementar el marco teórico; tres de los cuales era normativas.</li> <li>• Se diligencian formatos específicos para extraer la información relevante referente a los seis subtemas establecidos (definición de trazabilidad, objetivos, conductores motivacionales, características y propiedades del sistema, elementos para su implementación y contribuciones de artículos empíricos).</li> <li>• Revisión del primer tercio de los artículos empíricos, selección de los documentos relacionados con uno de los dos sectores y análisis de los mismos en los formatos establecidos.</li> </ul>	<p>Revisión de 62 documentos, para el marco conceptual.</p> <p>Del primer tercio de artículos empíricos (61), solo doce tenían relacionados con la cadena de carnes.</p> <p>Se revisaron catorce documentos para información de legislación, tres de los cuales también se utilizaron en la revisión teórica.</p>
Síntesis de datos e informe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analiza cada uno de los aportes de los autores en las seis categorías definidas</li> <li>• Se realizó un resumen general de la legislación de trazabilidad</li> <li>• Se elaboraron cuadros comparativos y análisis de legislación y contribuciones de los diferentes a la CS de carne</li> </ul>	<p>Se genera un marco conceptual y teórico común para la CSA.</p>

En la figura 1, se puede observar la procedencia de los artículos o la ubicación geográfica de los autores, se encontró que los países en los cuales se encuentran los autores que más relevancia le dan al tema son: Estados Unidos, Italia, China, Noruega, Reino Unido, Canadá y España. Sin embargo, no se encontró ningún artículo que referencie a Colombia.

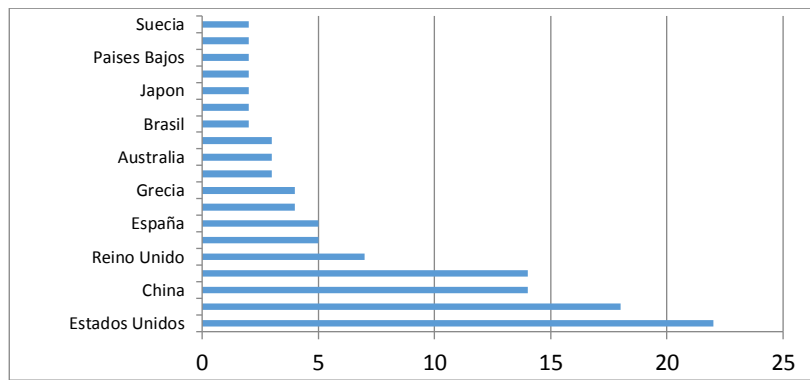


Figura 1. Procedencia de los artículos revisados

A partir de la aplicación de la metodología, se establecieron criterios de los diferentes autores en los seis categorías de análisis, para ello se utilizó la lista de referencias realizada en la hoja de cálculo a modo de base de datos, esto permitió evaluar aspectos generales y comparar entre autores utilizando cuadros específicos dependiendo del tema o categoría a tratar, a continuación se desarrollan las seis categorías de análisis: definición de trazabilidad, objetivos, conductores motivacionales, características y propiedades del sistema, elementos para su implementación y contribuciones de artículos empíricos.

### 3. Elementos para el diseño de un sistema de trazabilidad

#### 3.1. Definición de trazabilidad

La trazabilidad no es un término trivial y la revisión de la literatura muestra que incluso en las revistas científicas existe confusión e incoherencia [18]. Según Dabbene, *et al.* [5], la definición de trazabilidad ha sido evaluada en artículos desde el 2013, sin llegar a ningún consenso; Badia-Melis, *et al.* [19] Indican que varias definiciones y principios diferentes de la trazabilidad están siendo utilizados, lo que hace el concepto confuso. De igual forma Kher, *et al.* [20] Indica que un estudio realizado con expertos arrojó que existe la necesidad de mejorar la definición de trazabilidad de la cadena alimentaria. Una conclusión similar es establecida por Bosona y Gebresenbet [7], quien determinó que existen limitaciones en todas las definiciones y que se requiere una nueva definición global de trazabilidad, debido a que diversos autores y organizaciones no utilizan claramente términos clave como rastreo y seguimiento, siendo a menudo empleados de forma incoherente e intercambiable creando confusiones.

Por su parte Karlsen, *et al.* [1] incitan a la reflexión sobre ¿Por qué tenemos diferentes puntos de vista sobre las definiciones y los principios de trazabilidad?, a lo cual se puede responder a través de dos razonamientos principales: primero, la trazabilidad es un campo teórico relativamente nuevo que surgió debido a necesidades diversas y solo cuando fue visto con una necesidad urgente y apremiante para mitigar riesgos, fue cuando investigadores y autores empezaron a generar consensos; por otro lado, la trazabilidad se ha desarrollado en diferentes direcciones y en diversos campos científicos, lo cual ha derivado en el desarrollo de conceptos teóricos de acuerdo a las características y variables particulares que maneja cada campo.

Autores como [11], [7], [5], [1], [16], [6] y [18], han encontrado que existen diferentes definiciones de trazabilidad y esto no permite la generación de un marco común para su implementación. Sin embargo, todos concuerdan en que las definiciones establecidas por la ISO y por el reglamento 178/2002 de la Unión Europea [21] son las más divulgadas. De acuerdo con lo anterior, es necesario generar una definición más amplia que contemple todos los aspectos necesarios para facilitar su implementación.

En la Tabla II, se puede identificar una serie de definiciones de amplia utilización y los principales aspectos a los que hace referencia, con la cual se puede tener un panorama amplio de los elementos que debe contener la definición estándar de trazabilidad.

Tabla II.

Análisis de definiciones de trazabilidad dadas por diferentes autores

Fuente	¿Qué Característica principal de la definición es?	¿De qué?	¿Cómo realiza?	lo	¿En qué parte de la cadena se realiza?	¿Cuál es el objetivo?	¿Cuándo?
ISO 8402-1994 [22]	Capacidad para rastrear historia, aplicación o ubicación	Una entidad	Por medio de identificaciones registradas		-	-	-
ISO 9000 -2000 [22]	Capacidad para rastrear historia, aplicación o ubicación	Una entidad	-		-	-	-
ISO 22005 -2009 [23]	Capacidad de seguir	de un alimento para consumo humano o un alimento para animales			En las etapa(s) especificada(s) de producción, procesamiento y distribución.		
Reglamento de la Unión Europea (178/2002) [21]	La capacidad de rastrear y seguir	Un alimento, un pienso, un animal o una sustancia destinada a ser incorporada en un alimento	-		Todas las etapas de producción, transformación y distribución	-	-
Comisión Codex Alimentario- CAC [24]	La capacidad de seguir el desplazamiento	Un alimento	Por medio de papel o medio electrónico		A través de una o varias etapas especificadas de su producción, transformación y distribución	-	-
Moe (1998) [25]	Capacidad de rastrear	de un lote de productos			Totalidad o parte de una cadena de producción desde la cosecha hasta el transporte, almacenamiento, procesamiento, distribución y venta		
Olsen & Borit (2013) [18]	Capacidad de acceder a cualquiera o a toda la información	de Relativa a lo que es considerado	Por medio de identificaciones registradas		A lo largo de toda la cadena		
Bosona & Gebresenbet (2013) [7]	Parte de la gestión de la logística que captura, almacena y transmite información adecuada; realizando seguimiento y rastreo	de la que y	Un alimento, pienso, un animal o una sustancia productora de alimentos	-	En todas las etapas de la CS de alimentos	Para el control de seguridad y calidad	En cualquier momento requerido.
Dabbene, Gay, & Tortia (2014) [5]	Capacidad de garantizar seguimiento y rastreo	de los productos en movimiento y			a lo largo de la CS de alimentos		
Smith et al. (2005) [6]	Rastreo físico	del producto alimenticio	Desarrollando un registro de información				

Según Aung Min y Chang Seok [11] la definición genérica de trazabilidad se encuentra en las normas ISO y la más completa en Bosona y Gebresenbet [5], de igual forma Olsen y Aschan [26], indican que la definición establecida por ISO es la más precisa por ser la única que describe cómo se puede lograr. Por su parte, Olsen y Borit [18] indican que la definición establecida por Reglamento 178-2002 de la UE es ampliamente usada en artículos científicos, debido a que define lo que se debe rastrear, seguir y en dónde. Sin embargo, la definición no indica el cómo o qué tipo de propiedades son relevantes trazar.

Por otro lado Karlsen, Dreyer, Olsen y Elvevoll [1] muestra que no solo hay diferencias en el concepto de trazabilidad utilizado para alimentos, sino que esto también ocurre en otras industrias. Lo cual hace que el término trazabilidad sea más confuso. Sin embargo, encontró que varias de esas definiciones comparten características comunes de uso frecuente tales como: seguimiento, localización, rastreo y entidad; encontrándose las principales diferencias al hacer referencia a la entidad que se debe trazar.

Para Schwägele [16] la trazabilidad debe cubrir toda la CS, por lo cual debe tener dos acciones claves: seguimiento y rastreo; donde el seguimiento (tracking) es la capacidad de seguir el camino de un artículo a medida que avanza corriente abajo a través de la CS desde el principio hasta el final y el rastreo (tracing) capacidad de identificar el origen de un elemento a través de los registros, aguas arriba en la CS. Lo cual debe estar combinado con métodos de análisis de materiales y sistemas de tecnología de la información.

Algo que no se puede pasar por alto es que la trazabilidad no es el producto, ni la información del proceso en sí, es una herramienta que hace que sea posible encontrar esta información de nuevo en una fecha posterior [27], por lo cual la trazabilidad debe tener un claro enfoque en el que se incluya su análisis para la toma de decisión.

De acuerdo con lo anterior, basado en las definiciones de los diferentes autores, una definición que incluya todos los parámetros en los cuales se descomponen las definiciones anteriores para una CSA podría ser:

Capacidad de rastrear y seguir un alimento y su unidad trazable previamente identificada, por medio de registros físicos o digitales a lo largo de toda la CS para el control y localización en cualquier momento a lo largo del ciclo de vida de dicha unidad, para la toma de decisiones.

### **3.2. Objetivos de un sistema de trazabilidad**

Entre los artículos más destacados en la literatura se observa el de Hobbs [28], quien recopila los principales objetivos de la trazabilidad; así como Bertolini, *et al.* [29] enfocados en la industria agroalimentaria y mencionan que el objetivo de la trazabilidad es identificar los actores relacionados en el sistema y rastrear los flujos relevantes identificando los materiales, procesos y operaciones de gestión. Por su parte Costa, *et al.* [30] indica que los consumidores ven la trazabilidad como una herramienta para asegurar aspectos relacionados con el procesamiento y el uso de estrategias correctas, mientras que para los productores significa mayor control de seguridad, apertura en mercados extranjeros. Además, debido precisamente a la globalización, el aumento y la difusión de productos alimenticios fraudulentos y la falsificación se ha convertido en un problema para la industria y pone en riesgo a los consumidores [31]

Para Bosona y Gebresenbet [7], la trazabilidad tiene cuatro objetivos específicos: cumplir con las normas y la legislación, garantizar la seguridad y calidad de los alimentos, satisfacer las necesidades sociales y de los *stakeholders* y generar beneficios económicos, tecnológicos y científicos. Mientras que Aung Min y Chang Seok [11] y Golan y Krissoff [9] establecen que las empresas tienen tres objetivos principales: mejorar la gestión de la oferta, facilitar el rastreo para la seguridad y calidad y contar con un enfoque diferenciador. Por lo cual asociados a estos objetivos se esperan beneficios que se traduzcan en ingresos para la empresa o seguridad para la sociedad en el caso del gobierno. Otros objetivos que destacan diferentes autores son: contar con una fuente de ventajas competitivas [32], facilitar la recuperación rápida y eficaz de productos, así como determinar y liquidar los deterioros [10], comunicar información de trazabilidad a los consumidores y otras partes interesadas [7], lograr una agricultura precisa, basada en datos útiles que orienten una agricultura inteligente [33] y optimizar la planificación y programación de la producción [1].



Se debe tener en cuenta que la adopción proactiva de mecanismos de trazabilidad durante todo el ciclo de vida del producto es una ventaja estratégica que puede reducir en gran medida los costos en caso de retiro de productos, refuerza la confianza de los clientes y consumidores, al igual que la integridad de los productos y marca de la empresa [6]. Además, los beneficios de los sistemas de trazabilidad para la gestión del suministro son mayores cuanto mayor sea la coordinación a lo largo de la CS [9]. Pero se debe tener en cuenta que existen programas de trazabilidad diseñados para abarcar la totalidad del ciclo de vida o alguna parte [34], por ende, es necesario determinar cuál es el más eficiente para los objetivos que se quieren alcanzar para la CS en la cual se implementará el sistema.

Kher, *et al.* [20] realizaron un estudio con 38 expertos y concluyó que los beneficios de la implementación de sistemas de trazabilidad superan cualquier costo o trabajo adicional que se tenga, de ahí la importancia de implementarla, lo cual es corroborado con el estudio de [35], quienes encontraron que los beneficios de mercado y operacionales se relacionaron positivamente con la implementación del sistema de trazabilidad. Sin embargo, Mattevi y Jones [36] indican que en Reino Unido los objetivos de retiros rápidos y mejora de la seguridad se cumple, pero un sistema de trazabilidad no reduce la probabilidad de retiros.

Con respecto a la CSA, la trazabilidad ha tomado un papel preponderante, debido al efecto directo y masivo que tiene sobre la sociedad, la economía y el medio ambiente, ya que con ella se puede controlar la seguridad, inocuidad y procedencia de los alimentos; por ejemplo, en caso de contaminación de los productos con elementos nocivos o el desconocimiento de la procedencia del producto que se encuentre en las vitrinas comerciales, como los recientes ocurridos en Colombia y reportados por el INVIMA en comunicados oficiales del 15 de octubre de 2016, de un lote de lomitos de atún enlatado con niveles de mercurio superiores a los permitidos y del 24 de enero de 2017, al incautar carne de res en el Tolima por no contar con la documentación de procedencia (rastreo). Es por ello que se ha convertido en un reto importante en la CSA y un objetivo de las naciones y organizaciones a nivel mundial. Por su parte, para los gobiernos el principal beneficio con la implementación de la trazabilidad es garantizar la salud pública de sus habitantes, lo cual permite tener una sociedad sana, al mismo tiempo que permite desalentar el oportunismo de personas que buscan realizar fraude y adulteración [37].

Es conocido que muchos países cuentan con estrictas normas que exigen implementar sistemas de trazabilidad, por lo cual algunas organizaciones lo implementan únicamente en busca del cumplimiento de estas obligaciones, debido a que no han evidenciado el potencial de oportunidades que tiene. Por lo cual, es necesario que las organizaciones identifiquen los beneficios que ofrece para la toma de decisiones tanto operativas como estratégicas el contar con la información que ofrece el sistema de trazabilidad. Lo cual se puede evidenciar en el caso mostrado por Saltini, Akkerman y Frosch [38], quien indica que contar con un sistema de trazabilidad que reconozca el intercambio de datos entre la CSA, permitirá que eslabones posteriores cuenten con información respecto a técnicas de cultivo y siembra, que le permitirá potenciar los procesos de elaboración de los productos finales.

### **3.3. Principales motivadores de la trazabilidad**

Se podría decir que los principales motivadores tienen un enfoque regulatorio, de calidad, social y económico [39], [7]. Sin embargo, la trazabilidad no solo debe considerarse como una forma de cumplir con la legislación, sino que debe ser vista con un interés propio en términos de responsabilidad del producto y encontrar formas viables de aplicar la normativa [40]. En la Tabla III se identifican los principales conductores motivacionales mencionados por autores como Golan y Krissoff [9], Aung Min y Chang Seok [11], Dabbene, Gay y Tortia [5], Bosona y Gebresenbet [7], se puede evidenciar que hay conductores que se afectan mutuamente, tal como lo plantea Karlsen, Dreyer, Olsen y Elvevoll [1]. De igual forma en la Tabla III, se puede ver que la legislación y la seguridad alimentaria son los principales conductores de la trazabilidad; varios de los autores establecen que hay una relación directa entre ambos, esta relación se debe principalmente a que los gobiernos por medio de la legislación pretenden mantener niveles de seguridad alimentaria, resolver disputas de propiedad y evitar fraudes o falsificaciones que pongan en riesgo la salud pública o afecten la economía. Sin embargo, tal como ocurrió en Canadá, la iniciativa de las empresas por garantizar la inocuidad de carne, llevó a que el gobierno basado en esas

iniciativas diseñara la legislación [41], lo cual demuestra la importancia de las iniciativas proactivas de la industria.

**Tabla III. Identificación de los principales conductores motivacionales de la trazabilidad**

Conductor	Autor que menciona el conductor				
	[11]	[5]	[7]	[1]	[9]
Legislación	X	X	X	X	
Seguridad, alarmas alimentarias por contaminación del producto, retiro del mercado de producto (por agencias gubernamentales o privados), fraude o falsificación, bioterrorismo	X	X	X	X	X
Aseguramiento de calidad	X	X			X
Certificaciones				X	X
Ventaja competitiva / diferenciación de protección de marca	X			X	
Comercio globalizado	X				
Comunicación de la cadena	X			X	
Eficiencia de procesos en la CS (que influye en los costos y en los precios)	X		X		
Reducción de costos	X				
Identidad de marca		X			
Disputas de propiedad (robos de animales)			X		
Preocupaciones sociales (hábitos nutricionales, identificación de productos genéticamente modificados, valores añadidos)			X		X
Financiación de los gobiernos para promover sistemas de trazabilidad			X		
Preocupación tecnológica			X		
Preocupación por permanecer en el mercado y poder económico			X		
Sostenibilidad				X	
Optimización producción				X	

Otros autores que resaltan conductores para la implementación de la trazabilidad son: Rodríguez-Ramírez *et al.* [42], quienes hacen énfasis en los principales conductores de trazabilidad en cadenas de alimentos: la seguridad alimentaria, la gestión de riesgos y de autenticación para evitar fraudes en etiquetado y certificar el origen de los alimentos. Por su parte Agrimonti, *et al.* [43], introducen el concepto de la certificación de las marcas DOP (Denominación de Origen Protegida) e IGP (Indicación Geográfica Protegida), para evitar prácticas fraudulentas que dañen el mercado. Por último, Crandall, *et al.* [3] incluyen temas relacionados con enfermedades de animales, seguridad de los alimentos, disputas sobre la propiedad y adulteraciones.

### 3.4. Características y propiedades del sistema de trazabilidad

Los factores a tener en cuenta para la preparación y planeación de un sistema de trazabilidad, son varios, y dependen en gran medida del entorno [1]. Las características de un buen sistema de trazabilidad varían de acuerdo al objetivo para el cual se diseña; según Golan y Krissoff [9], Bosona y Gebresenbet [7] y Dabbene, *et al.* [5], el diseño de un sistema de trazabilidad debe tener en cuenta las siguientes características:

- Amplitud: cantidad de información o atributos recopilados conectados a una unidad de rastreo.
- Profundidad: se define como la información hacia arriba y hacia abajo que es relevante para que pase entre cada eslabón.
- Precisión: es el grado de seguridad que le permite al sistema identificar un movimiento o característica particular de un producto. La precisión se determina por la unidad trazable utilizada en el sistema y la tasa de error aceptable.
- Acceso: la velocidad con que la información puede ser comunicada en la cadena
- Fiabilidad de la identificación de la unidad de trazado: dicha unidad trazable es el elemento clave para que se pueda realizar el seguimiento y rastreo de la información asociada a él, por lo tanto, se requiere su identificación clara y precisa.

La medición de estas características nos indica el rendimiento del sistema de trazabilidad [7], debido a que el flujo de información mejora la integración de las actividades de logística y mejora la gestión de la CS. Sin embargo, varios de los costos de la trazabilidad están determinados por dichas características del sistema, cual mayor sean cada uno de las seis características mayor será el costo, por ende deben ser cuidadosamente definidas.

De igual forma, el mantenimiento de registros es un aspecto esencial de la trazabilidad y esto implica un costo, los datos vinculados al sistema de trazabilidad tienen que ser precisos, recogidos y almacenados de forma rápida y al menor costo posible [16]; además, se debe contar con métodos fiables para la identificación y autenticación de la unidad que se está trazando, lo cual permitirá contar con información rápida e inequívoca [42].

Sumado a lo anterior, el sistema debe tener las siguientes propiedades [18]:

- Unidad de recurso trazable, en donde los Ingredientes y materias primas deben ser agrupados en unidades con propiedades similares.
- Asignación de identificadores a las unidades trazables.
- Registro de propiedades de producto o proceso, ya sea de forma directa o indirecta, pero siempre vinculadas a los identificadores establecidos.
- Mecanismo de acceso a la información.

Estas propiedades permiten que el sistema pueda ser capaz de proporcionar acceso a la información sobre las características del producto en todos los eslabones de la cadena, facilitando el rastreo y seguimiento basado en grabaciones sistemáticas intercambiables con un mecanismo de identificación de la unidad trazable; es por ello que esto, unido con una buena definición del alcance de cada una de las características del sistema, permitirán contar con una herramienta eficiente para la toma de decisiones. Por otro lado, según [44] existen dos tipos de arquitecturas que definen la estructura del sistema de trazabilidad, la primera es de un paso adelante-un paso atrás, con la cual debe saber dónde están los productos alimenticios que utiliza proviene de y hacia dónde van (one-step), este tipo de estructura es aplicable incluso con el manejo de datos en papel; la segunda estructura se basa en compartir los datos con agentes de toda la cadena (Event-Oriented Approach).

### 3.4.1. Unidad de recurso trazable (TRU)

Kim, *et al.* [45] al desarrollar su modelo de trazabilidad, incorporaron el término unidad de recursos trazable (TRU) como la entidad identificada de forma única para ser rastreada; esta definición es actualmente utilizada para establecer “el que” se va a trazar a lo largo de la CS. Posteriormente Moe [25] señala que la trazabilidad se basa en la identificación única de los TRU, y propuso el concepto de unidad de recursos trazable (TRU) para la noción de lote, donde lote es “el conjunto de unidades de un alimento que se han producido, procesado o envasado en circunstancias similares”; dicha definición sigue siendo utilizada y es ratificada por autores como Dabbene, *et al.* [5] y Karlsen, *et al.* [1].

La identificación de los TRU se logra rompiendo el flujo del producto en lotes, o cualquier otra unidad discreta definida sobre un proceso común o atributos de contenido. Las empresas pueden elegir entre una gama infinita de tamaños y suelen considerar diferentes factores para su determinación, ya que el tamaño varían entre las industrias y hasta dentro de la misma empresa para productos entrantes y salientes. Es por ello que es determinante definir claramente el TRU que se va a utilizar, ya que las grandes unidades de análisis dan lugar a una mala precisión, por ende, el sistema de trazabilidad puede fallar [46], pero unidades pequeñas puede resultar costoso. Varios ejemplos de TRU pueden encontrarse en el artículo de Dabbene, *et al.* [5] quienes realizan un resumen de diseños de modelización y optimización de sistemas de trazabilidad para varios alimentos. De igual forma, en la industria se suele utilizar el término unidad de envío (para la unidad de entrega); unidad logística (para transporte y distribución), unidad de comercio (unidad de medida en la que se negocia) y unidad de consumo (medida en la que se vende al consumidor final) [44].

### 3.4.2. Esquemas de trazabilidad

De acuerdo con las definiciones, la trazabilidad encierra conceptos de seguimiento y rastreo en todas las etapas de la CSA, con esto presente, Moe [25] propone la existencia de tres tipos de trazabilidad, las cuales dependen del punto donde se encuentre el TRU en la CSA. Las tipologías son: trazabilidad de rastreo a los proveedores, trazabilidad interna o de proceso y la trazabilidad de seguimiento hacia los clientes. Por su parte Bellon-Maurel, *et al.* [47] dividen la trazabilidad en: interna y externa, donde la trazabilidad externa hace referencia a lo que ocurre a lo largo de la CSA o parte de la misma y la trazabilidad interna es la que ocurre cuando el TRU está en las instalaciones de una empresa. Teniendo en cuenta ambas clasificaciones, se plantea el siguiente esquema: trazabilidad interna y trazabilidad externa, esta última comprende la trazabilidad de rastreo a

los proveedores y trazabilidad de seguimiento hacia los clientes.

Según Folinas, *et al.* [48], los esquemas de trazabilidad tanto interna como externa pueden ser de tipo logístico o cualitativo; donde el logístico sigue solo el movimiento físico del producto y el cualitativo asocia información relativa a la calidad del alimento y la seguridad del consumidor; además, Hsio [49] reafirma la necesidad de la trazabilidad cualitativa, dado que no son solo una mercancía, sino que tienen cualidades que son afectadas por el tiempo y la temperatura; por lo cual es necesario una mezcla equilibrada de los dos esquemas, a fin de contar con un sistema de trazabilidad útil para todos los eslabones de la cadena.

Una definición adecuada del diseño del sistema de trazabilidad depende de factores como: la estructura de la CSA, la relación entre socios o eslabones, la capacidad (humano o tecnológico) de la gestión de las transacciones y los procesos de calidad y producción. Según Jansen-Vullers, *et al.* [32], es clave no pasar por alto que las características y propiedades de la trazabilidad podrían aplicar en cualquier cadena o sector, no obstante, requiere un marco conceptual común específico para las CSA.

### **3.5. Elementos para la implementación de sistemas de trazabilidad**

Mancini y Giacomini [50], mencionan dos tipos de beneficios de la implementación de un sistema de trazabilidad, uno interno, en el que el agente obtiene un alto nivel de organización en la compañía y uno externo, en el que su implementación permite asegurar el cumplimiento de requerimientos específicos, la identificación de la marca u origen y la obtención de certificaciones de calidad.

De acuerdo con Bosona y Gebresenbet [7], los principales problemas para la implementación de un sistema de trazabilidad se pueden clasificar en cinco grupos: Limitación de recursos, de información (falta de información completa, precisa, oportuna y de fácil acceso, además de la incertidumbre asociada a alimentos frescos) y de capacidad (técnica y de personal capacitado). Estandarización (estandarización de sistemas de trazabilidad, uniformidad de datos, integración de eslabones, protección datos). Resistencia de los actores de la cadena (resistencia inicial, falta de voluntad y falta de claridad de los beneficios).

Otros problemas que enfrentan los países en desarrollo son la mala regulación, el uso de productos químicos y contaminantes, falta de aprendizaje en trazabilidad, lo cual restringe a los cultivadores y procesadores. Además, los sistemas de trazabilidad son críticamente dependientes de la captura de información, por lo cual se necesitan mecanismos robustos para facilitar su recogida y autenticación, de manera que pueda ser actualizada y compartida a través de la CSA [11]. Por lo cual si no existe una correcta comunicación entre los actores de la cadena, al igual que acuerdos mínimos de manejo de información la trazabilidad no tendrá éxito.

La limitación de la capacidad es mencionada por Liao, Chang, y Chang [51], quienes señalan que la introducción de sistemas de trazabilidad en países en desarrollo no es fácil, debido a las limitaciones técnicas y la falta de conciencia, esto indica que los gobiernos al tratar de introducir un sistema de trazabilidad deben incluir programas de capacitación y educación eficaces para aumentar la capacidad técnica y el nivel de conciencia de los participantes. Debido a la falta de educación y capacitación la adopción en la agricultura de precisión es relativamente lento, allí también falta de apoyo para la investigación, el alto costo del capital humano y de consultoría son algunas de las principales limitaciones fundamentales [52].

La trazabilidad contribuye a mejorar la confianza de los consumidores. Sin embargo, para la implementación debe tenerse en cuenta que pueden existir diferencias transnacionales y culturales. Van, *et al* [53] indican que en Reino Unido, Escandinavia y Alemania, la seguridad alimentaria y la ética tienen prioridades, mientras que en los países del sur de Europa como Francia, España, Italia y Grecia la calidad de los alimentos es más importante, por su parte en Estados Unidos ha existido preocupación por el impacto de las radiaciones electromagnéticas y el uso de tecnologías RFID utilizados en la trazabilidad.

Un factor importante que se debe tener en cuenta al implementar sistemas de trazabilidad, es que los beneficios ofrecidos deben ser distribuidos a lo largo de toda la CSA, lo que implica a su vez que los costos de la implementación no deben ser una carga para eslabones primarios que cuentan con menos capacidad económica,

tecnológica y de capacitación. Si no se equilibra la carga de costo de implementación y beneficios obtenidos, los sistemas de trazabilidad no serán viables. Así mismo, las empresas deben tener programas de gestión en caso de un retiro del alimento, en las cuales se incluyan procedimientos y simulacros. Según Chilton [54], las empresas deben ser capaces de realizar un seguimiento al menos del 98% del lote seleccionado en un período de 4 horas.

### 3.5.1. Sistemas de captura para gestión de datos del sistema de trazabilidad

Giacomini C. [55] resalta la influencia de los sistemas de captura de información en el desempeño de la CS y su relación con el desempeño del sistema de trazabilidad, mientras que [56] clasifica la información necesaria para un sistema de trazabilidad en la CSA. Se debe tener en cuenta que capturar la información correcta es vital para la operación efectiva del sistema de trazabilidad [57] y los sistemas de información son indispensables para los procesos logísticos de las CSA [58]. Por lo cual la interconexión de la trazabilidad con el sistema de control y documentación es la manera correcta de mejorar la percepción del cliente con relación a la calidad y seguridad de los alimentos [25]. Además, un sistema de trazabilidad bien diseñado en base a tecnologías avanzadas puede mejorar la eficiencia de la CS generando valor y convirtiéndose en una inversión rentable [59]. Según Scholten, *et al.* [44] hay tres tecnologías que permiten el desarrollo de sistemas de trazabilidad, los cuales son la identificación automática y captura de datos (AIDC), se refiere a métodos automáticos de identificación y recogida de datos (RFID, OCR, códigos de barras, etc.); la tecnología de conectividad y la inteligencia empresarial, que hace referencia a la minería de datos, procesamiento analítico, evaluación comparativa, entre otros.

Schwägele [16] señala que el registro de datos automatizado es la única opción posible para un sistema de trazabilidad confiable a lo largo de la CSA. No obstante, en países en desarrollo donde los pequeños agricultores y productores no tienen capacidad económica, técnica, ni subvención de los gobiernos para implementar sistemas de trazabilidad, el desarrollo e implementación es limitado. Es por ello que se podría pensar en sistemas de trazabilidad básicos como el propuesto por Manos y Manikas [60] implementando automatización de etiquetado con tecnologías de lectura mecánica y la introducción de tecnologías basadas en Internet como una solución de bajo costo.

En la literatura se encuentran diferentes herramientas para la gestión de la información en los sistemas de trazabilidad; por ejemplo: [61] menciona que las más usadas son los códigos alfanuméricos, el código de barras y la identificación por radio frecuencia (RFID); donde la tecnología RFID, asigna un código único a un producto para usar en el empaque, y pueden ser leídos por dispositivos desde su ubicación en el almacén; por estos beneficios y otros en comparación con las otras tecnologías, RFID es actualmente la tecnología más recomendada [62]; Landt [63] por su parte realiza una revisión de la historia de esta tecnología, describiendo su funcionamiento, el inicio de la idea y sus aplicaciones al pasar de los años y Aillo [59] indica que si bien los costos de la tecnología RFID siguen siendo uno de los principales obstáculos en la agricultura, el punto clave es determinar el nivel de granularidad óptimo del sistema que maximice la ganancia de toda la cadena.

Debido a que la trazabilidad va ligada a la tecnología y sus avances, [19] realiza una revisión de los avances tecnológicos de los últimos años, entre los cuales se incluye: RFID, NCF (Near field communication), DataMatrix, análisis isotópico, quimiometría NIRS y códigos de barras genéticos a través del ADN, sin embargo, concluye que RFID es la tecnología predominante debido a su eficiencia. Por su parte, los trabajos de [56] y [64] analizaron la implementación de RFID, evaluándolo los requerimientos de la trazabilidad e identificando las ventajas estratégicas que esta aporta en diferentes industrias [65]. Algunos de los beneficios asociados al uso de la tecnología RFID son: la reducción de las pérdidas de inventario, el crecimiento en la eficiencia y velocidad de los procesos, y el aumento de la exactitud [66], reducción de tiempos y cuellos de botella en inventarios [67] y la disminución de costos en distribución [68].

De acuerdo con Bosona y Gebresenbet [7], la clasificación de las tecnológicas aplicadas a los sistemas de trazabilidad en CSA se puede dividir en: Identificación del producto (código barras, RFID). Identificación por análisis genético (pruebas de ADN). Medición de la calidad y medida de seguridad (infrarrojos, resonancia magnética, equipos de análisis químico, dispositivos de envase inteligente para el alimento, sensores manométricos). Equipos de Monitoreo Ambiental (sensores para medición del entorno). Captura de datos Geo-Espaciales (GIS, RS, GPS). Intercambio de datos (EDI, XML) y Desarrollo de software (QualTrace, EQM, Alimentos Trak). La selección de cada una de estas tecnológicas y la mezcla entre ellas para optimizar los sistemas de

trazabilidad depende del alimento y la unidad trazable. Según Herrera Ramírez y Orjuela Castro [69] la decisión de cambios e implementación de tecnologías de trazabilidad en la CSA, requiere de modelos orientados al análisis integral de las relaciones y flujos entre los agentes de la cadena.

Para la identificación de alimento o la unidad trazable, se tienen dos mecanismos principales. Primero la *identificación primaria*, realizada en el primer eslabón de la cadena y para el caso de los alimentos va asociado a la identificación del animal o vegetal. Luego se tiene la *identificación secundaria* realizada por medio de instrumentos tecnológicos, en la cual se marca el alimento que llega a un eslabón, así, de forma automática la unidad trazable con datos y características adjuntas es identificada para que durante su paso por ese agente (trazabilidad interna) se le adicione información. Los principales instrumentos utilizados para la identificación secundaria del alimento son: códigos alfanuméricos, código de barras, radiofrecuencia RFID, código data Matrix, código Quick Response (QR); estos sistemas ópticos se han desplegado con éxito y sus aplicaciones a diferentes productos están en constante aumento [69].

En los eslabones primarios donde el acceso a la tecnología es limitado, se suele llevar registros de identificación y seguimiento en papel. Sin embargo, esto no permite una vinculación rápida de los datos, ni una integración de los mismos a lo largo de la CS, por ello el diseño del sistema debe ser cuidadoso, basado en acuerdos con los cuales se determine cuál es la información relevante que pasará de eslabón en eslabón. De igual forma, la trazabilidad puede facilitar el control en todos los procesos logísticos; por ello juega un papel importante en la integración de la CSA, como gestor de datos e instrumento de información. *Alfaro et al.* [70] combinan la integración y la trazabilidad en la relación empresa-proveedor de una cadena agroindustrial, mientras [71] presenta la interacción entre la trazabilidad e integración en la red de suministro.

Las tecnologías de identificación primaria sirven a su vez para realizar verificación de la unidad trazable en cualquier punto de la CSA, lo cual potencia la velocidad y precisión de la trazabilidad [10]. Otro método utilizado para el análisis de alimentos, es la espectrometría de masas para el análisis de proteínas, esta técnica se desarrolló para autenticación de alimentos y se ha concentrado en la detección de microorganismos que pueden causar deterioro de los alimentos o peligros para la salud humana y en la evaluación de la seguridad de los componentes de los alimentos. También se ha utilizado para detectar alimentos modificados genéticamente [72].

En los últimos años, la identificación por radiofrecuencia (RFID) ha recibido una importante cobertura por los diferentes *stakeholders*, gran parte del impulso para la utilización de esta tecnología surgió por el interés de Wal-Mart (EE.UU.), Tesco (Reino Unido), el Departamento de Defensa (EE.UU.) y la Food and Drug Administration (FDA) de los EE.UU. [4]. En comparación con el método tradicional de código de barras, RFID permite una "etiqueta inteligente" asignado a cada producto individual para ser leído en cualquier posición sin contacto físico con los lectores [44]. En la actualidad el mayor inconveniente del uso de las etiquetas RFID es su alto costo, en comparación con los códigos de barras.

Es evidente que existe una gran variedad de métodos y técnicas de identificación y seguimiento de las unidades trazables y que continuarán evolucionando. Sin embargo, es importante seleccionar métodos acordes con las necesidades de la organización y los acuerdos o estándares de la CS. Además, lo más relevante es contar con métodos fiables, que permiten obtener información rápida e inequívoca [42], [16].

## **4. Legislación internacional y colombiana**

### **4.1.1. Legislación internacional**

Las legislaciones se identifican como importantes fuerzas motrices de la trazabilidad [7], ya que con los brotes sanitarios con repercusión mundial (EEB en 1996, la dioxina en piensos en 1999, fiebre aftosa en 2001, la gripe aviar en 2003, las dioxinas en la carne de cerdo en 2008, gripe porcina en 2009) obligaron a que varios países desarrollaron e implementaron requisitos legales en materia de trazabilidad y las autoridades de control definieron métodos para vigilar los productos alimenticios inseguros para ser eliminados rápidamente del mercado. Esto se debe a que la legislación es un conductor que tiene como fin proteger o incentivar conductas en una sociedad; dichas acciones que la norma pretende implementar, con el tiempo son adaptadas por las diferentes partes y dejan de ser un mecanismo de presión normativo, debido a que se logra conciencia en la

sociedad y es esta quien exige su cumplimiento.

La legislación por su carácter normativo y obligatorio, puede acelerar la implementación de mecanismos de trazabilidad. Sin embargo, los gobiernos deben ser cuidadosos en su formulación y seguimiento, debido a que se pueden generar dos problemáticas: Muchas compañías pueden implementar sistemas de trazabilidad únicamente para cumplir con cuestiones reglamentarias [7] y; surge cuando el Gobierno al reglamentar la trazabilidad genera ineficiencias en los sistemas de trazabilidad privados existentes, al imponer un sistema centralizado poco flexible, se obliga a las empresas (proactivas) a realizar ajustes en sus sistemas o crear técnicas paralelas para responder a las exigencias del gobierno [11].

Se debe tener en cuenta que las normatividades que se diseñen o implementen en un país, deben estimular a las empresas a reforzar sus sistemas de trazabilidad con exigencias tales como el retiro de productos en lapsos determinados y multas o cierres de plantas por distribución de alimentos no seguros, estos costos incentivan la implementación de los sistemas de trazabilidad. Sin embargo, el gobierno debe dar libertad a las empresas sobre la disposición de los procesos de eliminación de los alimentos inseguros, ya que así cada compañía, de acuerdo a sus capacidades y herramientas, podrá generar procesos eficientes, pero controlados gubernamentalmente [10].

Según Aung Min y Chang Seok [11], los esfuerzos legislativos para exigir la trazabilidad de los alimentos se han dado principalmente en la Unión Europea y Estados Unidos. Para el caso de Europa, desde el 2005 los sistemas de trazabilidad de los alimentos son legalmente obligatorios. De otra parte, se tiene normas o esquemas normativos de influencia mundial que son de carácter voluntario, pero debido a su alcance y la influencia de sus promotores, sirven como guía para la implementación de sistemas de trazabilidad y generar beneficios, a la vez que permitan el cumplimiento de los requisitos legales tanto del país donde se origina dicho esquema, como de países con potencial de exportación. Entre los principales esquemas normativos se tienen: GLOBALGAP (Good Agricultural Practices), BRC (British Retail Consortium), IFS (International Food standard), SQF Code (Safe Quality Food) y la FSC 22000. De acuerdo con Smith, *et al.* [34], en los mercados donde la trazabilidad se convierte en norma obligatoria, se pagan precios más altos por los productos, por lo cual para proteger la inversión de las empresas locales, se exige a proveedores de alimentos importados el rastreo desde origen y cumplir con los mismos requisitos que las empresas nacionales. Por lo cual Borit [2] indica que la trazabilidad fue elegida como herramienta de gestión para salvaguardar la seguridad de las personas y los reclamos relacionados con seguridad del producto. En la Tabla IV se sintetiza la principal legislación sobre trazabilidad a nivel mundial.

Tabla IV.

Principal normatividad o legislación sobre trazabilidad en diferentes países

País	Legislación	Entrada en vigor	Descripción general
Unión Europea	Ley general de alimentos 178/2002 [21]	Enero de 2005	Sistemas de etiquetado de productos alimenticios. Trazabilidad obligatoria para todos los alimentos y piensos que se venden en países de la Unión Europea. Establece que la trazabilidad ha de extenderse también a cada ingrediente de la comida
Estados Unidos	Ley de Bioterrorismo 2002 [73]	Junio de 2002	Establece que la persona que fabrica, procesa, empaqueta, transporta, distribuye, recibe, posee o importa alimentos a Estados Unidos, tiene la responsabilidad de establecer y mantener registros.
Estados Unidos	Ley de Modernización de Seguridad Alimentaria de la FDA (FSMA) [74]	Enero 2011	Establece un nuevo sistema de supervisión de la inocuidad de los alimentos que se centre en aplicar de forma integral los mejores recursos científicos disponibles para prevenir los problemas que pueden causar enfermedades. Considera el sistema alimentario en su totalidad y por tanto el concepto de responsabilidad de todos sus participantes de la CS Busca garantizar la seguridad de oferta de alimentos importados y nacionales, centrándose en la prevención de la contaminación.
Influencia mundial	Familia ISO 9000 - ISO 22000 [23]	ISO 9001 (2005) 22000:2005	Establece requisitos especificados para un sistema de gestión de seguridad alimentaria de una organización en la cadena alimentaria, con el fin que demuestre su capacidad para controlar los peligros de inocuidad. Estos estándares incluyen los métodos de análisis de los riesgos alimentarios de HACCP y el enfoque del sistema de gestión de la norma ISO 9001
Influencia mundial	Codex alimentario CAC [24]	2003	Armoniza normas alimentarias internacionales, directrices y códigos de práctica para proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio alimentario.

Normas comerciales	GLOBALGAP, BRC, IFS, SQF [75]	Normas privadas comerciales avaladas por la Global Food Safety Initiative (GFSI), dichas normas requieren de la certificación de tercera parte y son en muchos casos un requisito para la compra del producto. Tienen como base sistemas de trazabilidad y análisis de los riesgos alimentarios de HACCP
--------------------	-------------------------------	--

#### 4.1.2. Legislación colombiana

Para el caso de Colombia, la reglamentación en torno a la trazabilidad se ha generado ligada al sector agroindustrial de animales y sus derivados para consumo humano, tal como se puede identificar en la Tabla IV. Sin embargo, es de resaltar que a la fecha, la implementación del sistema ha sufrido varias modificaciones y sigue en proceso de estudio y ajuste, lo cual fue evidente con la ley 1695 de 2013, que derogó cerca del 70% la ley 914 de 2004. Esto demuestra que se tuvo una falla de tipo conceptual y de proyección de alcance de lo que significa tener un sistema de trazabilidad específico para la CSA, así como elementos claves.

Tabla V.

Principales normativas sobre trazabilidad En Colombia

Normatividad	Año	Objetivos principales
Ley 914 de 2004 [76]	2004	Crear el Sistema Nacional de Identificación e Información del Ganado Bovino desde el nacimiento hasta llegar al consumidor final. El Sistema estará a cargo del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
CONPES 3376 [77]	2005	lineamientos de política que permitirán mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de las cadenas de la carne la bovina y la leche con el fin de proteger la salud y vida de las personas y los animales, aumentar la competitividad y fortalecer la capacidad para obtener la admisibilidad de sus productos en los mercados internacionales
Decreto 1500 de 2007 [78]	2007	Establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, vigilancia y control de la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos destinados para el consumo humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación.
Resolución 242 de 2007 [79]	2007	Pretende implementar un sistema de trazabilidad con propósitos sanitarios y de inocuidad
Resolución 377 de 2009 [80]	2009	Establece los procesos y procedimientos destinados al desarrollo e implementación del Sistema Nacional de Identificación e información del ganado Bovino- SINIGAN
Resolución 378 de 2009 [81]	2009	Establece estándares de identificación para el SINIGAN
Ley 1695 de 2013 [82]	2013	Incorporación de nuevos procesos para la operación del SINIAN
		Establece crear el Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal. Crea la Comisión Nacional del Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal
		Los Sistemas de Trazabilidad que se desarrollen en los otros eslabones de la cadena productiva, particularmente en las etapas de transformación y comercialización de productos de origen animal, deberán articularse y complementarse con el sistema IDENTIFICA.

Por otra parte, Colombia cuenta con la ley 1122 de 2007 [83], indica que el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) tiene la competencia exclusiva de la inspección, vigilancia y control de la producción y procesamiento de alimentos; además, debe garantizar la identificación de los medicamentos en cualquier parte de la cadena de distribución, desde la producción hasta el consumidor final. Lo cual debe hacer mediante tecnología de señalización, con el objetivo de evitar la falsificación, adulteración, vencimiento y contrabando. Para la implementación de dicha ley, el INVIMA y organizaciones como GS1 Colombia en 2013 realizaron un piloto en siete ciudades con dieciséis laboratorios utilizando tecnología Datamatrix [51], cuyos resultados permitieron proyectar medidas en algunos laboratorios para implementar dicha tecnología.

Es claro que en los últimos años las autoridades colombianas están emitiendo legislación conductora en la implementación de trazabilidad para diferentes sectores, en especial el agropecuario y el farmacéutico, para evitar afectaciones a la salud pública. Dichas legislaciones deben ser asumidas e implementadas en distintos eslabones de las cadenas productivas alimentarias, para ello, se necesita inversión en capacitación para los actores de la CSA, en tecnologías y en sensibilización de los consumidores ya que los esquemas de trazabilidad son complejos y es necesario que todos entiendan y apoyen su adopción. Esta necesidad manifiesta y evidente incluye tanto al gobierno, como a las empresas, las organizaciones y la academia para buscar formas eficientes que permitan no solo el cumplimiento de la normatividad existente, sino hacer de la trazabilidad un factor competitivo para el país.



## 5. Marco conceptual para la CSA

En el desarrollo del texto se ha presentado la visión de diferentes autores sobre un sistema de trazabilidad, con énfasis en alimentos, a partir de los cuales proponemos un marco conceptual para un sistema de trazabilidad en las cadenas de suministro alimentarias, el cual es mostrado en la tabla VI.

Tabla VI.

Marco Conceptual. Sistema de Trazabilidad en la CSA

Aspecto	Concepto
<b>Definiciones básicas</b>	
1. Trazabilidad:	Capacidad de rastrear y seguir un alimento y su unidad trazable previamente identificada, por medio de registros físicos o digitales a lo largo de toda la CS para el control y localización en cualquier momento a lo largo del ciclo de vida de dicha unidad, para la toma de decisiones
2. Unidad de trazabilidad: TRU	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entidad identificada de forma única para ser rastreada; “el que” se va a trazar en la CS. Para un lote es "el conjunto de unidades de un alimento que se han producido, procesado y / o envasado en circunstancias similares. En la industria: Unidad de envío (para la entrega). Unidad logística (transporte y distribución). Unidad de comercio (unidad de medida en la que se negocia). Unidad de consumo (medida en la que se vende al consumidor)</li> </ul>
<b>Tipos de trazabilidad</b>	
3. Lugar de Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Trazabilidad interna o de proceso:</b> cuando el TRU está en las instalaciones de una empresa</li> <li><b>Trazabilidad externa:</b> a lo que ocurre a lo largo de la CSA. Incluye rastreo a los proveedores y seguimiento hacia los clientes.</li> </ul>
4. Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Tipo logístico:</b> Sigue solo el movimiento físico del producto.</li> <li><b>Tipo cualitativo:</b> Asocia información relativa a la calidad del alimento y la seguridad del consumidor.</li> </ul>
<b>Sistema de Trazabilidad</b>	
4. Características	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Amplitud:</b> cantidad de información o atributos leídos con la una unidad de rastreo.</li> <li><b>Profundidad:</b> información relevante para que pase entre cada eslabón en la CSA</li> <li><b>Precisión:</b> grado de seguridad que le permite al sistema identificar un movimiento o característica particular de un producto.</li> <li><b>Acceso:</b> velocidad con que la información es comunicada en la CSA</li> <li><b>Fiabilidad de la identificación del TRU:</b> requiere su identificación clara y precisa.</li> </ul>
4. Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unidad de recurso trazable,</b> en donde los ingredientes y materias primas deben ser agrupados en unidades con propiedades similares.</li> <li><b>Asignación</b> de identificadores a las unidades trazables.</li> <li><b>Registro</b> de propiedades de producto o proceso, ya sea de forma directa o indirecta, pero siempre vinculadas a los identificadores establecidos.</li> <li><b>Mecanismo</b> de acceso a la información.</li> </ul>
6. Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorear la seguridad, inocuidad, calidad y procedencia de los alimentos.</li> <li>Mejorar la gestión de la oferta y demanda.</li> <li>Controlar el alimento aguas abajo y arriba.</li> <li>Contribuir a la coordinación de los actores de la CSA.</li> <li>Generar beneficios económicos, tecnológicos y científicos.</li> <li>Cumplir con las normas y la legislación alimentaria.</li> </ul>
<b>7. Tecnologías para el desarrollo</b>	

- **Identificación automática de producto:** Etiquetado con tecnologías de lectura mecánica, códigos alfanuméricos, código de barras, Código electrónico de producto (IPC), Identificación por análisis genético, código data Matrix, Quick Response (QR).
- **Captura de datos:** tecnologías basadas en Internet, RFID
- **Medición de la calidad y seguridad:** (infrarrojos, resonancia magnética, equipos de análisis químico, dispositivos de envase inteligente para el alimento, sensores manométricos).
- **Equipos de Monitoreo Ambiental (sensores para medición del entorno).** Captura de datos Geo-Espaciales (GIS, RS, GPS).
- **Conectividad e inteligencia empresarial:** minería de datos, procesamiento analítico, evaluación comparativa, NCF (Near field communication), Intercambio de datos (EDI, XML) y Software (QualTrace, EQM, Alimentos Trak)

## 6. Un caso de aplicación, retos de implementación de trazabilidad en la CS cárnica

En este apartado se establecen los elementos que conllevan a un marco para la implementación de un sistema de trazabilidad en la cadena cárnica, se realizó un análisis de doce artículos empíricos orientados al estudio de cadenas de carne, a fin de encontrar elementos orientadores que puedan ser utilizados en esquemas normativos para la CSA de carne para el consumo humano en Colombia.

Para estructurar un sistema de trazabilidad de identificación animal como el que se tiene planteado en Colombia, se debe identificar claramente los objetivos para los cuales se crea el sistema, de esta forma, tal como lo realizan en países exportadores se podrá diseñar un sistema que dé respuesta a las necesidades internas de salud y seguridad de la población y a las necesidades externas del mercado al cual se quiere llegar. Sin embargo, se debe tener presente que aunque los sistemas de trazabilidad voluntarios ayudan a generar desarrollos al interior del sector privado, también impide un desarrollo estandarizado y puede poner en peligro tanto la salud de los consumidores como la competitividad del sector. De los doce artículos analizados, se encontró que siete de ellos estudian la cadena de la carne de res, uno la carne de aves, uno la carne de cordero y otro la carne de cerdo. En la Tabla VII se pueden identificar las principales contribuciones de cada autor y la temática principal que maneja.

Tabla VII.

Principales contribuciones de los artículos empíricos analizadas para la cadena de carne

Autor	Temática principal y país de estudio	Procedencia de la carne	Principales Conclusiones
[33]	Seguridad Alimentaria	Aves de corral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización de un sistema de trazabilidad se simplificó al implementar automatización en los procesos.</li> <li>• El sistema de trazabilidad puede permitir tanto la gestión de riesgos, como la aplicación y validación de mejoras en los procesos</li> </ul>
[84]	Reciclado de etiquetas RFID China	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etiqueta RFID en la oreja del animal es la mejor alternativa para los sistemas de trazabilidad</li> <li>• La introducción de información RFID y la lectura son complejos para los agricultores</li> <li>• El precio de la tecnología todavía es alto, por lo cual es necesario reciclar etiquetas a lo largo de la CS.</li> </ul>
[85]	Decisión de compra de consumidor por origen del producto Sudáfrica	Cordero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El precio es el atributo más importante, seguido por seguridad, calidad, mientras que la trazabilidad y el origen fue calificado como de la importancia más bajo</li> <li>• Los consumidores no creen que la trazabilidad es suficiente para garantizar la seguridad</li> <li>• Los consumidores consideran trazabilidad de los alimentos como una obligación básica de los productores y los minoristas y por lo tanto no sienten la obligación de pagar un precio</li> </ul>
[86]	Orientación para exportación Brasil	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La introducción de procesos de trazabilidad permitió aumentar la cuota de mercado de exportación (UE).</li> </ul>
[87]	Preferencias consumidor y su disposición de pago República de Georgia	Cerdo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deben preocuparse por mantener la apariencia de los productos del cerdo, con una entrega oportuna, utilizando una logística adecuada, almacenamiento y visualización de los productos</li> <li>• La presencia de un atributo de calidad disminuye la utilidad marginal obtenido a partir de cualquier otro atributo</li> </ul>

[88]	Preferencias consumidor Japón	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El interés de los consumidores japoneses en la información proporcionada por los sistemas de trazabilidad de alimentos es en general baja.</li> <li>• Los resultados muestran que los jóvenes son más proclives a la información de seguimiento</li> <li>• los consumidores están dispuestos a pagar una prima para los alimentos con atributos de trazabilidad</li> </ul>
[89]	Preferencias consumidor por decisión de precio Estados Unidos	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los consumidores valoran la certificación del departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) más que cualquiera otro atributo de seguridad alimentaria.</li> </ul>
[90]	Identificación biométrica	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un sistema de trazabilidad integrado que incluya a todos los actores a lo largo de la CS puede servir para aumentar la confianza del consumidor en los productos de carne</li> <li>• Propone el uso de la identificación por radiofrecuencia (RFID) para la identificación individual del ganado, y los identificadores biométricos para la verificación de la identidad de ganado</li> <li>• Las ventajas de la identificación biométrica son que es a prueba de falsificaciones</li> </ul>
[91]	Modelo de prototipo evolutivo de software China	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un sistema de trazabilidad puede ser categorizado en los niveles fundamentales, decisivas y estratégicas</li> <li>• Los sistemas de trazabilidad en los tres niveles permiten ganar la confianza de los consumidores y representa una forma óptima de supervisar lo que sucede a lo largo de toda la CS en todo momento.</li> </ul>
[92]	Denominación origen por medio de ADN y marcadores SNP Unión Europea	Res	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos de verificación de los productos con denominación de origen (DOP) y la Indicación Geográfica Protegida de productos (IGP) ayudarán a proteger a los alimentos regionales y promover el crecimiento económico</li> <li>• Sistemas de rastreo basados en el ADN son capaces de identificar el origen de los productos cárnicos y rastrearlos a través de la CS, aunque sigue siendo costoso</li> </ul>

Según Hobbs [41] es imposible hablar de trazabilidad de la carne sin considerar también la trazabilidad de los animales de granja como un componente de los sistemas de trazabilidad de la carne, por lo cual garantizar el almacenamiento y rastreo de información desde el nacimiento del animal hasta que llega a la comercialización es primordial para garantizar que es seguro para el consumo.

Schroeder y Tonsor [93] compararon los sistemas de trazabilidad de animales, indicando que contar con un sistema de identificación animal (ID) es primordial para el mercado de la carne, especialmente la de res; dado que su ausencia genera pérdidas económicas y se puede perder el control en caso de presentarse un incidente de seguridad. Por ejemplo, en Estados Unidos al descubrirse el primer caso de encefalopatía espongiforme bovina (EEB) no se pudo hacer rastro, por ello el mercado perdió más del 80% de su venta y tardó más de siete años para recuperarse; caso similar ocurrió en Europa, donde al no poder identificar la procedencia de animales enfermos, se tuvieron que realizar sacrificios masivos.

De acuerdo con los autores analizados, para un sistema de trazabilidad individual en la cadena de cárnica, es necesario contar con un mecanismo automatizado que permita realizar identificación al animal desde su nacimiento, el cual se puede realizar por medio de etiquetas RFID en la oreja del animal. Dicho mecanismo permitirá realizar cambios en la etiqueta cuando se requiera y lograr una identificación individual en la que pueda consultar la información de seguimiento y movimientos del animal y sus productos derivados, edad, origen, dieta y registro de salud, que permitan ofrecer todas las garantías de calidad y seguridad a los consumidores y al gobierno.

Se debe tener claro que un sistema de trazabilidad de la cadena de carne a través de RFID y mecanismos de identificación animal por medio de ADN y biometría, son costosos y requieren de la capacitación de los ganaderos y procesadores, por lo cual es indispensable que el gobierno realice inversión no solo en la generación del sistema y las bases de datos, sino en capacitación y una inversión planificada obligatoria en dicho sistema [94]. De igual forma, es necesario que se realicen estudios para determinar cuál sería la disposición de los compradores para apoyar el costo de la trazabilidad, dado que el precio es factor primordial en la venta del producto final y dicho precio debe reflejar el costo de los sistemas de trazabilidad, y dadas a la marcada estratificación económica de un gran sector de la población colombiana, se debe determinar cómo se costeará dicho sistema.

## 7. Conclusiones

La revisión sistemática sobre trazabilidad permite concluir que a pesar de los estudios que se han desarrollado en los últimos años, actualmente no existe un marco conceptual común sobre el tema en CSA, lo cual afecta el desarrollo e implementación en las diferentes Cadenas alimentarias. Se encontró que las definiciones establecidas por la ISO y por el reglamento de la Unión Europea (178-2002) son las más divulgadas a nivel internacional; sin embargo, varios autores y organizaciones han generado diferentes definiciones de trazabilidad que impiden manejar un lenguaje unificado. De acuerdo con esto, se propone la definición para las CSA que incluye los diferentes aspectos que se han analizado a lo largo de la literatura y que será de utilidad para estudios futuros.

Es claro que la implementación de sistemas de trazabilidad no es fácil para los pequeños productores de alimentos y empresas de procesamiento, ya que carecen de la capacidad financiera, la información de trazabilidad adecuada y de conocimientos suficientes para ponerlo en práctica. Es por ello que tanto la comunidad académica, como el gobierno deben generar los mecanismos pertinentes para que este primer actor de la cadena conozca y pueda implementar la trazabilidad de acuerdo a sus capacidades y necesidades. Lo cual podría constituirse en una herramienta básica de competitividad para el sector agropecuario, especialmente en certificación de origen, lo que permitiría la clara identificación de los productores por parte de los agentes aguas abajo, actualmente no existe una diferenciación de los campesinos que realizan buenas prácticas y obtienen productos con altos estándares, dada la falta de trazabilidad los alimentos producidos por ellos se confunden en el proceso de comercialización y flujo en la CS. De implementarse un sistema de trazabilidad, los alimentos obtenidos con buenas prácticas agrícolas y logísticas, posiblemente obtendrían un precio justo que retribuya los esfuerzos económicos de los productores, esto dado la posibilidad de realizar el rastreo y seguimiento del alimento. Con esto presente, en el artículo se presenta un marco conceptual para la trazabilidad en las CSA, desde la academia para investigaciones futuras, que permitan el diseño e implementación de sistemas de trazabilidad y la proyección de normas. Los sistemas de trazabilidad por sí solos no son los que garantizan seguridad alimentaria o el logro de los objetivos propuestos, son una herramienta de gestión para obtener información a lo largo de la CSA para ser utilizada por los analistas y directivos para la toma de decisiones.

Colombia ha tratado de generar mecanismos para implementar esquemas de trazabilidad en CSA, especialmente para la cadena de carne, sin embargo, la ambigüedad y la derogación en las mismas, ponen de manifiesto la necesidad de invertir en investigación en el tema, de tal forma que les permita proyectar los objetivos deseados e iniciar procesos de capacitación masivos e inversión en la tecnología adecuada. De acuerdo a los aportes de los artículos analizados, para estructurar un sistema de trazabilidad animal, se deben establecer los objetivos del sistema, de forma que su diseño dé respuesta a las necesidades de seguridad alimentaria de la población y a las necesidades del mercado. Las variables obligatorias del sistema son: identificación individual del animal, rastreo desde origen, de manera que se pueda determinar la edad del animal, seguimiento de los movimientos del animal (granja, distribuidor, lugar de sacrificio, etc.), además tener en cuenta que a pesar que para los países importadores de carne, las variables de dieta del animal y registros de salud no son obligatorios, se podría plantear incluirlos en el sistema para mayor confiabilidad y plus adicional del alimento.

Tanto el gobierno, como los productores, los distribuidores, los consumidores, y todas los actores que se articulan dentro de una CSA, deben entender que contar con sistemas de trazabilidad específicos para las CSA, en los cuales se realicen acuerdos para el intercambio de información y flujos de productos, como inversiones necesarias que permitirán garantizar la seguridad y calidad de los alimentos a la vez que se protege la vida de quienes los consumen. Es claro que esto tiene un costo, pero los beneficios se verán reflejada en la salud y tranquilidad de quienes participan en dicha cadena y se abrirán puertas de exportación hacia países con estándares y normativas más exigentes que la colombiana. Tanto los gobiernos como las empresas al implementar sistemas de trazabilidad deben abarcar toda la CSA, para lo cual necesitan acuerdos de cooperación y de mecanismos eficientes de recolección y almacenamiento de información, los cuales les permitan dar cumplimiento a los objetivos económicos y sociales; de igual forma, los gobiernos deben pensar que los sistemas de trazabilidad digitales y obligatorios basados en estándares comunes.

## **8. Posibles ámbitos de estudio**

La trazabilidad por ser un tema que está en desarrollo y que tiene tan diversos campos científicos de estudio,

ofrece a la comunidad investigadora un amplio campo para realizar análisis empíricos, teóricos, estudios de caso, desarrollo de software, entre otros. Las investigaciones se pueden realizar en torno a temas como: intercambio e integración de la información a lo largo de la CSA, percepción del agricultor o ganadero para la implementación de la trazabilidad, disposición de los clientes a los productos con sistemas de trazabilidad, motivación de las empresas para implementar sistemas de trazabilidad estandarizados, percepción de los clientes de tener información en tiempo real de los productos que compran, que tipo de información están interesados en recibir, disposición a un precio adicional para contar con información adicional del producto.

Para futuros estudios científicos, se deben tener como afectan las variables culturales, económicas, posibilidad de acceso a avances tecnológicos y legislación que varían de un país o región a otro. Así mismo se pueden estudiar a detalle los variables que determinan la aplicación proactiva de sistemas de trazabilidad en las diferentes CSA y la existencia de variables mediadoras que influyen en esta decisión. La evaluación del desempeño de trazabilidad es un tema con poco desarrollo, su desempeño a lo largo de la CSA y como los beneficios se reparten entre todos los agentes es un campo poco explorado.

## 9. Referencias

- [1] K. M. Karlsen, B. Dreyer, P. Olsen y E. O. Elvevoll, "Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist?". *Food control*, pp. 409-417,, 2013.
- [2] M. Borit, "Legal Requirements for Food Traceability in the European Union". *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp. pp. 225-235, 2016.
- [3] P. G. Crandall , C. A. O'Bryan, D. Babu, N. Jarvis, M. L. Davis, M. Buser, B. Adam, J. Marcy y S. C. Ricke, "Whole-chain traceability, is it possible to trace your hamburger to a particular steer, a U. S. perspective". *Meat science*, pp. 137-144, 2013.
- [4] T. McMeekin, J. Baranyi, J. Bowman, P. Dalgaard, M. Kirk, T. Ross, S. Schmid y M. Zwietering, "Information systems in food safety management". *International Journal of Food microbiology*, pp. 181-194, 2006.
- [5] F. Dabbene, P. Gay y C. Tortia, "Traceability issues in food supply chain management: A review". *Biosystems engineering*, pp. 1-6, 2014.
- [6] G. Smith, J. D. Tatum, K. E. Belk, J. A. Scanga, T. Grandin y J. N. Sofos, "Traceability from a US perspective". *Meat science*, pp. 174-193, 2005.
- [7] T. Bosona y G. Gebresenbet, "Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain". *Food control*, pp. 32-48, 2013.
- [8] Banco-Mundial, "Índice de desempeño logístico". 2014. [En línea] Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ>
- [9] E. Golan y B. Krissoff, *Traceability in the us food supply: economic theory and industry studies*. 2014.
- [10] L. U. Opara , "Traceability in agriculture and food supply chain: A review of". *Science and Technology*, pp. 101-106, 2003.
- [11] M. Aung Min y Y. Chang Seok, "Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives". *Food control*, pp. 172-184, 2014.
- [12] Y. Sarig, J. De Baerdemaker, P. Marchal, H. Auernhammer, L. Bodria, I. A. Nääs y H. Centrangolo, "Traceability of Food Products". *Agricultural Engineering International: CIGR Journal.*, 2003.
- [13] FAO, "FAO's Strategy for a Food Chain Approach to Food Safety and Quality: A framework document for the development of future strategic direction". 2003. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/006/y8350e.htm>
- [14] GS1, 25 2 2015. [En línea] Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=32oqDdyKXdY>
- [15] GS1-Colombia, 2014. [En línea] Disponible en: <http://www.gs1co.org/comunidad/proyectoseiniciativas/trazabilidad.aspx>
- [16] F. Schwägele, "Traceability from a European perspective". *Meat science*, pp. 164-173, 2005.
- [17] B. Kitchenham, "Procedures for performing systematic reviews". *Joint technical report*, 2004.

- [18] P. Olsen y M. Borit, "Traceability of genetically modified Roundup Ready soybean: A case study on sampling and analytical uncertainty along processing chain". *Trends in Food Science & Technology*, pp. 142-150, 2013.
- [19] R. Badia-Melis, P. Mishra y L. Ruiz-García, "Food traceability: New trends and recent advances. A review". *Food Control*, vol. 57, pp. 393-401, 2015.
- [20] S. V. Kher, L. J. L. J. Frewer, J. D. Jonge, M. Wentholt, O. H. Davies, N. B. Luijckx y H. J. Cnossen, "Experts' perspectives on the implementation of traceability in Europe". *British Food Journal*, vol. 112, nº 2, pp. 261-274, 2010.
- [21] Parlamento-Europeo y Consejo-UE, 2002.
- [22] TraceFood, 2014. [En línea] Disponible en: [http://www.tracefood.org/index.php/Fundamentals:Traceability\\_definition](http://www.tracefood.org/index.php/Fundamentals:Traceability_definition)
- [23] Icontec, 2009. [En línea] Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC-ISO22005.pdf>
- [24] FAO-OMS, "Alimentarius, Comision del Codex". 2014.
- [25] T. Moe, "Perspectives on traceability in food manufacture". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 9, pp. 211-214, 1998.
- [26] P. Olsen y M. Aschan, "Reference method for analyzing material flow, information flow and information loss in food supply chains". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 21, nº 6, pp. 313-320, 2010.
- [27] K. M. Karlsen, P. Olsen y K. Donnelly, "Implementing traceability: practical challenges at a mineral water bottling plant". *British Food Journal*, vol. 112, nº 2, pp. 187-197, 2010.
- [28] J. E. Hobbs, "Information asymmetry and the role of traceability systems.". *Agribusiness*, vol. 20, nº 4, pp. 397-415, 2004.
- [29] M. Bertolini, M. Bevilacqua y R. Massini, "FMECA approach to product traceability in the food industry.". *Food Control*, vol. 17, nº 2, pp. 137-145, 2006.
- [30] C. Costa, F. Antonucci, F. Pallottino, J. Aguzzi, D. Sarriá y P. Menesatti, "A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology". *Food Bioprocess Technology*, vol. 6, nº 2, pp. 353-366, 2013.
- [31] E. Evizal, S. Rahim, T. Rahman y S. Rosa, "Traceability Software for the". *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp. 191-206, 2016.
- [32] M. H. Jansen-Vullers, C. A. Van Dorp y J. M. Beulens A, "Managing traceability information in manufacture". *International journal of information management*, vol. 23, nº 5, pp. 395-413, 2003.
- [33] V. Lavelli, "High-warranty traceability system in the poultry meat supply chain: A medium-sized enterprise case study". *Food Control*, pp. 148-156, 2013.
- [34] G. C. Smith, D. L. Pendell, J. D. Tatum, K. E. Belk y J. N. Sofos, "Post-slaughter traceability,". *Meat science*, pp. 66-74, 2008.
- [35] A. Abd Rahman, H. Barau Singhry, M. Hizam Hanafiah y M. Abdul, "Influence of perceived benefits and traceability system on the readiness for Halal assurance system implementation among food manufacturers". *Food Control*, 2016.
- [36] M. Mattevi y J. A. Jones, "Traceability in the food supply chain: Awareness and attitudes of UK Small and Medium-sized Enterprises". *Food Control*, vol. 64, pp. 120-127, 2016.
- [37] L. Zach, M. E. Doyle, V. Bier y C. Czuprynski, "Systems and governance in food import safety: A U.S. perspective". *Food Control*, pp. 153-162, 2012.
- [38] R. Saltini, R. Akkerman y S. Frosch, "Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality". *Food Control*, pp. 167-187, 2013.
- [39] J. S. & L. S. N. Bagshaw, "Quality management systems in Australian vegetable and fruit industries". *Preface 11 Opening Address 12*, 2000.
- [40] H. Aguinis y A. Glavas, "What we know and don't know about corporate social responsibility: A review and research agenda". *Journal of management*, vol. 38, nº 4, pp. 932-968, 2012.
- [41] J. Hobbs, "Effective Use of Food Traceability in Meat Supply Chains". *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp. 321-335, 2016.
- [42] R. Rodríguez-Ramírez, A. F. González-Córdova y B. Vallejo-Córdova, "Review: Authentication and traceability of foods from animal origin by polymerase chain reaction-based capillary electrophoresis". *Analytica Chimica*

Acta, pp. 120-126, 2011.

- [43] C. Agrimonti, M. Vietina, S. Pafundo y N. Marmirol, "The use of food genomics to ensure the traceability of olive oil,". *Trends in Food Science e Tehnology*, pp. 237-244, 2011.
- [44] H. Scholten, C. Verdouw, A. Beulens y V. d. J. Vorst, "Defining and Analyzing Traceability Systems in Food Supply Chains". *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp. pp. 9-33, 2016.
- [45] H. M. Kim, , M. S. Fox y M. Gruninger, "An ontology of quality for enterprise modelling,". de *In Proceedings of the fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, 1995.
- [46] A. Banterle y S. Stranieri, "The consequences of voluntary traceability system for supply chain relationships. An application of transaction cost economics". *Food policy*, vol. 33, nº 6, pp. 560-569, 2008.
- [47] V. Bellon-Maurel, M. D. Corto, P. Roux, M. Schul y G. M. Peters, "Streamlining life cycle inventory data generation in agriculture using traceability data and information and communication technologies – part I: concepts and technical basis". *Journal of cleaner production*, pp. 60-66, 2014.
- [48] D. Folinas, I. Manikas y B. Manos, "Traceability data management for food chains". *British Food Journal*, vol. 108, nº 8, pp. 622-633, 2006.
- [49] H.-I. Hsio y K.-L. Huang, "Time-temperature transparency in the cold chain". *Food Control*, vol. Vol. 64, pp. pp. 181-188, 2016.
- [50] C. M. M. C. & M. C. Giacomini, "Case study on the traceability systems in the fruit and vegetable sector". *17th Symposium of the International Farming Systems Association*, Lake Buena Vista FL, 2002.
- [51] P. A. Liao, H. H. Chang y C. Y. Chang, "Why is the food traceability system unsuccessful in Taiwan? Empirical evidence from a national survey of fruit and vegetable farmers". *Food Policy*, vol. 36, nº 5, pp. 686-693, 2011.
- [52] A. Suprem, N. Mahalik y K. Kim, "A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector". *Computers and electronics in agriculture*, pp. 355-364, 2013.
- [53] R. W. Van, L. J. Frewer, Menozzi y Faioli, "Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits". *Food Quality and Preference*, vol. 19, nº 5, pp. 452-464, 2008.
- [54] J. Chilton, "Lessons learned: Laying the ground work for a successful recall". *Meat & Poultry*, vol. Issue, nº December, p. 48-52, 2004.
- [55] X. Zhang, "Does ICT influence supply chain management and performance?". *International Journal of Operations & Production Management*, 2011.
- [56] T. Kelepouris, "RFID-enabled traceability in the food supply chain". *Industrial Management & data systems*, 2007.
- [57] M. Thakur, "Modeling traceability information in soybean value chains". *Journal of Food Engineering*, 2010.
- [58] Y. Rahadian, "Logistics Information System for Supply Chain of Agricultural Commodity". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012.
- [59] G. Aiello, M. Enea y C. Muriana, "The expected value of the traceability information". *European Journal of Operational Research*, vol. Vol. 244, pp. pp. 176-186, 2015.
- [60] B. Manos y I. Manikas, "Traceability in the Greek fresh produce sector: drivers and constraints". *British Food Journal*, vol. 112, nº 6, pp. 640-652, 2010.
- [61] a. Regattieri, M. Gamberi y R. Manzini, "Traceability of food products: General framework and experimental evidence.". *Journal of Food Engineering*, 2007.
- [62] E. D. Y. & G. S. Sahin, "Performance evaluation of a traceability system. An application to the radio frequency identification technology.". *Systems, Man and Cybernetics*, pp. 3-6, 2002.
- [63] J. Landt, "The history of RFID". *IEEE Potentials*, 2005.
- [64] A. Sabbaghi y G. Vaidyanathan, "Effectiveness and efficiency of RFID technology in Supply Chain Management Strategic values and Challenges.". *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 2008.
- [65] X. Zhu, "A review of RFID technology and its managerial applications in different industries". *Journal of Engineering and Technology Management*, 2012.
- [66] A. Sarac, "A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management".

*International Journal of Production Economics*, 2010.

- [67] K. Chen, y F. Hwang, "Applying RFID to Picking Operation in Warehouses, Economy and Ecology". de *Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology*, 2009.
- [68] A. De Marco, A. Cagliano, M. Nervo y C. Rafele, "Using system dynamics to assess the impact of RFID technology on retail operations". *International Production Economics*, vol. 135, nº 1, pp. 333-344, 2012.
- [69] M. M. Herrera y J. A. Orjuela, " Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de Frutas: Un enfoque desde Dinámica de Sistemas". *Ingeniería*, vol. 19, nº 2, 2014.
- [70] J. Alfaro Tanco, L. Rabade Herrero y J. Alvarez, "Relaciones de integración empresa-proveedor: influencia de la trazabilidad.". *Universia Business Review*, nº 15, pp. 54-67, 2007.
- [71] P. Engelseth, "Food product traceability and supply network integration". *The Journal of Business and Industrial Marketing*, vol. 24, nº 5-6, pp. 421-430, 2009.
- [72] G. Mamone, G. Picariello, S. Caira, F. Addeo y P. Ferranti, "Analysis of food proteins and peptides by mass spectrometry-based techniques". *Journal of chromatography*, pp. 7130 - 7142, 2009.
- [73] Congreso de Estados Unidos, "U.S. Food y Drog". [En línea] Disponible en: <http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Legislation/ucm148797.htm>
- [74] Congreso de los Estados Unidos, "U.S. Food y Drug". [En línea] Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FSMA/>
- [75] GFSI, "Global Food Safety Initiative". [En línea] Disponible en: <http://www.mygfsi.com/schemes-certification.htm>
- [76] Congreso de la Republica de Colombia, "Ley 914 de 204". Bogotá D.C., 2004.
- [77] Consejo Nacional de politica Economica y Social de Colombia, "Conpes 3376". Bogotá D.C., 2005.
- [78] Ministerios de proteccion social de Colombia, "Decreto de 1500 de 2007". Bogotá D.C., 2007.
- [79] Ministerio de salud y proteccion social, "Resolucion 242 de 2013". Bogotá D.C., 2013.
- [80] Ministerio de agricultura y desarrollo rural, "Resolucion 377 de 2009". Bogotá D.C., 2009.
- [81] Ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia, "Resolucion 278 de 2009". Bogotá D.C., 2009.
- [82] Congreso de la Republica de Colombia, "Ley 1695 de 2013". Bogotá D.C., 2013.
- [83] Congreso de Colombia, "Ley 1122 de 2007". Bogotá D.C., 2007.
- [84] J. Feng, Z. Fu, Z. Wang, M. Xu y X. Zhang, "Development and evaluation on a RFID-based traceability system for cattle/beef quality safety in China". *Food control*, vol. 31, nº 2, pp. 314-325, 2013.
- [85] H. D. Plessis y G. D. Rand, "The significance of traceability in consumer decision making towards Karoo lamb". *Food Research International*, vol. 47, nº 2, pp. 210-217, 2012.
- [86] C. Favarini Ruviano, J. O. JardimBarcellos y H. Dewes, "Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon". *Land Use Policy*, vol. 38, pp. 104-110, 2014.
- [87] D. Ubilava y K. Foster, "Quality certification vs. product traceability: Consumer". *Food Policy*, vol. 34, nº 3, pp. 305-310, 2009.
- [88] S. Jin y L. Zhou, "Consumer interest in information provided by food". *Food Quality and Preference*, p. 2014.
- [89] M. L. Loureiro y W. J. Umberger , "A choice experiment model for beef: What US consumer responses tell us about relative preferences for food safety, country-of-origin labeling and traceability". *Food Policy*, vol. 32, nº 4, pp. 496-514, 2007.
- [90] C. Shanahan, B. Kernan, G. Ayalew, K. McDonnell, S. Ward y F. Butler, "A framework for beef traceability from farm to slaughter". *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 66, nº 1, pp. 62-69, 2009.
- [91] X. Zhang, S. Lv, M. Xu y W. Mu, "Applying evolutionary prototyping model for eliciting system". *Food control*, vol. 21, nº 11, pp. 1556-1562, 2010.
- [92] R. Negrini, L. Nicoloso, P. Crepaldi, E. Milanese, R. Marino, D. Perini, L. Pariset, S. Dunner, H. Leveziel, Williams y P. Ajmone Marsan, "Traceability of four European Protected Geographic". *Meat Science*, vol. 80, nº 4, pp. 1212-1217, 2012.
- [93] T. C. Schroeder y G. T. Tonsor, "International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US". *Food Policy*, vol. 37, nº 1, pp. 31-40, 2012.



[94] A. P. Marchante, A. Alvarez-Melcon y M. Trebar, "Advanced traceability system in aquaculture supply chain". *Journal of food engineering*, pp. 50-60, 2014.

---

**Dora Lucia Rincón B.**

Ingeniera Industrial, Especialista en Ingeniería de Producción y Logística e la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; estudiante de Doctorado Universidad de Salamanca. Correo electrónico: [doralucia@usa.es](mailto:doralucia@usa.es)

---

**Johan Esteban Fonseca Ramírez.**

Ingeniero Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; integrante del Grupo GICALyT. Correo electrónico: [fonseca\\_johan@hotmail.com](mailto:fonseca_johan@hotmail.com)

---

**Javier Arturo Orjuela Castro**

Ingeniero de Alimentos, Ingeniero Industrial, especialista en Ingeniería de producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; magíster en Investigación y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira; doctor (C) en Ingeniería Industria y Organizaciones, Universidad Nacional de Colombia; profesor e investigador en las áreas de Logística en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; director del Grupo de investigación en Cadenas de Abastecimiento, Logística y Trazabilidad, GICALyT. Correo electrónico: [jorjuela@udistrital.edu.co](mailto:jorjuela@udistrital.edu.co)