

**CONCEPTUALIZACIÓN DE LA TRAZABILIDAD EN LA CADENA DE
ABASTECIMIENTO**

DORA LUCIA RINCÓN BALLESTEROS



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA
BOGOTÁ – COLOMBIA
2016**

**CONCEPTUALIZACIÓN DE LA TRAZABILIDAD EN LA CADENA DE
ABASTECIMIENTO**

DORA LUCIA RINCÓN BALLESTEROS

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TÍTULO DE: ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE
PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA**

DIRECTOR: MS. JAVIER ARTURO ORJUELA CASTRO

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA
BOGOTÁ – COLOMBIA
2016**

NOTA DE ACEPTACION

DIRECTOR DEL TRABAJO

JURADO DEL TRABAJO

Bogotá, 3 de marzo de 2016

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y ALCANCE DE LA REVISIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 FORMULACIÓN	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ALCANCE DE LA REVISIÓN.....	5
1.4.1 Metodología.....	5
1.4.2 Generalidades de la revisión sistemática	7
2. DEFINICIÓN DE TRAZABILIDAD	9
3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.....	14
3.1 UNIDAD DE RECURSO TRAZABLE (TRU).....	16
3.2 ESQUEMAS DE TRAZABILIDAD.....	17
4. QUE MOTIVA A LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRAZABILIDAD	19
4.1 OBJETIVOS DE CONTAR CON UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD.....	19
4.2 PRINCIPALES CONDUCTORES MOTIVACIONALES DE LA TRAZABILIDAD .	22
5. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL Y COLOMBIANA	26
5.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL	26
5.2 LEGISLACIÓN COLOMBIANA	30
5.3 ENTIDADES QUE DEBATEN TEMAS DE TRAZABILIDAD.....	34
6. PROBLEMAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRAZABILIDAD...	36
6.1 QUE TENER EN CUENTA PARA LOGRAR LA TRAZABILIDAD.....	39
7. SISTEMAS DE CAPTURA PARA GESTIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.....	43
8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS EMPÍRICOS.....	49
9. ÁMBITOS DE ESTUDIO	59
10. CONCLUSIONES.....	61
REFERENCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tendencia histórica de las publicaciones relacionadas con trazabilidad en la cadena de suministro	7
Figura 2. Procedencia de los artículos revisados.....	8
Figura 3. Líneas de estudio de artículos empíricos revisados	49

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de definiciones de trazabilidad dadas por diferentes autores	10
Tabla 2. Identificación de los principales conductores motivacionales de la trazabilidad.....	23
Tabla 3. Principales normatividad o legislación sobre trazabilidad en diferentes países.	29
Tabla 4. Principales normativas sobre trazabilidad En Colombia	31
Tabla 5. Principales sistemas de captura y de identificación para sistemas de trazabilidad.....	45
Tabla 6. Principales contribuciones de los artículos empíricos analizadas para la cadena de carne	53

RESUMEN

La revisión teórica de la trazabilidad, muestra la ausencia de un marco teórico común, lo que impide el desarrollo del tema de manera unificada; dicha ausencia, ha generado confusión al diseñar los sistemas en las diferentes cadenas de abastecimiento y no ha permitido evidenciar las ventajas sociales y empresariales que se pueden obtener. El presente documento pretende generar una definición clara de trazabilidad, una estandarización de las características y esquemas para el diseño de cualquier sistema, independientemente del sector o producto al cual se oriente; además detectar en artículos empíricos puntos clave para las cadenas de abastecimiento del sector farmacéutico y cárnico que permita ayudar al diseño de los sistemas de trazabilidad.

Se encontró que los principales conductores motivacionales para la implementación de la trazabilidad son: la legislación, la seguridad alimentaria, el aseguramiento de la calidad, presiones de los stakeholders y las preocupaciones económicas de la organización; además, estos conductores engloban de forma general los diferentes objetivos que se fijan las compañías o los gobiernos. Por último, es importante resaltar que tanto los gobiernos como las empresas al implementar sistemas de trazabilidad deben abarcar toda la cadena de abastecimiento, para lo cual necesitan acuerdos de cooperación y de mecanismos eficientes de recolección y almacenamiento de información físicos o digitales, los cuales les permitan dar cumplimiento a los objetivos económicos y sociales que se planteen para seguir siendo competitivos en un mundo globalizado; de igual forma, los gobiernos no deben pasar por alto que los sistemas de trazabilidad digitales y obligatorios son los que permitirán lograr los objetivos y tener estándares comunes.

Palabras Clave:

Legislación, rastreo, seguimiento, unidad trazable, seguridad alimentaria.

INTRODUCCIÓN

La trazabilidad ha sido investigada en diferentes áreas y sus resultados se han presentado en artículos a lo largo de los últimos años; dichas investigaciones muestran la unión de áreas tecnológicas, sociales y administrativas, lo que ha permitido identificar unidades trazables asociadas a información para seguimiento y rastreo a lo largo de la cadena de abastecimiento. Sin embargo, dicha interdisciplinariedad en estudios específicos ha provocado que no exista un marco teórico común de trazabilidad [1]; esto afecta su desarrollo e implementación en industrias tan complejas como la alimentaria, debido a que las cadenas de abastecimiento dependen de la interacción de diferentes actores y la característica perecedera de producto es un factor determinante que varía de acuerdo a los procesos realizados desde el principio de la cadena; por ende, es necesario que todos los actores manejen los mismos conceptos teóricos para permitirles una interacción eficiente; tal como lo plantea Crandall, et al.[2], la trazabilidad a través de la cadena alimentaria debe darse desde la producción hasta el consumo final y es una necesidad urgente para la industria, los consumidores y el gobierno, debido a que si cada actor comprende a su manera lo que significa la trazabilidad, es imposible que se genere coordinación para el intercambio de información. Lo anterior es crucial para la industria alimentaria, pero debe implementarse en todas las cadenas, especialmente las que representan mayor riesgo para la salud humana, como es el sector farmacéutico.

En la actualidad la cadena de suministro es tratada a menudo 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 [3]. Es por ello, que el diseño de un sistema de trazabilidad requiere un replanteamiento a fondo y la reorganización de toda la

cadena de suministro [4]; para ello, se necesita contar con bases teóricas comunes desde las cuales se genere diseños compatibles entre sí que permitan compartir información; esto es imprescindible, dado que las empresas relacionadas con la cadena de suministro deberán implementar la trazabilidad o tendrán dificultades para mantenerse en el negocio [5].

El desarrollo de sistemas detallados 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 conocimientos suficientes para ponerla en práctica [6]; por lo tanto la comunidad académica y el gobierno deben generar mecanismo pertinentes para que este primer actor de la cadena conozca y pueda implementar la trazabilidad de acuerdo a sus capacidades y necesidades.

Los sistemas de trazabilidad son sistemas diseñados para rastrear o seguir los atributos del producto a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, y según Golan & Krissoff [7] las autoridades han comenzado a sopesar la utilidad de hacer tales 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 del producto; 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 [4], 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 producto y/o lotes afectados, especificando lo que ocurrió, cuándo y dónde se produjo, y la identificación de quién es el responsable [8] [9].

De acuerdo con ello, la seguridad es el componente más importante de la calidad, ya que su ausencia puede provocar lesiones graves e incluso la muerte del consumidor; se debe tener en cuenta que la calidad de la comida es

principalmente una cuestión económica decidida por el consumidor, mientras que la seguridad alimentaria es un compromiso de los gobiernos para garantizar que el suministro de alimentos es seguro para los consumidores y cumple con los requisitos reglamentarios [10].

Es necesario que se entienda que los sistemas de trazabilidad no producen productos seguros de alta calidad, ni determinan los grados de responsabilidad; pero actúan como un elemento de control y gestión para obtener información sobre los puntos de la cadena, indicando si funcionan correctamente o no; por lo cual la detección temprana y una respuesta rápida a cualquier problema se hace posible y es responsabilidad de los encargados del sistema.

El desarrollo teórico de la trazabilidad, se puede dividir en dos etapas: la primera, en la cual la trazabilidad se desarrolló bajo la iniciativa proactiva de las organizaciones y la segunda, que inicio en la década de 1990 con la aparición de escándalos alimentarios.

La primera, inicio antes de la introducción de las regulaciones en los diferentes países, ya que surgieron casos en los cuales las organizaciones de la industria habían desarrollado métodos de trazabilidad eficientes para la gestión logística y de almacenes, basados en el equilibrio entre costes y beneficios de contar con el sistema; para el caso específico de Estados Unidos, como lo muestra Golan & Krissoff [7], la trazabilidad se implementó antes que aparecieran los requisitos legales, 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.

En los 90 al hacerse público los problemas alimentarios en diferentes países, se puso de manifiesto los riesgos, necesidades y obligaciones de todos los stakeholders; en especial de los gobiernos, quienes en respuesta a los problemas

crecientes, desarrollaron leyes, políticas y normas relativas a la seguridad alimentaria y la gestión de la calidad [9]; es decir, los escándalos alimentarios pusieron la trazabilidad de los alimentos en la agenda diaria y el resultado fue que la trazabilidad se incorporó en las regulaciones de los alimentos [1].

Con el paso del tiempo de acuerdo con Smith, et al. [5], factores como el bioterrorismo, modificaciones genéticas, etiquetas de país de origen, bioagricultura, seguridad alimentaria y legislación en general, crearon consumidores más informados que contribuyen a cambios a nivel mundial debido a la presión que ejercen; por lo cual, como indica Aung Min & Chang Seok [9], la trazabilidad es una herramienta que permite cumplir con la legislación a la vez que permite cumplir con los requisitos de calidad y seguridad de los alimentos exigidos por los consumidores.

Países de la unión Europea y Estados Unidos, han sido los abanderados en el tema de la trazabilidad, tanto por los desarrollos proactivos de las organizaciones, como por las normas legales que se han impuesto; sin embargo, de acuerdo con Smith, et al.[5], Estados Unidos se está quedando atrás de muchos países en el desarrollo de los sistemas de trazabilidad de los alimentos y en especial para el ganado, aves de corral y sus sub-productos, lo cual puede ser el resultado de la decisión de colocar directrices de carácter orientador o voluntario, que no fueron adoptadas por las organizaciones en las cadenas de abastecimiento; este hecho evidencia la gran influencia que ejerce la variable legislación y su potencial para equilibrar las necesidades y requerimientos de todas las partes interesadas, debido a que el gobierno debe velar por la integridad de sus habitantes y evitar la exposición a riesgos; por ello los gobiernos deben actuar en dos sentidos: por un lado inducir la generación de conciencia tanto en compradores como en oferentes y por el otro garantizar que los proveedores brinden información y productos seguros.

No se debe olvidar que en un mundo globalizado los consumidores están cada vez más informados y expuestos a riesgos de diferente índole, por lo cual las organizaciones deben responder y satisfacer las necesidades y exigencias de sus clientes, a la vez que protegen su imagen, cumplen con las regulaciones y proyectan seguridad para atraer a futuros consumidores.

Por último, se debe tener claro que la trazabilidad tiene un costo, pero los costos de no tenerla o tener sistemas ineficientes pueden ser graves, tanto para los gobiernos, los consumidores, las empresas individuales y de la industria alimentaria en su conjunto [9], por lo cual es mejor desarrollar acciones conjuntas que permitan un avance eficiente.

La estructura del presente trabajo se dividió en diez secciones: en la siguiente sección se realiza una presentación del trabajo de investigación y alcance de la revisión sistemática, en la sección dos se realiza una revisión de las definiciones de trazabilidad y se propone una definición general; en la sección tres se muestran las características y propiedades de un sistema de trazabilidad; en la sección cuatro, se presentan los motivos por los cuales se desarrolla e implementan sistemas de trazabilidad y sus principales conductores motivaciones; en la sección cinco, se realiza una identificación de la legislación relacionada con la trazabilidad internacional, la legislación Colombiana y las principales entidades que tratan temas normativos y regulatorias; en la sección seis se resaltan los principales problemas para de la implantación de la trazabilidad y lo que se debe tener en cuenta para lograrla. La sección siete hace referencia a las principales tecnologías para la gestión de información relacionada con los sistemas de trazabilidad, en la sección ocho se muestra los resultados de la revisión de los artículos empíricos relacionados con las cadenas de abastecimiento del sector farmacéutico y cárnico, y finalmente en las dos últimas secciones se referencia los ámbitos de estudio y las conclusiones de la revisión.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y ALCANCE DE LA REVISIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Organismos internacionales como laFAO [11]declaró que la gestión de la seguridad y calidad de los alimentos es una responsabilidad compartida de todos los actores de la cadena alimentaria, incluidos los gobiernos, la industria y los consumidores; pero al no existir un consenso común o estandarización de criterios, no se podrán realizar acciones conjuntas.

De igual forma la Food standards Agency (FSA) indico en el 2002 que la trazabilidad había adquirido una importancia considerable en lo que respecta a la alimentación, en particular después de una serie de incidentes de seguridad alimentaria en la que los sistemas de trazabilidad habían demostrado ser débiles o ausentes; por lo cual hoy en día los consumidores también demandan evidencia verificable de la trazabilidad y actúa como un criterio importante de calidad y seguridad alimentaria[9], con lo cual se pone de manifiesto que el suministro de alimentos de alta calidad, inocuos y nutritivos, así como la reconstrucción de la confianza pública en la cadena alimentaria, el diseño y la aplicación en toda la cadena de la trazabilidad, “desde la granja hasta el usuario final” se ha convertido en una parte importante del sistema de garantía de calidad de los alimentos en general[8].

Por otro lado, no debemos olvidar que tal como lo afirmaAung Min & Chang Seok [9], los sistemas de trazabilidad están asociados a dispositivos de integración de intercambio de información en todas las etapas de la cadena y al uso de tecnologías; por lo cual, si se continúa realizando acciones de trazabilidad interna o hacia adelante según le convenga a cada eslabón de la cadena, sin ningún tipo de estándar, países como Colombia seguirán quedando rezagados debido a los altos costos tecnológicos alno poder implementar tecnologías de uso compartido; por lo cual toma relevancia lo planteado por

Rafael Flórez, director general de GS1, 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 [12]

Se debe tener presente que Colombia no cuenta con sistemas de trazabilidad adecuados que le permitan ser competitiva y sostenible, por lo cual no puede garantizar seguridad ni calidad a nivel nacional y mucho menos internacional. Este atraso se evidencia con indicadores como “el índice de desempeño logístico” medido por el Banco mundial, así como con índices de enfermedades a causa de alimentos y cifras de falsificación y contrabando de medicamentos. Dicho indicador posiciona a nuestro país por debajo de varios países latinoamericanos, ocasionando no solo atraso en el desarrollo económico, sino que genera problemas de seguridad alimentaria y salud pública al interior.

Estos precedentes, han ocasionado que el gobierno decrete normas y leyes, como medida conducente a la adopción de prácticas de trazabilidad, al mismo tiempo, que la empresa privada ha desarrollado iniciativas en busca de beneficios y ventajas competitivas; sin embargo, dado que este tema es relativamente nuevo para nuestro país, es necesario que desde el punto de vista académico se realicen aportes conceptuales para contar con un marco común que permita tomar decisiones pertinentes en los diferentes eslabones de la cadena, de tal forma, que tanto las prácticas de trazabilidad como de los sistemas adoptados tengan en cuenta variables que incidan para la implementación de una trazabilidad eficiente a lo largo de la cadena de suministro.

Por último, se debe considerar el hecho que Colombia no es un país pionero ni en la implementación de normativas de trazabilidad ni en la generación de tecnologías; sin embargo, eso no significa que no esté en capacidad de aprender rápidamente de casos exitosos y adoptar mecanismos que le permita avanzar rápidamente y evitar repetir errores o establecer medidas que ya son obsoletas en otros lugares.

1.2 FORMULACIÓN

¿Una revisión de la literatura sobre trazabilidad en la cadena de suministro permitirá generar un marco teórico común donde se identifiquen elementos claves para la implementación de la trazabilidad en Colombia?

1.3 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el informe del Banco Mundial[13], Colombia tiene un índice de desempeño logístico (LPI) de 2,87 en el 2012, ocupando así el puesto 64 de 154 países, después de países suramericanos como Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Perú y Panamá. A pesar que este índice muestra que hemos escalonado posiciones desde 2007, donde ocupábamos el lugar 82, seguimos estando a 26 lugares por debajo de Chile, quien ocupa el primer puesto a nivel suramericano con un índice de 3.17.

El posicionamiento de Colombia, se debe principalmente a que de los 6 factores que componen el indicador: 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 competitivos; el factor de trazabilidad para Colombia no presenta mejoras substanciales ni como indicar marginal para el país, ni mucho menos de posicionamiento frente a los demás países. Colombia paso de tener una calificación en el factor de trazabilidad de 2.63 que nos permitía ocupar el puesto 71 en el 2007, a tener un 2.66 en el 2012 ocupando así el puesto 85; lo que indica que el país en materia de trazabilidad no ha tenido grandes cambios en los últimos 5 años y de seguir así, dicho factor continuara afectando el LPI, el cual es una referencia a nivel mundial.

Por otro lado, encontramos que en los últimos años las autoridades Colombianas están emitiendo 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 mínimo.

Con la ley 1659 de 2013 se pretende crear el sistema nacional de identificación, información y trazabilidad animal, cuyo principal objetivo es el establecimiento del sistema de identificación, información y trazabilidad de especies animales de la cadena productiva primaria por medio de la creación de una base de datos nacional y cuyo responsable es del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Es de destacar que esta ley deroga cerca del 70% de la ley 914 de 2004, la cual tenía la misma finalidad, lo que demuestra que en el 2004 cuando el gobierno realizó la proyección de la ley existieron deficiencias que no les permitió avanzar sustancialmente en la aplicación de la misma. Dicha normatividad nació para contrarlar potenciales enfermedades en los animales como la aftosa y evitar potenciales crisis de salud pública en los consumidores.

Por otro lado, con la ley 1122 de 2007, le corresponde al INVIMA garantizar la identificación de los medicamentos en cualquier parte de la cadena de distribución, desde la producción hasta el consumidor final, mediante una tecnología de señalización, que tiene como objetivo evitar la falsificación, adulteración vencimiento y contrabando de medicamentos. Desde la entrada en vigencia de esta ley, el INVIMA y organizaciones como GS1 Colombia han realizaron un piloto en 7 ciudades utilizando tecnología datamatrix[14], pero sus resultados se encuentran actualmente en estudio.

Esta serie de legislaciones hace evidente que el gobierno ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar en el país sistemas de trazabilidad; para lo cual tanto las empresas, como las organizaciones y 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. Es por ello que la generación de un marco de teórico basado en artículos científicos de revisión teórica, así como el desarrollo del análisis de

artículos científicos empíricos permitirá la detección de puntos clave que oriente la implementación de la trazabilidad en las cadenas de suministro.

Se debe tener en cuenta que si Colombia busca ser competitiva a nivel internacional e incrementar el nivel de sus exportaciones, debe reconocer que necesita mecanismos de trazabilidad eficientes ya que tal como lo mencionan autores como Aung Min & Chang Seok[9]y Dabbene, F., Gay, P. y Tortia, C. [4], la Unión Europea y Estados Unidos son los principales actores que exigen trazabilidad de los alimentos mediante una legislación estricta; por ende para llegar a estos mercados es necesario que nuestras empresas tengan la capacidad de cumplimiento de los requisitos exigidos.

Por último, autores como Bosona, T. y Gebresenbet G. [6], Schwagele, F. [14], Karlsen, K., Dreyer, B., Olsen, P. y Elvevoll, E. [1], sostienen que las nuevas legislaciones se identifican como fuerzas motrices o conductores para la implementación de la trazabilidad; es por ello que se hace necesario que esta variable causal que tiene de antemano no solo la naturaleza de ser un factor estimulante para empresas proactivas, sino de obligatoriedad para las empresas que están inmersas en las cadenas de abastecimiento, tengan directrices claras y conozcan las implicaciones generales de lo que se quiere.

1.4 ALCANCE DE LA REVISIÓN

1.4.1 Metodología

La revisión teórica sobre la trazabilidad, se realizó mediante un análisis sistemático que incluye los siguientes pasos secuenciales: Primero se realizó la búsqueda en la base de datos ScienceDirect para acceder a revistas y artículos relevantes de nivel multidisciplinar; en dicha búsqueda se ingresó la palabra “trazabilidad” limitada a título, palabras claves y resumen; de igual forma, se enlazo a la frase “cadena de abastecimiento” limitada a contenido de texto con el fin que el algoritmo de búsqueda evitara artículos científicos

relacionados con estudios químicos, electromagnéticos o moleculares que no tengan incidencia en el campo de la logística.

Dicha búsqueda arrojó como resultado 218 artículos publicados en 39 revistas, entre los años 1995 – 2014; de estos artículos el 80% fueron publicados en los últimos seis años, lo cual demuestra la relevancia y actualidad del tema.

Como segundo paso, se realizó una revisión y clasificación general de los artículos, en la se descartaron 9, y los demás se clasificaron así: 184 artículos empíricos y 25 artículos teóricos.

Debido a la necesidad de generar un marco teórico común para la implementación de la trazabilidad en las organizaciones, se procedió a su elaboración; para ello, se emplearon los 25 artículos teóricos encontrados y con base en dichos artículos se buscaron referentes importantes para complementar el marco teórico; lo cual dio como resultado la revisión de 49 documentos, con los cuales se construyó la primera parte del presente documento. Además, el 56% están publicados en el 2013 y 2014, lo cual muestra la preocupación creciente por generar teorías unificadas de un tema en auge y expansión.

Es de anotar que la revisión sistemática es empleada por diferentes autores para generar marcos teóricos comunes, en el caso de Aguinis & Glavas [15] realizaron una revisión por revistas para la selección de artículos a analizar, sin embargo para este trabajo se propone la selección por el tipo de artículo en busca de unificación de criterios.

Por último, se procedió a la revisión del primer tercio de los artículos empíricos, es decir 61 artículos; esta revisión buscaba identificar orientaciones particulares para el sector farmacéutico y cárnico, a fin de contar con una base

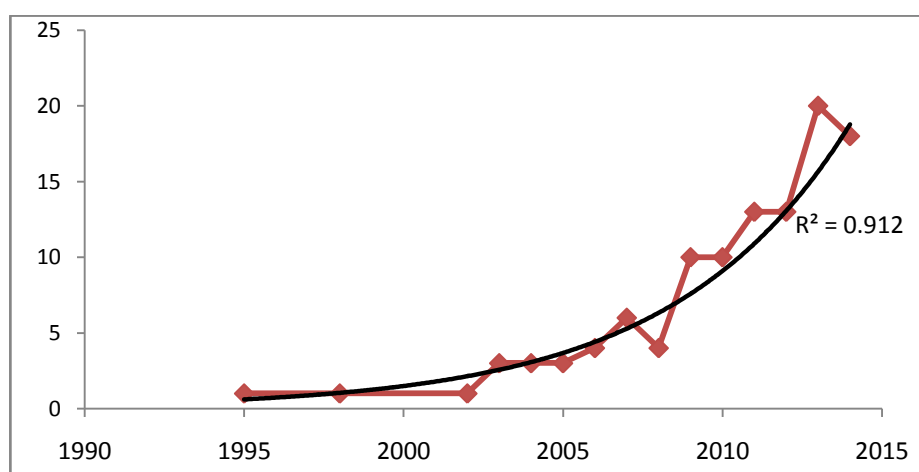
teórica para Colombia. Sin embargo, al realizar dicha revisión, solo se pudieran encontrar 12 artículos que tratan directamente los sectores analizados.

1.4.2 Generalidades de la revisión sistemática

El total de documentos revisados fue de 110; de dichos documentos, 49 fueron utilizados para la generación de un marco teórico común y 61 artículos empíricos para la búsqueda de información relevante de los sectores estudiados.

La revisión de la literatura permitió identificar la dinámica de las publicaciones relacionadas con trazabilidad en la cadena de abastecimiento, dicha dinámica se puede identificar en la figura 1. Los 110 documentos se encuentran en una franja de tiempo de 1995 hasta el primer trimestre de 2014, encontrándose que alrededor del 60% fueron publicados en los últimos cuatro años; además es clara la tendencia creciente desde el 2011, año en el cual se publicó cerca del 12% de los artículos revisados, lo anterior evidencia la relevancia que se le ha dado a este tema a nivel internacional.

Figura 1. Tendencia histórica de las publicaciones relacionadas con trazabilidad en la cadena de suministro

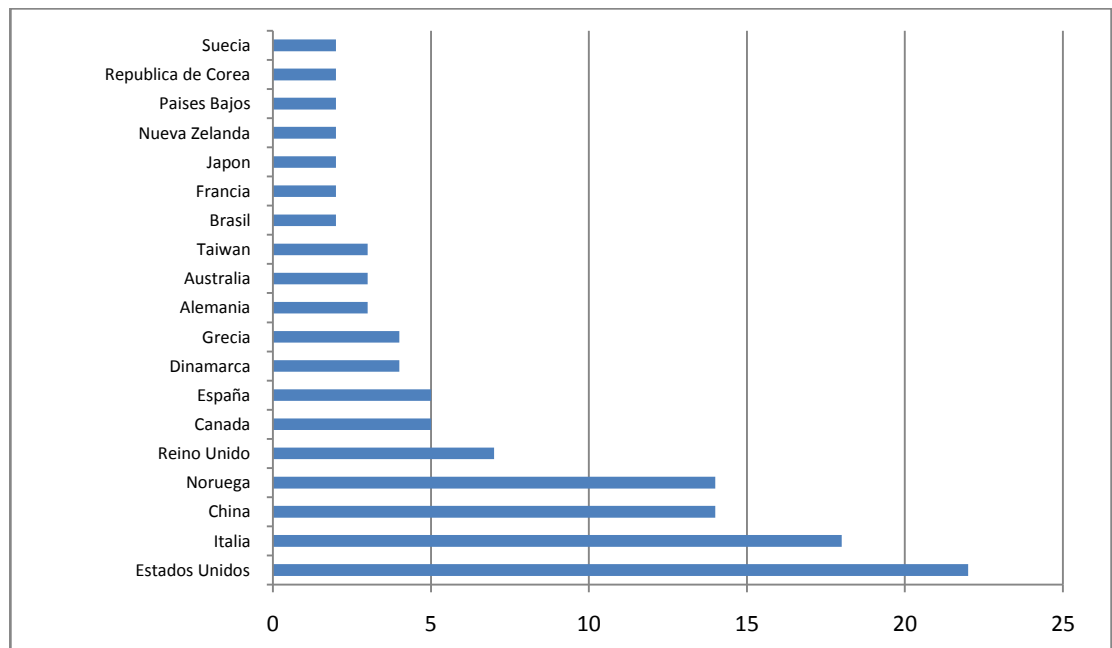


Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las revistas con mayor número de publicaciones, 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 Techonology, en ese orden de relevancia respecto al número de publicaciones.

En la figura 2, 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

Figura 2. Procedencia de los artículos revisados



Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a autores, se puede decir que 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.

2. DEFINICIÓN DE TRAZABILIDAD

La trazabilidad no es un término trivial y la revisión de la literatura muestra que incluso en las revistas científicas hay una gran confusión e incoherencia [16]; según Dabbene, Gay, & Tortia [4], la definición de trazabilidad ha sido evaluada en artículos desde el 2013, sin llegar a ningún consenso.

De igual forma Kher et al. [17] 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 & Gebresenbet [6], 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, y a menudo son empleados de forma incoherente e intercambiable creando confusiones. Por su parte Dabbene, Gay, & Tortia [4], llega a la misma conclusión de Bosona & Gebresenbet [6], por lo cual define claramente que el seguimiento es la capacidad de seguir la trayectoria descendente de un producto a lo largo de la cadena de suministro, mientras que el rastreo es la capacidad de determinar el origen y las características de un producto concreto.

Por su parte Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll [1] incita 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 en los diferentes sectores y solo cuando fue visto con una necesidad urgente y apremiante de disminuir riesgos y evitar daños a los consumidores, fue cuando investigadores y autores empezaron a generar consensos; por otro lado, la trazabilidad se ha desarrollado en diferentes direcciones y en diferentes

campos científicos, lo cual produjo el desarrollo de conceptos teóricos de acuerdo a las características y variables particulares que maneja cada campo.

Autores como Aung Min & Chang Seok [9], Bosona & Gebresenbet [6], Dabbene, Gay, & Tortia [4], Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll [1], Schwägele [14], Smith, et al. [5] y Olsen & Borit [16], han encontrado que existen diferentes definiciones de trazabilidad y que 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 de la Unión Europea (178-2002) son las más divulgadas; de acuerdo con esto, es necesario generar una definición más amplia que contemple todos los aspectos necesarios para facilitar su implementación; claro está, sin olvidar que existen aspectos que varían dependiendo del sector o producto y tal como lo plantea Golan & Krissoff [7], la definición es inevitablemente amplia por ser una herramienta para lograr una serie de objetivos diferentes.

En la tabla 1, se puede identificar una serie de definiciones de amplia utilización y los principales aspectos a los que hace referencia, con la cual podemos tener un panorama amplio de lo que debe contener la definición estándar de trazabilidad.

Tabla 1. Análisis de definiciones de trazabilidad dadas por diferentes autores

Organización o norma	¿Qué es? Característica principal de la definición	¿De qué?	¿Cómo lo realiza?	¿En qué parte de la cadena se realiza?	¿Cuál es el objetivo?	¿Cuándo?
ISO 8402-1994 [18]	Capacidad para rastrear historia, aplicación o ubicación	Una entidad	Por medio de identificaciones registradas	-	-	-
ISO 9000 - 2000 [18]	Capacidad para rastrear historia, aplicación o ubicación	Una entidad	-	-	-	-
ISO 22005 - 2009 [19]	Capacidad de seguir	un alimento para consumo humano o un alimento para animales		En las etapa(s) especificada(s) de producción, procesamiento y distribución.		

Organización o norma	¿Qué es? Característica principal de la definición	¿De qué?	¿Cómo realiza?	¿En qué parte de la cadena se realiza?	¿Cuál es el objetivo?	¿Cuándo?
Reglamento de la Unión Europea (178/2002) [20]	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 [21]	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) [22]	Capacidad de rastrear	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) [16]	Capacidad de acceder a cualquiera o a toda la información	Relativa a lo que es considerado	Por medio de identificaciones registradas	A lo largo de toda la cadena		
Bosona y Gebresenbet (2013) [6]	Parte de la gestión de la logística que captura, almacena y transmite información adecuada; realizando seguimiento y rastreo	Un alimento, pienso, un animal o una sustancia productora de alimentos	-	En todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos	Para el control de seguridad y calidad	En cualquier momento requerido.
Dabbene, Gay, & Tortia (2014) [4]	Capacidad de garantizar seguimiento y rastreo	los productos en movimiento		a lo largo de la cadena de suministro de alimentos		
Smith, et al. (2005) [5]	Rastreo físico	del producto alimenticio	Desarrollando un registro de información			

Fuente: elaboración propia

Según Aung Min & Chang Seok [9], la definición genérica de trazabilidad se encuentra en las normas ISO y la más completa en Bosona & Gebresenbet [6]; de igual forma, Olsen & Aschan [23] indica que la definición establecida por ISO es la más precisa, ya que es la única que describe cómo se puede lograr, ya

que establece que se hace "*por medio de identificaciones registradas*", es decir que la trazabilidad tanto interna como externa solo puede lograrse si el sistema de trazabilidad tiene claramente definido la unidad de rastreo y esta unidad de rastreo es respetada en los diferentes eslabones de la cadena.

Algo que no podemos pasar por alto es que la trazabilidad no es el producto, ni la información del proceso en sí, sino que es una herramienta que hace que sea posible encontrar esta información de nuevo en una fecha posterior [24].

Por su parte, Olsen & Borit[16] indica que la definición establecida por Reglamento 178 de la UE (178-2002) 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, & Elvevoll[1], nos 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, encontré que varias de esas definiciones comparten características comunes de uso frecuente como: seguimiento, localización, rastreo, entidad; de igual forma encontré que las principales diferencias hacen referencia a la entidad X que se debe trazar.

Para Schwägele[14], la trazabilidad debe cubrir toda la cadena de suministro (producción primaria, la transformación, distribución, comercialización y consumo); 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 cadena de suministro desde el principio hasta el final y el rastreo (tracing) es la capacidad de identificar el origen de un elemento o grupo de elementos, a través de los registros, aguas arriba en la cadena de suministro; lo cual debe estar combinado con métodos de análisis de materiales y sistemas de tecnología de la información.

Por último, luego de realizar el análisis de las definiciones encontradas y de los planteamientos expuestos por los autores sobre las definiciones propuestas, se concluye que la definición de Bosona & Gebresenbet [6] es la más completa y abarca diferentes aspectos; sin embargo, la trazabilidad no solo se limita a capturar, almacenar y transmitir información, sino que debe tener un enfoque donde se incluya su análisis para la toma de decisiones; por ende, se propone la siguiente definición: “Capacidad de rastrear y seguir una unidad trazable previamente identificada, por medio de registros físicos o digitales a lo largo de toda la cadena de suministro para su control y localización en cualquier momento a lo largo del ciclo de vida de dicha unidad, para la toma de decisiones”.

3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD

Las características de un buen sistema de trazabilidad varían de acuerdo al objetivo para el cual se diseña; según Golan & Krissoff [7], Bosona & Gebresenbet [6] y Dabbene, Gay, & Tortia [4] el diseño de un sistema de trazabilidad debe tener en cuenta las siguientes características:

- **Amplitud:** es la cantidad de información o atributos recopilados conectados a una unidad de rastreo. Se debe seleccionar que atributos van a ser recopilados para evitar esfuerzos y gastos innecesarios
- **Profundidad:** se define como la información hacia arriba y hacia abajo que es relevante para que pase entre cada eslabón. La profundidad de un sistema se determina en gran parte por su amplitud, ya que una vez que se ha decidido qué atributos vale la pena seguir, la profundidad del sistema se determina; en otros casos, la profundidad está determinada por la calidad o los puntos de control de seguridad a lo largo de la cadena de suministro.
- **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 o suministrada en la cadena
- **Fiabilidad de la identificación de la unidad de trazado:** identificación clara y precisa de la unidad trazable, dicha unidad trazable es el elemento clave para que se pueda realizar el seguimiento y rastreo de la información asociada a él, si éste no es identificado de forma clara la información no pasará de forma correcta a lo largo de la cadena de abastecimiento.

La medición de estas características nos indica el rendimiento del sistema de trazabilidad [6], debido a que el flujo de información mejora la integración de las

actividades de logística y mejora la gestión de la cadena de suministro. Sin embargo, varios de los costos de la trazabilidad están determinados por dichas características del sistema; por lo cual a mayor amplitud, mayor profundidad, mayor precisión, mayor grado de transformación del producto o mayor dificultad de seguimiento tecnológico, mayor será el costo; por ende estas características deben ser cuidadosamente definidas.

Se debe tener en cuenta que tal como lo indica Golan & Krissoff[7], la amplitud, la profundidad y la precisión variarán en función de los objetivos del sistema, los beneficios y los costos de la empresa; esto se debe a que las empresas recopilan información sobre un atributo y hacen seguimiento de su flujo a través de la cadena de suministro sólo si los beneficios netos son positivos.

Por último, el mantenimiento de registros es un aspecto esencial de la trazabilidad y esto implica un costo; por ende, los datos vinculados al sistema de trazabilidad tienen que ser precisos, recogidos y almacenados de forma rápida y al menor coste posible[14]; además, como lo resalta Rodríguez-Ramírez, González-Córdova, & Vallejo-Córdova[25], se debe contar con métodos fiables para la identificación y autenticación de la unidad que estamos trazando, lo cual permitirá contar con información rápida e inequívoca.

De acuerdo con lo anterior, además de las características mencionadas, el sistema debe tener las siguientes propiedades[16]:

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

3.1 UNIDAD DE RECURSO TRAZABLE (TRU)

Kim, Fox, & Gruninger [26] al desarrollar su modelo de trazabilidad, incorporaron el término *unidad de recursos trazable (TRU)* como una entidad identificada de forma única para ser rastreada; dicha definición es actualmente utilizada para establecer “el que” vamos a trazar a lo largo de la cadena de abastecimiento

Posteriormente Moe [22] 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 producto que se han producido, procesado y / o envasado en circunstancias similares”; dicha definición sigue siendo utilizada y es ratificada por autores como Dabbene, Gay, & Tortia [4] y Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll [1].

De acuerdo con Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll [24] y Aung Min & Chang Seok [9], para la trazabilidad se identifican 3 tipos de TRU:

- ✓ Lote: se define como una cantidad que ha pasado a través de los mismos procesos en un periodo de tiempo.
- ✓ Unidad logística: es un tipo de unidad de comercio, y se designa a la agrupación que una empresa crea antes de su transporte o almacenamiento (por ejemplo, pallets, contenedores, etc.) para poder identificarla y gestionarla a través de la cadena de abastecimiento
- ✓ Unidad comercial: es una unidad que se envía de una empresa a otra en la cadena de suministro (por ejemplo, una caja, una botella o un paquete de botellas).

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. Por ello, es determinante definir claramente el

TRU que se va a utilizar, sin dejar a un lado lo expuesto por Banterle & Stranieri [27], quien indica que las grandes unidades de análisis dan lugar a una mala precisión, por ende el sistema de trazabilidad puede fallar. Varios ejemplos de TRU pueden encontrarse en el artículo de Dabbene, Gay, & Tortia [4] quien realiza un resumen de diseños de modelización y optimización de sistemas de trazabilidad para varios productos.

Las 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; 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.

3.2 ESQUEMAS DE TRAZABILIDAD

De acuerdo con las definiciones vistas en secciones anteriores, la trazabilidad encierra conceptos de seguimiento y rastreo en todas las etapas de la cadena de suministro; con esto presente, Moe [22] propone la existencia de tres tipos de trazabilidad, las cuales dependen del punto donde se encuentre el TRU en la cadena de suministro, las cuales son: Trazabilidad de rastreo a los proveedores, Trazabilidad interna o de proceso y Trazabilidad de seguimiento hacia los clientes.

Por su parte Bellon-Maurel, Corto, Roux, Schul, & Peters [28] dividen la trazabilidad en: interna y externa; la trazabilidad externa hace referencia a lo que ocurre a lo largo de la cadena de suministro o parte de la misma y la trazabilidad interna es la que ocurre cuando el TRU está dentro de la instalación de una compañía.

Teniendo en cuenta ambas clasificaciones, se plantea el siguiente esquema:

- Trazabilidad interna
- Trazabilidad externa

- Trazabilidad de rastreo a los proveedores
- Trazabilidad de seguimiento hacia los clientes

Según Folinas, Manikas, & Manos [29], los esquemas de trazabilidad tanto interna como externa pueden ser de tipo logístico o cualitativo; el logístico sigue sólo el movimiento físico del producto y el cualitativo asocia información relativa a la calidad del producto y la seguridad del consumidor (técnicas de pre-cosecha y post-cosecha, condiciones de almacenamiento y distribución, etc.); sin embargo, es necesario una mezcla equilibrada de los dos esquemas, para contar con un sistema de trazabilidad útil para todos los eslabones de la cadena.

Por otro lado, dependiendo del tipo de información que se desee recolectar y almacenar, la trazabilidad se puede sub-clasificar en: trazabilidad de producto, de proceso, genética, de entrada, de enfermedades y plagas o de mediciones emergentes; estas tipologías fueron establecidas por Opara [8] para describir los elementos necesarios o tipos de información que permite contar con un sistema de trazabilidad integral para las cadenas agroalimentarias. Es de resaltar que la trazabilidad es una, pero depende de la información que se quiere asociar al TRU, ya sea por requerimientos de los stakeholders o acuerdos entre actores, por lo cual un sistema puede tener uno o varios de los enfoques mencionados.

Por último, se debe tener en cuenta que una definición adecuada del diseño de trazabilidad depende de factores como: la estructura de la cadena de abastecimiento, la relación entre socios o eslabones, la capacidad (humano o tecnológico) de la gestión de las transacciones y los procesos de calidad y producción; sin embargo, es clave no olvidar que las características y propiedades de la trazabilidad aplican para cualquier cadena o sector; esta afirmación es apoyada por el estudio de Jansen-Vullers, Van Dorp, & Beulens A. [30], lo cual ratifica la importancia de generar un marco teórico común.

4. QUE MOTIVA A LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRAZABILIDAD

4.1 OBJETIVOS DE CONTAR CON UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD

Todos los sistemas de trazabilidad se implementan para cumplir con una serie de objetivos empresariales o gubernamentales; en esta sección se mencionaran algunos de los más comunes.

Para Bosona & Gebresenbet [6], 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 por ultimo generar beneficios económicos, tecnológicos y científicos. Por su parte Aung Min & Chang Seok [9] y Golan & Krissoff [7] 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.

Asociados a estos objetivos se espera beneficios que se traduzcan en ingresos para la empresa o seguridad para la sociedad en el caso del gobierno. Por ejemplo, para lograr mejorar la gestión de la oferta, el sistema de trazabilidad recopila y proporciona información sobre cada producto desde la producción hasta la entrega en el punto de venta, permitiendo así obtener beneficios al controlar los sistemas de inventarios. Para el segundo objetivo, un sistema de trazabilidad puede ayudar a determinar el origen y el alcance de un fallo de calidad o un problema de seguridad, por ende, al disminuir el tiempo en detección y solución del problema, se minimiza la posibilidad de entregar productos defectuosos que generen mala publicidad o altos costos por recuperación o sanciones. Para el tercer objetivo, a través de sistemas de trazabilidad se pueden hacer visibles atributos de calidad, textura, contenido nutricional, técnicas de cultivo, origen, propiedades físicas, comercio justo, atributos de buena fe que los consumidores aprecien y por ende asuman una posición de preferencia.

Otros objetivos que destacan diferentes autores son: contar con una fuente de ventajas competitivas [31]; facilitar la recuperación rápida y eficaz de productos, así como determinar y liquidar los pasivos [8]; comunicar información de trazabilidad a los consumidores y otras partes interesadas [6]; lograr una agricultura precisa, basada en datos útiles que orienten una agricultura inteligente [32] 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 costes 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 [5]; 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 cadena de suministro [7]. Pero se debe tener en cuenta que existen programas de trazabilidad diseñados para abarcar algunos, la mayoría, o la totalidad del ciclo de vida [33], por ende se debe tener claro cuál es el más eficiente para los objetivos que se quieren alcanzar para la cadena de suministro que se está estudiando.

Con respecto a la cadena de suministro de alimentos, 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 la trazabilidad puede garantizar la seguridad y procedencia de los alimentos; es por ello que se ha convertido en un reto importante en la cadena de suministro y en un objetivo de naciones y organizaciones a nivel mundial. La importancia a nivel social radica en la necesidad de mantener la salud pública y evitar enfermedades en los individuos; a nivel económico para evitar aumentos en los importes a los sistemas de salud y reducción de la productividad; por último, a nivel ambiental, para disminuir la carga de uso de energía, recursos y emisión

de gases de efecto invernadero de la cadena de suministro por la producción, consumo y transporte.

Un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro es una estrategia que favorece a todos los actores involucrados ya que sus múltiples beneficios permiten contar con información precisa para establecer acciones de planificación, prevención y corrección

Kher et al. [17]realizo un estudio con 38 expertos y concluyo que los beneficios de la implementación de sistemas de trazabilidad superan cualquier costo o trabajo adicional que se tenga; además, señala que diferentes autores mencionan que dependiendo del objetivo para el cual se crea la trazabilidad, se pueden tener beneficios como: aumento de la satisfacción del cliente, mejora en la gestión de las crisis alimentarias (como método preventivo y correctivo), mejora en la gestión de la cadena de suministro, el desarrollo de competencias (competitividad para las empresas, acceso a mercados, protección marca, aumento productividad), la contribución tecnológica y científica (disponibilidad de datos de estudio e identificación de factores de estudio en tecnologías) y su contribución a la sostenibilidad agrícola (procedencia de fincas).

Según Moe [22], los beneficios se asocian de acuerdo al tipo de trazabilidad, así:

- Para la trazabilidad interna: una mejor planificación para optimizar el uso de los recursos, control de proceso, correlación de datos de productos con datos sobre las características y procesos, indicadores causa - efecto para satisfacer las normas de productos, evitar la mezcla de materiales de alta y de baja calidad, facilidad de recuperación de la información en las auditorías de gestión de la calidad, mejores bases en la implementación de soluciones de tecnología de la información en los sistemas de control y gestión.
- Para la trazabilidad externa o de la cadena: la satisfacción de los requisitos legales, la posibilidad de comercializar las características especiales de las materias primas o de productos, mejores incentivos para el

mantenimiento de la calidad intrínseca de las materias primas, procedimientos de recuperación eficientes y mejor calidad y control de procesos.

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 economía más estable y una sociedad sana; además, la trazabilidad y el intercambio de información permite desalentar el oportunismo de personas que buscan realizar fraude y adulteración [34].

Es conocido que muchos países cuentan con estrictas normas que deben ser cumplidas implementando sistemas de trazabilidad, por lo cual algunas organizaciones implementan el sistema únicamente en busca del cumplimiento de estas obligaciones; sin embargo, es necesario que estas organizaciones realicen una mirada más allá del estricto cumplimiento de las normas, de esta forma podrán identificar los beneficios que ofrece para la toma de decisiones tanto operativas como estratégicas contar con la información que ofrece el sistema de trazabilidad. Un ejemplo sencillo es el planteado por Saltini, Akkerman, & Frosch [35], quien indica que contar con un sistema de trazabilidad que permita el intercambio de datos entre la cadena de abastecimiento, permitirá que nodos posteriores cuenten con información respecto a técnicas de cultivo y siembra, las cuales pueden potenciar los procesos de elaboración de los productos finales.

Algo muy importante y que no se debe pasar por alto, es que los sistemas de trazabilidad promueven la investigación en la cadena de suministro y alientan significativamente los esfuerzos para desarrollar tecnologías más avanzadas [6].

4.2 PRINCIPALES CONDUCTORES MOTIVACIONALES DE LA TRAZABILIDAD

La trazabilidad no sólo puede considerarse como forma de cumplir con la legislación, sino que tiene que ser vista con un interés propio en términos de responsabilidad del producto y así encontrar formas viables de aplicar la normativa [14].

Bellon-Maurel, Corto, Roux, Schul, & Peters [28] hace una clasificación en dos grupos de conductores de la trazabilidad: el primer grupo corresponde a los motivadores obligatorios (legislación), los cuales causan la implementación de la trazabilidad como una medida impuesta por la ley; al segundo grupo pertenecen los motivadores voluntarios, los cuales propician acciones proactivas de las organizaciones para cumplir con requisitos de los stakeholders (otras empresas de la cadena; necesidad de etiquetas de calidad, como el "Eurep GAP", "Agricultura Orgánica", "Denominación de Origen Protegida", etc.), ganancias económicas por la gestión o simplemente para obtener subsidios.

En la tabla 2 se identifican los principales conductores motivacionales mencionados por autores como Golan & Krissoff [7], Aung Min & Chang Seok [9], Dabbene, Gay, & Tortia [4], Bosona & Gebresenbet [6] y Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll [1], en sus estudios; sin embargo, es evidente que hay conductores que se afectan mutuamente, tal como lo plantea Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll[1].

Tabla 2. Identificación de los principales conductores motivacionales de la trazabilidad

Conductor	Autor que menciona el conductor				
	Aung Min & Chang Seok (2014)[9]	Dabbene, Gay, & Tortia (2014)[4]	Bosona & Gebresenbet (2013) [6]	Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll (2013) [1]	Golan & Krissoff (2014) [7]
Legislación	X	X	X	X	
Seguridad, alarmas alimentarias por contaminación del producto (por elementos del proceso, enfermedades de animales, bioterrorismo, etc.), 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 cadena de suministro (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, e identificación de productos genéticamente modificados, valores añadidos que demuestran el valor del producto)			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	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se identifica que la legislación y la seguridad alimentaria son los principales conductores de la trazabilidad; además, 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 y falsificaciones que pongan en riesgo la salud pública o afecten la economía. A pesar que la legislación es uno de los principales motivadores para implementar la trazabilidad, Golan & Krissoff [7] indica que los sistemas de trazabilidad como los de Estados Unidos tienden a estar motivados por incentivos económicos y no por la legislación, ya que los beneficios de la trazabilidad se traducen en grandes ingresos netos para las compañías; esto lo ratifica motivadores mostrados en la tabla 2 como: querer tener ventajas competitivas, entrar o permanecer al comercio globalizado, reducción de costos y optimización de producción.

En la revisión realizada por Bosona & Gebresenbet [6], se puede encontrar que existen diversos conductores para la implementación de sistemas de trazabilidad y propone agruparlos en 5 categorías principales: Regulación, Seguridad y calidad, Preocupación social, Preocupación económica, Preocupación tecnológica.

Otros autores que realizan revisión de literatura de la trazabilidad y que resultan conductores de la misma son: Rodríguez-Ramírez, González-Córdova, & Vallejo-Córdova, [25], quien indica que los principales conductores de trazabilidad de alimentos son la seguridad alimentaria o gestión de riesgos y de autenticación para evitar fraudes en el etiquetado y certificar el origen de los productos en el mercado; Agrimonti, Vietina, Pafundo, & Marmiroli [36], introduce 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. [2] incluye temas de enfermedades animales, seguridad de los alimentos, disputas sobre la propiedad y adulteraciones.

5. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL Y COLOMBIANA

5.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

Las legislaciones se identifican como importantes fuerzas motrices de la trazabilidad [6], ya que con los brotes sanitarios (EEB, *Escherichia coli* cepa O157: H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dioxinas, etc.), los países desarrollaron e implementaron requisitos legales en materia de trazabilidad y las autoridades de control definieron métodos para vigilar los productos alimenticios inseguros que deben ser eliminados rápidamente del mercado [4].

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 graves problemáticas: la primera, que muchas compañías pueden aplicar sistemas de trazabilidad únicamente para cumplir con cuestiones reglamentarias y mantenerse en el mercado [6]; la segunda, surge cuando el Gobierno al reglamentar la trazabilidad genera ineficiencias en los sistemas de trazabilidad privados, al imponer un sistema centralizado poco flexible que obligue a las empresas proactivas a realizar ajustes en sus sistemas o crear sistemas paralelos para responder a las exigencias del gobierno [7].

La legislación es un conductor para inducir a realizar o no determinadas acciones y que tiene como fin proteger o incentivar conductas en una sociedad; por lo cual las acciones que la norma pretende implementar, con el tiempo son adaptadas por las diferentes partes (compradores, vendedores, empresas, proveedores, organizaciones interesadas, etc.) y dejan de ser un mecanismo de presión normativo, debido a que se genera una sociedad consciente que exige su cumplimiento. En la tabla 2 podemos ver que autores como Bosona & Gebresenbet [6] y Golan & Krissoff [7], identifican preocupaciones sociales, lo

cual muestra que en algunos países la sociedad es la que ejerce presión sobre las empresas y la legislación pasa a segundo plano.

De igual forma, Golan & Krissoff [7] indica que los gobiernos para implementar legislaciones sobre trazabilidad deben hacer las siguientes preguntas: ¿el sector privado proporciona suficiente trazabilidad para cumplir los objetivos sociales?, si la respuesta es no, ¿qué herramientas de política sería la mejor para dirigir a aumentar la oferta de trazabilidad?, si por el contrario la respuesta es sí, debe dejar fluir los sistemas propios de trazabilidad y vigilar que cumplan con los requerimientos para mantener a salvo a la comunidad

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 como: retiro de productos en lapsos de tiempo determinados y multas o cierres de plantas por distribución de alimentos no seguros; ya que cuando el costo de la distribución de alimentos no seguros sube, también lo hacen los beneficios de los sistemas de trazabilidad y así las empresas se verán alentadas a su implementación; sin embargo, algo que se debe tener en cuenta es que las empresas deben ser libres de implementar los procesos de localización y eliminación de los productos inseguros, ya que así cada compañía de acuerdo a sus capacidades y herramientas podrá generar procesos eficientes.

Por otro lado, como vimos en apartados anteriores, un sistema de trazabilidad debe abarcar trazabilidad interna y externa; sin embargo, la trazabilidad externa obligatoria es la piedra angular de varios reglamentos [28], uno de ellos es el reglamento 178 de 2002 de la UE, el cual según Lavelli [32] no exige trazabilidad dentro de la organización; caso contrario ocurre con el reglamento 1760 de 2002 de la UE sobre la carne vacuna, el cual exige una trazabilidad interna; de acuerdo con ello, cada país debe determinar qué tipo de trazabilidad exigirá o si exigirá ambas para los diferentes sectores, partiendo de este hecho podrá proyectar sus modelos normativos.

Es de resaltar que de acuerdo con Aung Min & Chang Seok [9], los principales actores con esfuerzos legislativos para exigir la trazabilidad de los alimentos son la Unión Europea y Estados Unidos. Para el caso de Europa, antes de 2005 los sistemas de trazabilidad de los alimentos se basaba en la necesidad de los clientes, pero desde el 1 de enero de 2005, estas empresas están legalmente obligadas; de acuerdo con Dabbene, Gay, & Tortia [4], el marco Europeo de trazabilidad se regula en tres niveles: las políticas de la Comisión Europea, las políticas a nivel nacional y las normas de certificación voluntaria privada; en el caso de los métodos de trazabilidad voluntarias en el sector de la alimentación están certificados por empresas privadas que normalmente tienen que cumplir con normas legales; además, la legislación alimentaria europea cubre toda la cadena de suministro, con el fin de ser capaz de rastrear los productos y obtener información relacionada a cada uno de ellos [14]. Sin embargo, la legislación general no establece ningún método o técnica específica que los operadores alimentarios tengan que seguir, por lo tanto el requisito de trazabilidad se limita a garantizar que las empresas sean al menos capaces de identificar al proveedor del producto y el destinatario posterior, es decir una trazabilidad de un paso hacia atrás, un paso a delante [4].

En Estados Unidos, la trazabilidad nació con iniciativas privadas de carácter voluntario; sin embargo, debido a las amenazas de bioterrorismo se firmó en el 2002 la ley contra el bioterrorismo, la cual apoya la implementación de la trazabilidad como un mecanismo obligatorio y en el 2011 se fortaleció con la ley de modernización de seguridad alimentaria. De acuerdo con Bosona & Gebresenbet [6] debido a que la reglamentación de trazabilidad es de reciente obligatoriedad, Estados Unidos está en riesgo de perder su cuota de mercado global; esto sirve como ejemplo y alerta a países como Colombia, donde los sistemas de trazabilidad son insipientes, lo que pronostica un mercado cada vez más restringido a nivel mundial.

De acuerdo con la revisión de Smith, et al. [5], 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 productos alimenticios importados el rastreo al origen. Además, los gobiernos para proteger la salud y el bienestar de sus ciudadanos imponen el uso de barreras no arancelarias al comercio, como por ejemplo "prohibición al uso de hormonas" en el ganado de carne que impone la Unión Europea; o la utilización de rangos de edad mínimos antes del sacrificio del ganado que impone Canadá y México.

Por otro lado, se tiene normas de influencia mundial que no son de carácter obligatorio, pero debido a su alcance sirve como guía para la implementación de sistemas de trazabilidad que generen beneficios, a la vez que permitan el cumplimiento de los requisitos legales tanto del país natal, como de países potenciales para exportación.

En la tabla 3 se realiza un esquema de las principales normativas sobre trazabilidad a nivel mundial

Tabla 3. Principales normativas o legislación sobre trazabilidad en diferentes países.

País	Legislación	Entrada en vigor	Descripción general
Unión Europea	Ley general de alimentos UE 178/2002	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 claramente que el detalle de la trazabilidad ha de extenderse también a cada ingrediente de la comida
Estados Unidos	Ley de Bioterrorismo de 2002	Junio de 2002	Establece que la persona que fabrica, procesa, empaca, transporta, distribuye, recibe, posee o importa alimentos a Estados Unidos, tiene la responsabilidad de establecer y mantener registros. FDA es la encargada de inspeccionar los registros si hay una sospecha razonable
Estados Unidos	Ley de Modernización de Seguridad Alimentaria de la FDA (FSMA)	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 en la gente. Considera el sistema alimentario en su totalidad y

			<p>por tanto el concepto de responsabilidad de todos sus participantes de la cadena de suministro</p> <p>La FDA puede verificar y bloquear los alimentos de establecimientos o países que se nieguen a permitir inspección.</p> <p>Busca garantizar la seguridad de oferta de alimentos importados y nacionales, centrándose en la prevención de la contaminación.</p>
Influencia mundial	Familias ISO 9000-22000	ISO 9001 (2005) 22000:2005	<p>ISO es el mayor desarrollador mundial de las Normas Internacionales voluntarias.</p> <p>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</p>
Influencia mundial	Codex alimentario CAC	2003	<p>Armoniza normas alimentarias internacionales, directrices y códigos de práctica para proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio alimentario.</p> <p>La Comisión también promueve la coordinación de todos los trabajos sobre normas alimentarias emprendidos por las organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales.</p>
Normas comerciales	GS1(GS1 Estados Unidos, 2013), GAP (GlobalGAP, 2013) Guías de buenas prácticas para la rastreabilidad (British Retail Consortium, 2013)	GS1-2009	<p>El estándar global de trazabilidad GS1 es una norma voluntaria de procesos de negocio que describe el proceso de trazabilidad independientemente de la elección de las tecnologías de apoyo.</p> <p>Facilita el intercambio de datos de trazabilidad y adopta estándares de identificación de productos con fines comerciales</p> <p>GS1 cuenta con organizaciones miembros en más de 150 países a nivel mundial</p>

Fuente: Elaboración propia

5.2 LEGISLACIÓN COLOMBIANA

Por otra parte, para el caso de Colombia, se ha evidenciado que la reglamentación en torno a la trazabilidad se ha generado ligada al sector agroindustrial de animales y sus sub-productos de consumo humano, tal como se puede identificar en la tabla 4.

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 deroga cerca del 70% la ley 914 de 2004.

Tabla 4. Principales normativas sobre trazabilidad En Colombia

Normatividad	Año	Objetivos principales
Ley 914 de 2004	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	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 protegerla 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	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 primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación. Pretende implementar un sistema de trazabilidad con propósitos sanitarios y de inocuidad
Resolución 242 de 2007	2007	Establece los procesos y procedimientos destinados al desarrollo e implementación del Sistema Nacional de Identificación e información del ganado Bovino- SINIGAN
Resolución 377 de 2009	2009	Establece estándares de identificación para el SINIGAN
Resolución 378 de 2009	2009	Incorporación de nuevos procesos para la operación del SINIAN
Ley 1695 de 2013	2013	Establece crear el Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal. Crea la Comisión Nacional del Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal Establece que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), será el responsable del cumplimiento de dicha ley 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.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en Colombia se cuenta con la ley 1122 de 2007, la cual aunque no establece de forma textual la trazabilidad, establece 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 se debe hacer mediante una tecnología de señalización, con el objetivo de evitar la falsificación, adulteración, vencimiento y contrabando; para la implementación de dicha ley[37] en 2013 realizó un piloto de trazabilidad de medicamentos en 7 ciudades con 16 laboratorios utilizando tecnología datamatrix, cuyos resultados están es estudio.

Es claro que el nivel de implementación y reglamentación de la trazabilidad varía en cada país; sin embargo, los países menos desarrollados suelen tener normas de inocuidad de alimentos menos severos; lo que implica menos oportunidades de acceso a mercados desarrollados y grandes esfuerzos para organizaciones que intenten implementar prácticas de trazabilidad ya que los eslabones de la cadena no cuentan con medios para implementarla o no quieren hacerlo; además, si sumamos a esto, la falta de estudios previos para la implementación de sistemas de trazabilidad acordes a las características sociales, culturales y tecnológicas de cada uno, la brecha entre los diferentes países será cada vez más grande. Esto se ve claramente reflejado en Colombia, donde el índice de desempeño logístico y los problemas de salud pública que han venido surgiendo a causa de enfermedades originadas por alimentos, así como la propagación de enfermedades en animales de consumo humano muestra cifras preocupantes.

Es claro que en los últimos años las autoridades Colombianas están emitiendo legislaciones como conductores para la implementación de la 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 para ello, se necesita inversión en capacitación para los diferentes actores de la cadena de abastecimiento, tecnologías y sensibilización de los consumidores.

Con la ley 1659 de 2013 se pretende crear el sistema nacional de identificación, información y trazabilidad animal, cuyo principal objetivo es el establecimiento del sistema de identificación, información y trazabilidad de especies animales de la cadena productiva primaria por medio de la creación de una base de datos nacional y cuyo responsable es del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Como ya se mencionó, esta ley está derogando cerca del 70% de la ley 914 de 2004 que tenía la misma finalidad, lo que demuestra que en el 2004 cuando el gobierno realizó la proyección de la ley existieron deficiencias que no les permitieron avanzar sustancialmente en la aplicación de la misma y por ello realizó las modificaciones. Esta normatividad nació para contrarrestar potenciales enfermedades en los animales como la aftosa y evitar potenciales crisis de salud pública en los consumidores además está acompañada de una serie de decretos y resoluciones que establecen requisitos para procesos en diferentes eslabones de la cadena productiva del ganado y la leche, como lo es: transporte, procesamiento y distribución que fueron emitidos por el ministerio de agricultura y desarrollo rural, el instituto colombiano agropecuario y el ministerio de transporte. También encontramos el CONPES 3375 y 3376 de 2005 para las cadenas de carne y leche.

Por su parte, con la ley 1122 de 2007, le corresponde al INVIMA garantizar la identificación de los medicamentos en cualquier parte de la cadena de distribución, desde la producción hasta el consumidor final, mediante una tecnología de señalización, que tiene como objetivo evitar la falsificación, adulteración vencimiento y contrabando de medicamentos. Desde la entrada en vigencia de esta ley el INVIMA y organizaciones como GS1 Colombia realizaron un piloto tendiente a garantizar la trazabilidad de medicamentos.

Esta serie de legislaciones hace evidente que el gobierno ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar en el país sistemas de trazabilidad; para lo cual tanto las empresas, como las organizaciones y 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.

5.3 ENTIDADES QUE DEBATEN TEMAS DE TRAZABILIDAD

Las principales organizaciones que debaten sobre temas de trazabilidad y que juegan un papel importante en el desarrollo de normas y directrices internacionales son:

- ✓ Comisión del Codex Alimentarius CAC: establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO y la Organización Mundial de la Salud OMS en el año 1963, que promueve la coordinación de todos trabajos sobre normas alimentarias internacionales. En el 2006 definió la trazabilidad en el sector alimentario como " la capacidad para seguir el desplazamiento de un alimento a través de etapas especificadas de la producción, transformación y distribución
- ✓ Organización Internacional de Normalización (ISO): ISO es el mayor desarrollador mundial de las Normas Internacionales voluntarias.
- ✓ FDA: Food and Drug Administration, es la agencia federal Estadounidense encarada del control de alimentos y medicinas, la cual forma parte del departamento de salud y servicios humanos de Estados Unidos.
- ✓ En la Unión Europea la Ley General 178 (2002) en el art. 33, estableció la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) para notificaciones de alerta alimentaria de los Estados miembros.
- ✓ La Iniciativa Global de Seguridad Alimentaria (GFSI), comenzó en mayo de 2000 realiza un esfuerzo internacional para mejorar continuamente los sistemas de gestión de seguridad alimentaria para aumentar la confianza de los consumidores en el suministro de alimentos seguros en todo el mundo. Proporciona una plataforma para la colaboración entre algunos de los expertos en seguridad de alimentos más importantes del mundo.

✓ GS1 ofrece servicios de identificación, captura e intercambio de información; los números de identificación GS1 se utilizan para distinguir de manera única todos los productos, artículos comerciales, unidades logísticas, ubicaciones, activos y las relaciones en la cadena de suministro, desde el fabricante hasta el consumidor.

6. PROBLEMAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRAZABILIDAD

De acuerdo con Bosona & Gebresenbet [6], los principales problemas para la implementación de un sistema de trazabilidad se pueden clasificar en cinco grupos: Limitación de recursos, La limitación de la información (falta de información completa, precisa, oportuna y de fácil acceso, además de la incertidumbre asociada a productos frescos), Estandarización (estandarización de sistemas de trazabilidad, uniformidad de datos, integración de eslabones, protección datos), Limitación de la capacidad (técnica y de personal capacitado), resistencia de los actores de la cadena (resistencia inicial, falta de voluntad y falta de claridad de los beneficios)

Por su parte Crandall, et al.[2] indica que los principales obstáculos para la trazabilidad de la cadena son:

- La falta de integración vertical, costos de implementación y mantenimiento (Gran parte de la investigación publicada indica que es muy probable que sólo hay una contraprestación económica mínima a los agricultores y ganaderos, los cuales son los que incurren en la mayor parte de los costos de la implementación de una identificación individual de animales para toda la trazabilidad de la cadena),
- Aumento de responsabilidad (aumento de la responsabilidad contractual por los daños, pero también puede ser incentivo para quienes implementan sistemas seguros),
- Complejidad logística y formación de empleados.

Dicha clasificación puede ser incluido sin ninguna dificultad dentro de la clasificación sugerida por Bosona & Gebresenbet [6].

Se debe tener en cuenta que los costos asociados a la organización de sistemas de trazabilidad son vistos como barreras por los actores de la cadena

de suministro, especialmente para los pequeños productores de los países menos desarrollados; sin embargo, los beneficios obtenidos de la trazabilidad superan con creces su costo [9]; es por ello que es necesario que la trazabilidad sea vista como una inversión y que los costos y beneficios tengan una distribución justa y equitativa.

Otro problema que enfrenta los países en desarrollo son la mala regulación, el uso de productos químicos y contaminantes, y una pronunciada curva de aprendizaje en la capacidad de trazabilidad, lo cual restringe a los cultivadores y procesadores. Además, los sistemas de trazabilidad son críticamente dependientes de la grabación de la información; por lo cual se necesitan mecanismos robustos para facilitar su recogida y autenticación, para que pueda ser actualizada y compartida a través de la cadena [9]; 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.

Cuando se habla de limitación de información, la problemática más relevantes es la asimetría de información, lo que implica que los sistemas de trazabilidad deben regirse por la confianza, la transparencia y la confidencialidad en el intercambio de información; debido a que la asimetría tienen el potencial de frenar la oferta de la trazabilidad en las empresas.

En las redes de la cadena de suministro, la transparencia entre los actores es importante para el intercambio de datos, debe existir una transparencia en el paso de información de un eslabón a otro; sin embargo, cada organización debe determinar qué información es confidencial y no debe ser transferida y que información ligada al objetivo que se está buscando es necesaria transferir (seguridad alimentaria, falsificación de producto, origen, afectación de calidad por almacenamiento o distribución)

Según Bosona & Gebresenbet [6], autores como Bertolini et al. (2006) , Donnelly, Karlsen y Dreyer (2012) y Hu, Zhang, Moga y Neculita

(2013) argumentaron que abordar tanto la trazabilidad interna como externa con conexiones claras de datos, permiten lograr actividades más rápidas y precisas de rastreo; por lo cual es necesario que a nivel de cadena de suministro se realice una clasificación sobre la información relevante que debe ser transmitida, de esta manera evitar asimetrías de información, exceso de información u omisión de la misma que sea relevante para algún actor de la cadena, en especial que pueda afectar la calidad o seguridad del consumidor (como transgénicos u procedencia donde pueda existir algún contaminante, o insumo no deseado).

Con respecto a la estandarización, la falta de la misma crea problemas de compatibilidad entre las diferentes soluciones introducidas por los actores en la cadena de suministro; sin embargo, realizar un proceso de normalización es costosa; por ello, los países en desarrollo donde se inicia el proceso de implementación de sistemas de trazabilidad, en especial en la agricultura, puede aprovechar este atraso como una ventaja para iniciar con estándares definidos, datos estructurados, vocabularios y niveles de intercambio de información que permitan alcanzar de forma rápida a países que llevan años implementando sistemas de trazabilidad con diferentes estándares a lo largo de los sectores y las cadenas de abastecimiento y para los cuales es más costoso y lento el proceso de transferencia de diversos sistemas a uno común.

Por su parte, cuando se hace referencia a la limitación de la capacidad se puede acotar lo mencionado por Liao, Chang, & Chang [38], quien señala 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 de la adopción de la agricultura de precisión es relativamente lento. También la falta de apoyo a la

investigación, el alto costo del capital humano y la falta de apoyo y consultoría son algunas de las principales limitaciones fundamentales para la adopción de la agricultura de precisión [39].

6.1 QUE TENER EN CUENTA PARA LOGRAR LA TRAZABILIDAD

La trazabilidad se puede lograr si se basa en estándares globales que permitan la interoperabilidad entre los sistemas en toda la cadena de suministro [9]; además, un sistema de trazabilidad para ser realmente eficaz debe ser concebido y aplicado en todos los niveles de la cadena de suministro, que significa ir más allá del principio básico "un paso atrás y un paso adelante" que se adopta para cumplir las reglamentaciones[4], lo anterior debe ser ampliamente considerado ya que los riesgos para la seguridad pueden ocurrir en cualquier punto de la cadena o en varios de ellos y la responsabilidad es compartida a lo largo de la cadena de suministro y debe ser fácilmente identificable.

El sistema de trazabilidad utilizado y su soporte tecnológico son esenciales para el manejo de información a lo largo de la cadena de abastecimiento, pero debemos tener presente que el sistema no es el que produce calidad, ni determina responsabilidades ya que como lo indica Aung Min & Chang Seok [9] solo es una herramienta de gestión que proporciona información y los encargados de evaluar el desempeño, encontrar puntos de control, aplicar mejoras y aceptar o no la calidad del producto son las organizaciones en cada eslabón de la cadena de abastecimiento.

De igual forma, de acuerdo con Golan & Krissoff [7] los sistemas de trazabilidad deben estar unidos a sistemas de información, ya que por sí solos no pueden cumplir los objetivos esperados; por ejemplo el sistema de trazabilidad permite saber si el producto está en la cadena de suministro, pero no mejora la gestión de la oferta a menos que este enlazado con un sistema de entrega en tiempo real o algún otro sistema de control de inventario. El

seguimiento de los alimentos no mejora la seguridad del producto a menos que esté vinculado a un sistema de control de seguridad; los sistemas de trazabilidad no crean atributos de buena fe, simplemente permiten verificar su existencia; es decir, las empresas deben utilizar los sistemas de trazabilidad junto con una gran cantidad de otros de sistemas de gestión, marketing y herramientas de control de la seguridad/calidad y lo más importante con personas que analicen dicha información. Se debe tener en cuenta que la interacción entre los diferentes sistemas permite generar equilibrios entre costos y beneficios.

La trazabilidad es una tarea compleja y depende de la responsabilidad y compromiso de los diferentes actores de la cadena; además, debe ser capaz de abordar trazabilidad interna y externa, de suministrar información de seguimiento y rastreo relacionada a la unidad trazable y ser fácil de operar, implementar y generar beneficios.

De acuerdo a los objetivos que se planteen para los sistemas de trazabilidad, es necesario determinar si es de un paso o de flujo continuo, según Folinas, Manikas, & Manos [29] los dos tipos se definen así:

- ✓ Modelo de flujo de un paso adelante – un paso hacia atrás: En este caso hay filtración de la información, se mantiene cierta información en cada etapa mientras que otra sigue el producto a medida que se mueve a la siguiente etapa de la cadena de suministro; este modelo es flexible y fácil de usar y es sugerido en algunas leyes como el Reglamento CE 178/2002.
- ✓ Modelo de flujo de información continuo: no hay ninguna filtración de información; la información sigue el producto hasta el final de la cadena de suministro; este modelo es ampliamente utilizado para la trazabilidad de los productos orgánicos, el pescado fresco, la carne y la identificación de los productos libres de OMG; además, permite identificar claramente que ha pasado con la unidad trazable en todas las etapas.

Determinar cuál de los dos modelos es más eficiente o funcional para la cadena es determinante, ya que las percepciones de los expertos hacia la trazabilidad no están necesariamente en línea con las de los consumidores [6], además las disposiciones culturales y sociales de los consumidores pueden aceptar el tipo y la profundidad de la información que para ellos es más valiosa, por lo cual es de suma importancia conocer las expectativas y necesidades de los stakeholders.

La trazabilidad contribuye a mejorar la confianza de los consumidores; sin embargo, debe tenerse en cuenta que pueden existir diferencias transnacionales y culturales que determinan cual es la prioridad de objetivos; por ejemplo: Van, Frewer, Menozzi, & Faioli [40] indica 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 es la calidad de los alimentos; para el caso de Estados Unidos, actualmente existe preocupación por el impacto de las radiaciones electromagnéticas y el uso de tecnologías RFID utilizados para la trazabilidad.

Un factor importante que se debe tener en cuenta al implementar sistemas de trazabilidad, es que los beneficios que ofrece deben ser distribuidos a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, 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 podrán ser implementados y ocurrirá lo mismo que describe Crandall, et al. [2] en Estados Unidos con el sistema de trazabilidad de enfermedades de animales.

Otro aspecto importante que no se debe descuidar es que las empresas deben tener programas de gestión de crisis donde definan acciones a tomar en caso de un retiro del producto, en las cuales se incluyan procedimientos y simulacros de retiro; Según Chilton [41], las empresas deben ser capaces de

realizar un seguimiento de al menos el 98% del lote seleccionado dentro de un período de 4 horas; estos simulacros son para poner a prueba el sistema de trazabilidad y garantizar que las materias primas pueden ser rastreados, así como materiales de embalaje y productos terminados

7. SISTEMAS DE CAPTURA PARA GESTIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD

Para el funcionamiento y rendimiento de la cadena de suministro, las tecnologías de apoyo pueden ser vistas como facilitadores que sirven como medio para que todos los actores tengan acceso a los sistemas de información de trazabilidad de los alimentos [9].

Los sistemas de trazabilidad deben contar con dos componentes básicos: el primero, es la forma de identificar el producto o unidad a trazar y el segundo la forma en la que esa información es asociada a la unidad trazable para ser transmitida de un eslabón a otro incorporando información de proceso a medida que avanza.

Es de resaltar que son las organizaciones y su personal los encargados del análisis y recuperación de información según sea el caso; es decir, los sistemas pueden estar programados para emitir alertas al detectar ciertos parámetros fuera de rangos normales, pero no tienen la capacidad de tomar decisiones o aplicar medidas correctivas, simplemente son una herramienta al servicio de la toma de decisiones. De acuerdo con McMeekin, et al. [3], los sistemas de información en el contexto de la gestión de seguridad alimentaria son vitales para ayudar a la toma de decisiones en un corto período de tiempo.

En 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 cadena de suministro; por ello el diseño del sistema debe ser cuidadoso, basado en acuerdos en los cuales se determine cuál es la información relevante que pasara de eslabón en eslabón.

Por su parte Schwägele [14] señala que el registro de datos automatizada es la única opción posible para un sistema de trazabilidad confiable a lo largo de la cadena de abastecimiento; sin embargo, para los alimentos, dado el alto costo que implica contar con sistemas automatizados y la capacidad para manejarlos, en países en desarrollo donde los pequeños agricultores y productores no tienen la capacidad económica, ni técnica y que generalmente tampoco tienen subvención de los gobiernos para implementar sistemas de trazabilidad, el desarrollo e implementación es limitado; por lo cual la opción puede ser empezar con sistemas de trazabilidad en papel eficientes y que permitan almacenar y obtener la información cuando se requiera; sin embargo, debido a que en muchos países la colaboración en las cadenas de suministro de productos frescos es baja y por ende el intercambio de información entre sus miembros es inequitativo, se podría pensar en sistemas de trazabilidad básicos como el propuesto por Manos & Manikas [42], implementando automatización de etiquetado con tecnologías de lectura mecánica y la introducción de tecnologías basadas en Internet como una solución de bajo costo.

De acuerdo con Bosona & Gebresenbet [6], la clasificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas a los sistemas de trazabilidad 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 producto, sensores manométricos)
- Equipos de Monitoreo Ambiental (sensores para medición del entorno)
- Captura de datos Geo-Espaciales (GIS, RS, GPS)
- Intercambio de datos (EDI, XML)
- Desarrollo de software (QualTrace, EQM, Alimentos Trak)

La selección de una de estas innovaciones tecnológicas y la mezcla entre ellas para optimizar los sistemas de trazabilidad depende del sector o unidad

trazable; por ejemplo el sistema RFID con GPS integrado y medición móvil de temperatura, tiempo y tolerancia (TTT) puede automatizar las tareas y las rutinas de trabajo diarias, además de comunicar el flujo de información entre el administrador, el conductor y los grupos de interés [9]. Además, de acuerdo con Herrera Ramírez & Orjuela Castro [43] la decisión de cambios e implementación de tecnologías de trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos, requiere de modelos orientados al análisis integral de las relaciones y flujos entre los actores de la cadena.

Para la identificación de producto o unidad trazable, se tienen dos mecanismos principales:

- ✓ **Identificación primaria:** la realiza el primer eslabón de la cadena y para el caso de los alimentos va asociado a la identificación del animal u organismos vegetal; para esta identificación se seleccionan datos como métodos de cultivo o crianza, identificación de ADN, identificadores físicos, entre otros.
- ✓ **Identificación secundaria:** realizada por medio de instrumentos tecnológicos, en la cual se identifica el producto que llega a un eslabón y de forma automática esa unidad trazable con datos y características adjuntas, es identificada para que durante su paso por ese eslabón (trazabilidad interna) se le adicione información.

Los principales instrumentos utilizados para la identificación secundaria de producto 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; en la tabla 5 se puede encontrar detalles de cada uno de ellos.

Tabla 5. Principales sistemas de captura y de identificación para sistemas de trazabilidad

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Los códigos	Etiqueta que incluye	Fácil de usar y	Código de lectura / escritura no

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	FORTALEZAS	DEBILIDADES
alfanuméricos	una secuencia de números y letras de distintos tamaños, Sustituido por código de barras	económica	automático Bajo rendimiento Alta corrupción integridad de los datos No hay estándares definidos Falta de unión entre los diferentes actores Sin capacidad de detección para obtener la información ambiental
Los códigos de barras	Máquina óptica representación legible de los datos, Codifica los caracteres alfanuméricos y se componen de barras verticales, espacios, plazas y puntos	Trazabilidad simple, más económico y exacto Estándares definidos	La lectura de la línea necesidad de visión ilegible para las etiquetas dañadas puede leer uno a la vez por el escáner no se puede recoger la información ambiental (sin capacidad de detección)
Identificación por radio frecuencia (RFID)	Detectar la presencia de los objetos etiquetados, identificar o rastrear el uso de ondas de radio	No hay línea de visión en la lectura, puede leer y escribir etiquetas Mayor velocidad de datos y el tamaño de memoria más grande Etiquetas reversibles Se pueden leer muchas etiquetas de forma simultánea	Puede existir la posibilidad de que una etiqueta no inicie el proceso de comunicación Sin la cooperación entre los dispositivos, se pueden leer los datos dentro de un salto Los Costos siguen siendo una carga Capacidad limitada para la detección del medio ambiente
Data matrix	Código de barras de matriz 2D o bidimensional que puede ser impreso como un símbolo cuadrado o rectangular, compuesto por puntos individuales o cuadrados	Es capaz de codificar datos de longitudes variables, por lo tanto el tamaño del símbolo varía según la cantidad de datoscodificados Gran volumen de información en un formato muy reducido, con una alta fiabilidad de lectura, ya que no es necesario un alto contraste para reconocer el código Permite la identificación de productos pequeños	Necesita contacto directo con el lector A la fecha su masificación es limitada

Fuente: elaboración propia

La etiqueta RFID utiliza la comunicación por radiofrecuencia para identificar automáticamente la TRU y realizar seguimiento [39]; lo que ha hecho que el uso de etiquetas y lectores RFID revolucionaran la forma de capturada y comunicación de datos en la cadena de suministro.

En los últimos años, la identificación por radiofrecuencia (RFID) ha recibido una importante cobertura por muchas partes interesadas, 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. [3]. 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]; además, la información en las etiquetas de RFID pueden ser leídas automáticamente usando sensores que se pueden mezclar discretamente en diferentes sistemas [39]. En la actualidad el mayor inconveniente del uso de las etiquetas RFID es su alto costo, en comparación con los códigos de barras; sin embargo, de acuerdo con Crandall, et al. [2] y Schwägele [14] la inversión vale la pena debido a las numerosas ventajas que proporcionan y su constante evolución generara mayores beneficios.

Por su parte las tecnologías de identificación primaria sirven a su vez para realizar verificación de la unidad trazable en cualquier punto de la cadena; por ejemplo para la industria del ganado tenemos el ADN, escaneo de iris, impresión de nariz y reconocimiento facial, lo cual potencia la velocidad y precisión de la trazabilidad [9]. 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 dos áreas principales: la detección de microorganismos que pueden causar deterioro de los alimentos o peligros para la salud humana y la evaluación de la seguridad de los componentes de los alimentos; de igual forma se ha utilizado para detectar alimentos modificados genéticamente al realizar las comparaciones con su homólogo no modificado [45].

Por otro lado, se evidencia una creciente necesidad en la utilización de sensores en tiempo real para garantizar la calidad y seguridad, especialmente para productos alimenticios perecederos [9]. Para lo cual se está

implementando sensores incorporados al empaque del producto que transmiten información del ambiente al interior del empaque o sensores que capturan información del ambiente externo al cual se expone el producto.

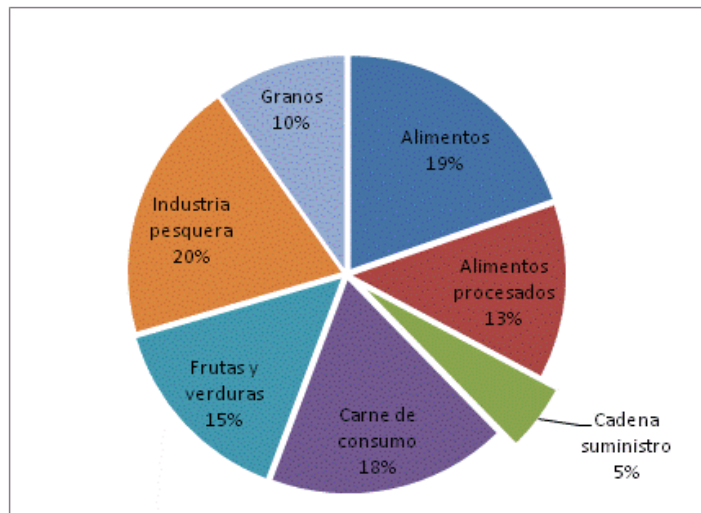
Un componente extra que puede ser incorporado a los sistemas de trazabilidad, es el uso de base de datos con información sobre agentes patógenos transmitidos por alimentos que permitan realizar predicciones de acuerdo al medio ambiente al cual se expone el producto y que acuerdo con McMeekin, et al. [3] son la piedra angular de los sistemas de gestión de seguridad alimentaria. Estas bases de datos son utilizadas en diferentes actividades, por ejemplo ComBase es un repositorio de datos de microbiología predictiva y su aceptación internacional como punto de referencia, estas bases de datos permiten de igual forma tener un criterio estándar.

Es evidente que existe una gran variedad de métodos y técnicas de identificación y seguimiento de las unidades trazables y que continúan evolucionando; sin embargo, es importante seleccionar métodos acordes con las necesidades de la organización y los acuerdos o estándares de la cadena de suministro. Además, lo más importante es contar con métodos fiables, que permiten contar con información rápida e inequívoca [25], [14].

8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS EMPÍRICOS

Se detectaron 61 artículos empíricos, de los cuales después de realizar una revisión general de cada uno, se determinó que el 93.4% estaban orientados al estudio de alimentos para el consumo humano, de los cuales se destaca un 20% orientados a estudios de trazabilidad de la industria pesquera, 15% a estudios de trazabilidad de frutas y verduras y 10% con enfoque a alimentos de manejo a granel, tal como se puede apreciar en la figura 3; el restante 6.6% de los artículos, estaban orientados uno al estudio de la trazabilidad en animales vivos y 3 con enfoque de análisis de la cadena de suministro en general.

Figura 3. Líneas de estudio de artículos empíricos revisados



Fuente: elaboración propia

Con respecto a las revistas donde se publicaron los artículos empíricos revisados, se destaca la Journal of Food Engineering, en la cual se concentra el 20% de los artículos revisados; Food Control con el 22% de los artículos, Food Policy con el 10% y Biosystems Engineering con el 8%.

Para el caso específico de esta investigación, en la cual se planteó buscar elementos orientadores sobre sistemas de trazabilidad para el sector farmacéutico y la cadena de suministro de la carne de consumo humano, se seleccionaron 12 artículos; de los cuales 11 están orientados al estudio de carne para el consumo humano y uno que a pesar de estar orientado al estudio de la cadena de suministro en general, realiza un análisis en el sector farmacéutico. Este último, es el artículo de Marucheck, Greis, Mena, & Cai [46], quien indica que los productos farmacéuticos son sustancias químicas que se utilizan para diagnosticar, curar, tratar o prevenir enfermedades o condiciones médicas adversas; por ende, desde que se metabolizan en el cuerpo, los productos farmacéuticos están sujetos a muchas de las mismas reglas que se encuentran en la industria alimentaria y la gestión de la cadena de suministro debe ser cuidadosamente analizada, dado que los problemas de seguridad del producto se magnifican en términos de alcance y de escala dentro de la economía global; por ende se puede hacer frente al garantizar la seguridad con la implementación de mecanismos tecnológicos que permitan realizar un seguimiento y rastreo a lo largo de toda la cadena.

De igual forma, establece que los problemas a los cuales se debe prestar atención en el sector farmacéutico son:

- La contaminación de medicamentos, dado que la larga cadena de suministro ya sea en el abastecimiento, fabricación, envasado o distribución, que se realiza en diferentes lugares a nivel mundial aumenta los riesgos de contaminación o sustitución de ingredientes activos o alternativos de los medicamentos, e indica que “Los altos costos asociados con la interrupción del suministro, la responsabilidad del producto y la recuperación podrían indicar que algunos proveedores de bajo costo son realmente los proveedores de alto costo cuando se revisa los costos esperados de los riesgos de seguridad”
- La falsificación: cuando se busca la producción intencional y fraudulenta de medicamentos para obtener beneficios económicos pueden utilizar ninguno o cantidades incorrectas de la sustancia activa, por lo cual el medicamento puede contener impurezas o sustancias dañinas.

- Seguridad en la distribución secundaria: los distribuidores secundarios pueden almacenar medicamentos que están cerca de su fecha de vencimiento y luego introducen de nuevo en la cadena de suministro a precios más bajos. En segundo lugar, los distribuidores pueden no tener las condiciones adecuadas de almacenamiento para fármacos que son sensibles a las altas temperaturas y, por lo tanto, ponen en peligro la seguridad y la eficacia de la droga. En tercer lugar, los distribuidores pueden almacenar medicamentos esenciales y, en caso de la droga ser escasas, se ingresa al mercado con precios inflados.

De acuerdo con lo anterior y teniendo claro el papel de la trazabilidad, es evidente que el seguimiento de cualquier medicamento o elemento farmacéutico debe tener un seguimiento y rastreo que permita identificar su procedencia y distribución hasta la venta al por menor que permita evitar que alguno de los problemas mencionados se presente.

Con respecto a los artículos sobre carne para el consumo humano, iniciaremos con Schroeder & Tonsor [47], quien compara los sistemas de trazabilidad de animales o sistemas de identificación animal (ID) en los principales países de exportación e importación; con dicha comparación se pueden tener variables claves para el diseño de un sistema de trazabilidad para Colombia. Se debe tener en cuenta que un ID es primordial para el mercado de la carne, especialmente la de res, para evitar que ocurra lo que paso en Estados Unidos, en donde al descubrir el primer caso de encefalopatía espongiforme bovina (EEB), el mercado perdió más del 80% de su venta y tardo más de 7 años para recuperarse.

En el estudio de Schroeder & Tonsor [47] sobre los sistemas de trazabilidad de identificación de animales se puede destacar:

- Los principales países exportadores de carne de res son: Brasil, Australia, Nueva Zelanda, Canadá, Argentina, Estados Unidos y Uruguay. De dichos países a excepción de Estados Unidos, todos tienen sistemas de trazabilidad de 2002 en adelante; es obligatorio el ID para exportación e

importación, para la identificación individual del animal, para el rastreo al origen y para seguimiento de los movimientos de los animales. Por otro lado, variables como edad del animal son obligatorias, a excepción de Canadá, en el cual la edad es una variable de carácter voluntario y en Australia donde lo que se indica es la fecha de emisión del TAG. Para el caso de la dieta de los animales y los registros de salud, dichas variables son obligatorias en Brasil y Australia, pero en Nueva Zelanda es voluntario. De igual forma encontró que la principal motivación de los países para implementación del sistema de trazabilidad fue el acceso a los mercados y en algunas ocasiones el control de la fiebre aftosa. Se debe tener en cuenta que Estados Unidos, se considera país de exportación, pero el sistema de trazabilidad es totalmente voluntario, a excepción de los animales que cruzan la frontera a los cuales se exige información completa de trazabilidad.

➤ Los principales países importadores son: Japón, Unión Europea, México y Corea del Sur, en los cuales los sistemas de trazabilidad se implementaron en el 2000 para el caso de la Unión Europea y para los demás desde 2003; la implementación del ID es obligatoria a excepción de México. Además, es obligatorio la identificación animal individual, el rastreo al origen, seguimiento de los movimientos de animales y la verificación de la edad del animal. Para estos países variables como dieta del animal y registros de salud no son necesarios. Finalmente se identificó que la principal motivación de la implementación del sistema de trazabilidad fue dar respuesta a brotes de enfermedades de animales y garantizar la salud de los consumidores

De acuerdo con el análisis realizado por el autor en mención, se puede identificar que para estructurar un sistema de trazabilidad de identificación animal como el que se tiene planteado implementar en Colombia, se debe identificar claramente el o los objetivos para los cuales se crea el sistema, de esta forma, tal como lo realizaron los 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 queremos llegar; sin embargo, debemos 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 el mercado exportador como ocurrió en Estados Unidos.

De los otros 10 artículos que tratan el tema de carne de consumo humano, se encontró que 7 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 6 podemos identificar las principales contribuciones de cada uno de los autores y la temática principal que maneja.

Tabla 6. 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
Lavelli V. (2013) [48]	Seguridad Alimentaria	Aves de corral	<ul style="list-style-type: none"> • La utilización de un sistema de trazabilidad se simplificó notablemente mediante la implementación de medidas automáticas • La falta de automatización de procesos es la razón subyacente para la compleja implementación de una herramienta específica de trazabilidad de alta garantía • El sistema de trazabilidad puede permitir tanto la gestión de riesgos como la
Feng , Fu , Wang, Xu, & Zhang (2013) [49]	Reciclado de etiquetas RFID China	Res	<ul style="list-style-type: none"> • Etiqueta RFID en el oído del animal es la mejor alternativa para los sistemas de trazabilidad del ganado, ya que proporcionan en tiempo real datos precisos, por ello se logra información de trazabilidad en toda la cadena de suministro • El principal problema es que a veces sería destruida sin querer cuando los guardianes del rebaño intenten fijarlo en la oreja de ganado. • La introducción de información RFID y la lectura son complejos para los

<p>Plessis & Rand (2012) [50]</p>	<p>Decisión de compra de consumidor por origen del producto Sudáfrica</p>	<p>Cordero</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El precio es el atributo más importante en la determinación de la elección del consumidor, seguido por seguridad, calidad, mientras que la trazabilidad y el origen fue calificado como de la importancia más bajo • Los consumidores tienen cada vez más preocupación sobre los productos alimenticios, pero no en los niveles en los que estarían dispuestos a pagar más. • Los consumidores no creen que la trazabilidad es suficiente para garantizar la seguridad o la calidad de los alimentos • Los consumidores consideran
<p>Favarini Ruviano, JardimBarcellos, & Dewes (2014) [51]</p>	<p>Orientación al cliente para exportación Brasil</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La introducción de procesos de trazabilidad permitió aumentar la cuota de mercado de exportación en un 15%, lo cual se realiza para cumplir con requerimientos de la Unión Europea. • La producción ganadera sostenible tiene los siguientes requisitos previos: El uso adecuado de los recursos naturales, la inversión en tecnologías que garantizan la productividad y los ingresos, la
<p>Ubilava & Foster (2009) [52]</p>	<p>Preferencias consumidor y su disposición de pago República de Georgia</p>	<p>Cerdo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 del cerdo en entornos que mejoren y preserven su color • La presencia de un atributo de calidad disminuye la utilidad marginal obtenida a partir de cualquier otro atributo • El interés de los consumidores japoneses en la información
<p>Jin & Zhou (2014) [53]</p>	<p>Preferencias consumidor Japón</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El interés de los consumidores japoneses en la información proporcionada por los sistemas de trazabilidad de alimentos es en general baja. • Los resultados muestran que los jóvenes son más proclives a la información de seguimiento a través del sistema de trazabilidad de la carne de vacuno

<p>Loureiro & Umberger (2007) [54]</p>	<p>Preferencias consumidor por decisión de precio Estados Unidos</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los consumidores valoran la certificación del departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) más que cualquiera otro atributo de seguridad alimentaria, incluido el etiquetado, la trazabilidad y el país de origen. • La denominación de origen sólo puede llegar a ser una señal de mejor calidad si la fuente de origen se asocia con una
<p>Shanahan et al.(2009) [55]</p>	<p>Identificación biométrica</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un sistema de trazabilidad integrado que incluya a todos los actores a lo largo de la cadena de suministro puede servir para aumentar la confianza del consumidor en los productos de carne • 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 • Las ventajas de la identificación biométrica son que es a prueba de falsificaciones, y el identificador biométrico no cambia durante la vida del animal
<p>Zhang, Lv, Xu, & Mu (2010) [56]</p>	<p>Tecnologías de información, Modelo de prototipo evolutivo de software China</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un sistema de trazabilidad puede apoyar no sólo la información de seguimiento a nivel operativo, sino también el análisis de diagnóstico y toma de decisiones estratégicas a nivel de dirección, por lo tanto, los requisitos del sistema pueden ser categorizados como niveles fundamentales, decisivos y estratégicos • Los sistemas de trazabilidad que apoyan los tres niveles de necesidades de negocio permiten ganar la confianza de los consumidores y representa una
<p>Negrini et al. (2012) [57]</p>	<p>Denominación origen por medio de ADN y marcadores SNP (polimorfismos de nucleótido único) Unión Europea</p>	<p>Res</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 de las zonas rurales marginadas mediante el fomento de la producción de alimentos de alta calidad nicho de mercado • Los sistemas de rastreo basados en el ADN son capaces de identificar el origen de los productos cárnicos y rastrearlos a través de la cadena de suministro • La principal barrera para la

Fuente: elaboración propia

Otras consideraciones que pueden aportar lineamientos para la construcción de sistema de trazabilidad para la cadenas de suministro de la carne de consumo humano son:

- Los documentos fiscales (facturas, cartas de porte) no son suficientes para garantizar la trazabilidad; además, que la información escrita a mano tiene la ventaja de ser de bajo costo, pero se pueden producir errores potenciales en la transposición de datos; por lo cual los principales desafíos en relación con un desarrollo de un sistema de trazabilidad eficaz incluyen la recolección y manejo de los establecidos por los sistemas automáticos de datos completos y en la facilitación del intercambio de información mutua entre los agricultores, productores, distribuidores y consumidores[48]
- Feng , Fu , Wang, Xu, & Zhang [49], indica que en su estudio se utilizaron etiquetas RFID con capacidad de 1 Kbit de alta frecuencia (HF), en la cual se incluye el número de identificación del ganado, la raza, fecha de nacimiento, lugar de nacimiento, peso de nacimiento, el código de la granja, el estado inmunológico, el estado de cuarentena y registros de tratamiento. La etiqueta la lleva el animal desde su nacimiento, por lo cual se necesitaban por lo menos siete etiquetas de oído 13.56 MHz RFID y ocho 900 MHz RFID para rastrear una cría hasta el sacrificio.
- De acuerdo con Favarini Ruviano, JardimBarcellos, & Dewes [51]la trazabilidad es un requisito previo para la exportación de carne para los mercados más selectivos, como la Unión Europea, cuyos principales requisitos son contar con información sobre el origen geográfico de los animales, sus condiciones de alimentación, el impacto ambiental de las actividades de cría de ganado y de tener toda esa información garantizada por los procedimientos de certificación de la carne.
- Para Jin & Zhou [53]el sistema de trazabilidad de res atrae el interés de aquellos que están casados, jóvenes y con un alto ingreso de los hogares
- La garantía de la seguridad alimentaria es la principal fuerza impulsora para que un consumidor pague por un producto en EE.UU., lo cual significa que el consumidor está dispuesto a pagar más por un producto con una etiqueta de inspección de la USDA[54], para el caso de Colombia se podría

estudiar si los usuarios estarían dispuestos a pagar por la certificación de la seguridad alimentaria del producto que adquiere y que permita soportar los costos que implican la implementación de un sistema de trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro.

- En el caso de Irlanda, Shanahan et al.[55] indican que la autoridad competente sobre trazabilidad del ganado es el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación (DAFF), la cual tiene una base de datos DAFF que tiene dos componentes básicos: Sistema de Registro de Nacimiento y Sistema de Control de Movimiento de Ganado (CMMS). El primero funciona desde 1996, momento desde el cual todos los nacimientos de terneros han sido registrados en una base de datos nacional central, que contiene información sobre el origen y la identidad de cada animal como: número de marca auricular, sexo, fecha de nacimiento, rebaño de origen; se debe tener en cuenta que la base de datos DAFF no registra información sobre alimentación del ganado. Por su parte la CMMS es una base de datos electrónica utilizada por DAFF para registrar todos los nacimientos, movimientos y muertes de bovinos en Irlanda desde el 2000. El estudio a profundidad de estos dos sistemas de información y trazabilidad pueden dar pautas generales a los generadores de políticas y directrices Colombianas.

De acuerdo con los autores analizados, para un sistema de trazabilidad individual de la carne, 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 permitiría realizar cambios en la etiqueta cuando se requiera y realizar una identificación individual en la que pueda consultarse la información de seguimiento y movimientos del animal y sus productos, 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 capacitacion de los productores y trasformadores, por lo cual es indispensable que el gobierno realice inversion no solo en la generacion del sistema y de las bases de datos, sino en capacitacion y una inversion planificada obligatoria en dicho sistema. De igual forma, es necesario que se realicen estudios para determinar mediante que forma o cual seria la disposicion 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 las condiciones economicas de muchos Colombianos y la marcada estratificacion economica que existe, se debe determinar como se costeria dicho sistema.

9. 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, etc.

Las investigaciones se pueden realizar en torno a temas como: intercambio e integración de la información a lo largo de la cadena de abastecimiento, percepción del agricultor 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 pagar un precio adicional para contar con información de adicional del producto.

Se debe tener en cuenta en todos los estudios que existen variables culturales, económicas, posibilidad de acceso a avances tecnológicos y legislación que varían de un país o región a otro, por ende para futuros estudios científicos, se deben tener como dichos factores afectan los resultados.

Otros temas que pueden ser estudiados, es la evaluación del desempeño de trazabilidad, ya que este tema presenta poco desarrollo; además, se puede buscar como dicho desempeño es repartido a lo largo de la cadena de abastecimiento, con el fin de medir como los beneficios se reparten entre todos los actores de la cadena y si es equitativo.

Por último se puede estudiar a detalle los variables que determinan la aplicación proactiva de sistemas de trazabilidad y la existencia de variables mediadoras que influye en esta decisión.

10. CONCLUSIONES

La revisión sobre trazabilidad permite concluir que a pesar de los estudios que se han desarrollado en los últimos años, actualmente no exista un marco teórico común sobre el tema; lo cual afecta el desarrollo e implementación en los diferentes sectores.

Es claro que el desarrollo de sistemas detallados 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. Teniendo esto presente, la comunidad académica es la encargada de orientar de forma adecuada el desarrollo de herramientas de apoyo para la implementación de políticas públicas y para que las empresas proactivas desarrollen sistemas de trazabilidad eficientes.

Algo que todos deben tener claro, es que los sistemas de trazabilidad por si solos no son los que garantizan seguridad o el logro de los objetivos propuestos, sino que son un elemento de gestión para obtener información a lo largo de la cadena de abastecimiento para ser utilizada por los analistas y directivos para la toma de decisiones.

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 no permite tener un marco común. De acuerdo con esto, se propone la definición: Capacidad de rastrear y seguir una unidad

trazable previamente identificada, por medio de registros físicos o digitales a lo largo de toda la cadena de suministro para el control y localización en cualquier momento a lo largo del ciclo de vida de dicha unidad, para la toma de decisiones

Las características del sistema de trazabilidad que se deben tener en cuenta para su diseño son: Amplitud, Profundidad, Precisión, Acceso, Fiabilidad de la identificación de la unidad de trazado. Estas características unidas con propiedades como: Unidad de recurso trazable, Asignación de identificadores a las unidades trazables, Registro de propiedades de producto o proceso y Mecanismo de acceso a la información, permiten generar un equilibrio entre costos y beneficios.

Existen diversos conductores para la implementación del sistema de trazabilidad y propone agruparlos en 5 categorías principales: regulación, seguridad y calidad, preocupación social, preocupación económica y preocupación tecnológica. De forma específica 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 economía más estable y una sociedad sana; además, la trazabilidad y el intercambio de información permite desalentar el oportunismo de personas que buscan realizar fraude y adulteración.

La legislación es un conductor para inducir a realizar o no determinadas acciones y que tiene como fin proteger o incentivar conductas en una sociedad; por lo cual las acciones que la norma pretende implementar, con el tiempo son adaptadas por las diferentes partes. Es claro que el nivel de implementación y reglamentación de la trazabilidad varía en cada país y de acuerdo con Dabbene, Gay y Tortia (2014)[4] los países menos desarrollados suelen tener normas de inocuidad de alimentos menos severas; lo que implica menos oportunidades de acceso a mercados desarrollados y grandes esfuerzos para organizaciones que intenten implementar prácticas de trazabilidad ya que los

eslabones de la cadena no cuenten con medios para implementarla o no quieran hacerlo.

Se debe tener en cuenta que los países importadores de carne están adoptando sistemas de trazabilidad de los animales para su producción nacional, y estos sistemas están surgiendo como los requisitos para el acceso al mercado; además, que a nivel interno son indispensables para mantener la seguridad de los consumidores.

Para estructurar un sistema de trazabilidad de identificación animal, se debe identificar claramente el o los objetivos para los cuales se crea el sistema, de esta forma 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 queremos llegar; dicho sistema debe tener variables obligatorias como: identificación individual del animal, rastreo al origen, que se pueda determinar fácilmente 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 producto.

Por su parte, para el sector farmacéutico, la trazabilidad de cualquier medicamento o elemento farmacéutico debe tener un seguimiento y rastreo que permita identificar su procedencia y distribución hasta la venta al por menor que permita evitar problemas como contaminación, falsificación y seguridad en la distribución secundaria, lo cual se puede lograr con herramientas y estrategias tecnológicas.

Por último, el gobierno, los productores, los distribuidores, los consumidores, y en fin todas las partes que se articulan dentro de una cadena de abastecimiento para cada sector, deben entender que contar con sistemas de trazabilidad estandarizados, en los cuales se realicen acuerdos para

intercambio de información y flujos de productos, son inversiones necesarios que permitirán garantizar la seguridad y calidad de los productos a la vez que se protege la vida de quienes los consumen; es claro que dicho sistema tiene un precio, pero que se verá reflejada en la salud y tranquilidad de quienes participan en dicha cadena y se abrirá puertas de exportación hacia países con estándares y normativas sobre trazabilidad más exigentes que la Colombiana.

REFERENCIAS

- [1] K. M. Karlsen, B. Dreyer, P. Olsen and E. O. Elvevoll, "Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist?," *Food control*, pp. 409-417, 2013.
- [2] P. G. Crandall, C. A. O'Bryan, D. Babu, N. Jarvis, M. L. Davis, M. Buser, B. Adam, J. Marcy and 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.
- [3] • T. McMeekin, J. Baranyi, J. Bowman, P. Dalgaard, M. Kirk, T. Ross, S. Schmid and M. Zwietering, "Information systems in food safety management," *International Journal of Food microbiology*, pp. 181-194, 2006.
- [4] F. Dabbene, P. Gay y C. Tortia, «Traceability issues in food supply chain management: A review,» *Biosystems engineering*, pp. 1-6, 2014.
- [5] G. Smith, T. JD, B. KE, S. JA, G. T and S. JN, "Traceability from a US perspective," *Meat science*, pp. 174-193, 2005.
- [6] 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.
- [7] E. Golan y B. Krissoff, «Traceability in the uS food supply: economic theory and industry studies,» *Agricultural economic report*, 2014.
- [8] L. U. Opara, «Traceability in agriculture and food supply chain: A review of,» *Science and Technology*, pp. 101-106, 2003.

- [9] M. Aung Min y Y. Chang Seok, «Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives,» *Food control*, pp. 172-184, 2014.
- [10] Y. Sarig, «Traceability of food products,» *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*, p. Vol. 5, 2003.
- [11] FAO, «FAO's Strategy for a Food Chain Approach to Food Safety and Quality: A framework document for the development of future strategic direction,» p. Revisado de <http://www.fao.org/docrep/meeting/006/y8350e.htm> (acceso 28.02.14), 2003.
- [12] C. GS1, «Piloto nacional de trazabilidad de Medicamentos.,» p. Revisado de <http://www.youtube.com/watch?v=32oqDdyKXdY>. (Acceso 25.02.14), 2013.
- [13] Banco-Mundial, «Índice de desempeño logístico,» p. Revisado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ>. (Acceso 20.02.14), 2014.
- [14] F. Schwägele, «Traceability from a European perspective,» *Meat science*, pp. 164-173, 2005.
- [15] H. Aguinis y A. Glavas, «What we know and don't know about corporate social responsibility: A review and research agenda,» *Journal of management*, pp. Vol 38 (4) 932-968, 2012.
- [16] 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 e technology*, pp. 142-150, 2013.
- [17] S. V. Kher, 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*, pp. Vol 112(2), 261-274, 2010.
- [18] TraceFood, «Fundamentals:Traceability definition,»
http://www.tracefood.org/index.php/Fundamentals:Traceability_definition,
pp. Accessed 07-07-2014, 2014.
- [19] I. Icontec, «Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO 22005,»
<http://tienda.icontec.org/brief/NTC-ISO22005.pdf>, pp. Accessed 07-07-
2014, 2009.
- [20] Parlamento-Europeo y Consejo-UE, «Reglamento (CE) No 178/2002 del
Parlamento Europeo y del Consejo de la Union Europea,» *Diario Oficial de
las Comunidades Europeas*. [http://eur-lex.europa.eu/legal-
content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=EN), 2002.
- [21] FAO-OMS, Comision del Codex Alimentarius, Roma: Secretaría del
Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, 2014.
- [22] T. Moe, «Perspectives on traceability in food manufacture,» *Trends in Food
Science & Technology* , pp. V9 211-214, 1998.
- [23] 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*, pp. V 21 (6), 313-320, 2010.
- [24] K. M. Karlsen, P. Olsen y K. A. Donnelly, «Implementing traceability:
practical challenges at a mineral water bottling plant,» *British Food Journal*,
pp. 112(2), 187-197, 2010.
- [25] R. Rodríguez-Ramírez, A. F. González-Córdova and 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.
- [26] H. M. Kim, M. S. Fox y M. Gruninger, «An ontology of quality for enterprise

modelling,» *In Proceedings of the fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. IEEE Computer Society Press*, pp. 105-116, 1995.

- [27] A. Banterle y S. Stranieri, «The consequences of voluntary traceability system for supply chain relationships. An application of transaction cost economics,» *Food police*, pp. Volumen 33, Número 6 , 560-569, 2008.
- [28] V. Bellon-Maurel, M. D. Corto, P. Roux, M. Schul and 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.
- [29] D. Folinas, I. Manikas y B. Manos, «Traceability data management for food chains,» *British Food Journal*, pp. 108(8), 622-633, 2006.
- [30] M. H. Jansen-Vullers, C. A. Van Dorp y J. M. Beulens A, «Managing traceability information in manufacture,» *International journal of information management* , pp. Vol. 23, issu 5, 395-413, 2003.
- [31] J. A. Alfaro y L. A. Rábade, «Traceability as a strategic tool to improve inventory management: a case study in the food industry,» *International Journal of Production Economics*, pp. Vol 118, 104-110, 2009.
- [32] V. Lavelli, «High-warranty traceability system in the poultry meat supply chain: A medium-sized enterprise case study,» *Food control*, pp. 148-156, 2013.
- [33] 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.
- [34] 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.

- [35] 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.
- [36] C. Agrimonti, M. Vietina, S. Pafundo y N. Marmiroli, «The use of food genomics to ensure the traceability of olive oil,» *Trends in Food science e technology*, pp. 237-244, 2011.
- [37] GS1-Colombia, «Trazabilidad,» <http://www.gs1co.org/comunidad/proyectoseiniciativas/trazabilidad.aspx>, pp. Accessed 09-10-2014, 2014.
- [38] 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*, pp. vol. 36, issue 5, 686-693, 2011.
- [39] 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.
- [40] 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*, pp. vol. 19, Issu 5, 452-464, 2008.
- [41] J. Chilton, «Lessons learned: Laying the ground work for a successful recall,» *Meat & Poultry*, pp. December Issue, 48–52, 2004.
- [42] B. Manos y I. Manikas, «Traceability in the Greek fresh produce sector: drivers and constraints,» *British Food Journal*, pp. 112(6), 640-652, 2010.
- [43] M. M. Herrera Ramírez y J. A. Orjuela Castro , «Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: un enfoque desde dinámica de sistemas,» *Ingenieria*, pp. Vol. 19, Núm. 2, 2014.

- [44] N. Wang, N. Zhang y M. Wang, «Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective,» *Computers and electronics in agriculture*, pp. 1-14, 2006.
- [45] 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.
- [46] A. Marucheck, N. Greis , C. Mena y F. Cai, «Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities,» *Journal of Operations Management*, pp. Volume 29, Issues 7-8 de noviembre de 2011, páginas 707-720, 2011.
- [47] T. C. Schroeder y G. T. Tonsor, «International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US,» *Food Policy*, pp. Volumen 37, Número 1 , páginas 31-40, 2012.
- [48] V. Lavelli, «High-warranty traceability system in the poultry meat supply chain: A medium-sized enterprise case study,» *Food control*, pp. 148-156, 2013.
- [49] 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*, pp. Volumen 31, Número 2 , 314-325, 2013.
- [50] H. J. d. Plessis y G. E. d. Rand, «The significance of traceability in consumer decision making towards Karoo lamb,» *Food Research International*, pp. Volumen 47, Número 2 , 210-217, 2012.
- [51] C. Favarini Ruviaro, J. O. JardimBarcellos y H. Dewes, «Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon,» *Land UsePolicy*, pp. Volumen 38 , 104-110, 2014.
- [52] D. Ubilava y K. Foster, «Quality certification vs. product traceability: Consumer,» *Food Policy*, pp. Volumen 34, Número 3 , páginas 305-310,

2009.

- [53] S. Jin y L. Zhou, «Consumer interest in information provided by food,» *Food Quality and Preference*, 2014.
- [54] 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*, pp. Volumen 32, Número 4, páginas 496-514, 2007.
- [55] 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*, pp. Volumen 66, Número 1, páginas 62-69, 2009.
- [56] X. Zhang, S. Lv, M. Xu y W. Mu , «Applying evolutionary prototyping model for eliciting system,» *Food control*, pp. Volumen 21, Número 11, páginas 1556-1562, 2010.
- [57] R. Negrini, L. Nicoloso, P. Crepaldi, E. Milanesi, R. Marino, D. Perini, L. Pariset, S. Dunner, H. Leveziel, J. Williams y P. Ajmone Marsan, «Traceability of four European Protected Geographic,» *Meat Science*, pp. Volumen 80, Número 4, páginas 1212-1217, 2012.
- [58] A. P. Marchante, A. Alvarez-Melcon y M. Trebar b, «Advanced traceability system in aquaculture supply chain,» *Journal of food engineering*, pp. 50-60, 2014.
- [59] M. M. Aung y Y. S. Chan, «Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives.,» *Food Control.*, pp. Vol. 39, 172-184., 2014.