



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Máster en Ingeniería Avanzada de Producción, Logística y Cadena de Suministro

Tesina Fin de Máster

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA LA CADENA DE SUMINISTRO AGRÍCOLA EN UN CONTEXTO DE COLABORACION.

Estudiante	Carlos Alfredo Dionicio Reynoso
DNI	PRD3887902
Director Tesis	Prof. Faustino Alarcón Valero
Supervisor	
Curso	2016/2017

Contenido

Índice de imágenes	III
Índice de Tablas	IV
Resumen	V
Palabras clave	VI
Prefacio	VII
1 Introducción	1
2 Objetivos	2
3 Metodología de Trabajo	3
3.1 Pautas para seleccionar artículos	3
3.2 Organización de artículos	3
4 Estado del Arte	11
4.1 Trazabilidad de productos	11
Definiciones de trazabilidad	13
4.1.1 Tipos de Trazabilidad	16
4.1.2 Marco Legal	19
4.2 Cómo funciona un Sistema para la Trazabilidad	22
4.2.1 Beneficios	24
4.3 Requisitos que debe cumplir un Sistema de Trazabilidad	25
4.4 Procesos de Negocios utilizados para hacer funcionar los Sistemas de Trazabilidad Agrícola	29
4.5 Elementos o Subsistemas que debe tener un Sistema de Trazabilidad	36
4.5.1 Sistema de identificación RFID	36
4.5.2 Software para la gestión de datos	39
4.5.3 Internet de las Cosas	41
4.6 Cómo deberían ser los Sistemas de Trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro Colaborativa	43
4.7 Cómo deberían ser los Sistemas de Trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro Agroalimentaria Colaborativa	47
4.7.1 Aspectos de la Colaboración	47
4.7.2 Sistema de trazabilidad en cadena de suministro agrícola	50
4.8 Barreras que pueden impedir la implementación de los sistemas de trazabilidad	52
5 Propuesta de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola en un contexto de colaboración	55
6 Conclusiones	62
Referencias Bibliográficas	64

Índice de imágenes

Ilustración 1 Sector Agropecuario	12
Ilustración 2 Sector Agrícola.....	12
Ilustración 3 Sector Construcción.....	13
Ilustración 4 Trazabilidad hacia atrás	16
Ilustración 5 Trazabilidad hacia delante.....	18
Ilustración 6 Trazabilidad completa	19
Ilustración 7 Sistema de Trazabilidad.....	23
Ilustración 8 Tipos de Flujo.....	24
Ilustración 9 Procesos Sistema de Trazabilidad.....	29
Ilustración 10 Proceso de Cultivo	31
Ilustración 11 Proceso de Producción	32
Ilustración 12 Proceso Almacenar	33
Ilustración 13 Proceso Distribución.....	34
Ilustración 14 Logística	35
Ilustración 15 Etiqueta RFID	36
Ilustración 16 Funcionamiento de sistema RFID	37
Ilustración 17 Etiqueta Decathlon	38
Ilustración 18 Internet de las Cosas	43
Ilustración 19 Sistema de trazabilidad	46
Ilustración 20 Tipos de Colaboración (Barratt, 2004).....	48
Ilustración 21 Ejemplo para sistema de trazabilidad CdS Agrícola.....	51
Ilustración 22 Propuesta de Diseño de Sistema de Trazabilidad en una CdS Agrícola.....	57

Índice de Tablas

Tabla 1 Codificación de Artículos	4
Tabla 2 Resumen de Artículos	10

Resumen

En este trabajo, se aborda el tema de los sistemas de trazabilidad. Cuenta con seis capítulos, primero una breve introducción del porqué se realizó este trabajo y una serie de preguntas que ayudarán a definir los objetivos y a desarrollar el trabajo.

Se continúa con la explicación de la metodología de investigación utilizada, en base a la cual se han recopilado una serie de artículos que abordan cada parte del tema, tanto la trazabilidad, cadenas de suministros, colaboración en la cadena de suministro y; cadenas de suministro agrícolas principalmente. Se presenta una codificación de dichos artículos y también se muestra un breve resumen de los mismos. Luego se desglosan las preguntas de investigación planteadas en la introducción, se define lo que es trazabilidad, sus tipos, las leyes que rigen la trazabilidad, los requisitos que deben existir para poder implementar un sistema de trazabilidad, etc. Luego de desarrollar el trabajo se plantea una propuesta de diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola, tomando en cuenta las informaciones recabadas como la colaboración y el Internet de las Cosas y aplicándolas a dicho diseño. Finalmente se presentan una serie de conclusiones del trabajo, donde se deja ver lo importante de la trazabilidad en las cadenas de suministros agrícolas en un contexto de colaboración.

Palabras clave

Trazabilidad, Cadena de suministro, Colaboración, Agrícola

Prefacio

La elaboración de la presente tesis surgió del interés que tiene actualmente la trazabilidad en las cadenas de suministro, especialmente en la de productos agrícolas. Ya que con estos sistemas de trazabilidad se puede saber todo lo relacionado con un producto, incluso desde la semilla que se va a sembrar, pasando por las diferentes etapas como cosecha, recolección, almacenamiento, transporte, etc., hasta la última parte de la cadena que es cuando llega al consumidor.

Estos sistemas son muy importantes a la hora de saber si un producto está contaminado; sabiendo todo el rastreo del producto se puede detectar dónde está el problema y así solucionarlo de forma más rápida y evitando que se propague en caso de ser una enfermedad o virus.

La idea es saber que hay que tener presente al momento de poner en marcha un sistema de trazabilidad en las cadenas de suministros agrícolas.

Quiero agradecer primero a Dios por permitirme tener esta experiencia. Así mismo agradecer sinceramente al Ministerio de Educación Superior de la República Dominicana por otorgarme la beca para poder cursar este Master. También me es preciso agradecer infinitamente al Prof. Faustino Alarcón, director de este trabajo, por el apoyo y la orientación que me ha brindado para culminar esta etapa.

En lo personal es obligatorio agradecer a mis padres, que a pesar de estar lejos siempre me apoyan y están pendiente de mí, al igual que el resto de mi familia, le agradezco mucho a mi novia Maurely, por soportarme, esperarme y apoyarme de principio a fin; gracias a mis amigos que también me han apoyado y me dan ánimos, y así también a toda persona que de una forma u otra han aportado un granito de arena para la realización de este master. Gracias a todos.

Carlos A. Dionicio Reynoso

1 Introducción

Dado el auge que se ha venido mostrando en la trazabilidad de los alimentos y la economía en el sector agrícola que demanda atributos basados en la producción de alimentos frescos, seguros y de buena calidad, aparecen como consecuencia una serie de desafíos para las industrias o empresas del sector agroalimentario.

En un sector tan amplio como el agroalimentario, el tema de la trazabilidad está directamente relacionado con la calidad de los productos, y esta a su vez va sujeta a la colaboración que hay entre los actores de la cadena de suministro, ya que esto permite que sea más eficiente. Sin embargo, *a pesar de la colaboración existente se pueden presentar barreras que limiten la colaboración y por ende a la trazabilidad. La mayoría de dichas barreras a la colaboración en la cadena de suministro están relacionadas con la compleja y heterogénea estructura de la industria.* Para mitigar estas barreras a la colaboración lo más efectivo es la creación de procedimientos estándar con todos los eslabones de la cadena, así la trazabilidad también tendría mayor efectividad.

En el presente trabajo se estudia la trazabilidad, y se propone un diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro en el sector agrícola basados en la colaboración siguiendo un esquema en el que primero, se hace una revisión de literatura relacionada con las preguntas de investigación planteadas:

1. ¿Qué es la trazabilidad de productos?
 2. ¿Cómo funciona un sistema para la trazabilidad?
 3. ¿Qué requisitos debe tener el sistema?
 4. ¿Qué procesos de negocios son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad o relacionados con ellos?
 5. ¿Qué elementos o subsistemas debe tener un sistema de trazabilidad?
 6. ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de SC colaborativa?
 7. ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de SC agroalimentaria colaborativa?
 8. ¿Qué barreras impiden la implementación?
-

A través de un estado del arte se les da respuesta a estas preguntas, para así tener en cuenta todos estos factores y requisitos a la hora de proponer un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro agrícola. Por último, se presentan las conclusiones generales del trabajo abordando cada apartado.

2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es, luego de recopilar información sobre el tema de trazabilidad y la colaboración, utilizar dicha información para proponer un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro del sector agrícola, tomando en cuenta el desarrollo de las preguntas planteadas.

Algunos objetivos específicos son precisamente las preguntas planteadas en la introducción, ya que con estas se puede desarrollar el trabajo.

3 Metodología de Trabajo

Para la realización de este trabajo, se parte de una metodología de trabajo que consta de los criterios y pautas utilizados para seleccionar los artículos abordados en la investigación, los cuales han sido organizados por número, y de los cuales también se hace un pequeño resumen.

3.1 Pautas para seleccionar artículos

Para este trabajo se va a incluir en la investigación, artículos directamente relacionados con el tema de trazabilidad, trazabilidad en las cadenas de suministros del sector agrícola, tomando en cuenta sus *palabras clave*; se filtran aquellos artículos que están fuertemente vinculados con el tema, de los cuales se seleccionaron de diferentes países y diferentes tipos de productos agrícolas para así poder captar más información; así como artículos que aborden el tema de la colaboración en estas cadenas de suministro respecto a la trazabilidad. La razón por la cual se hace este tipo de selección, es porque da lugar a informaciones concretas que ayudan a responder a las preguntas establecidas; y ya que no existe mucha información que englobe estos dos puntos concretamente, la información recabada en estos artículos en conjunto es la que se emplea para proponer el diseño de un sistema de trazabilidad.

3.2 Organización de artículos

Para la selección de los artículos se utilizó también como criterio la relación con el tema en cuestión, y el número de citas de cada uno de ellos, y además las palabras clave. Se presentan unas tablas donde se puede apreciar la codificación de los artículos consultados más relevantes y un resumen de los mismos.

Código artículo	Título del artículo	Autores
P1	Agricultural supply system traceability, Part I: Role of packing procedures and effects of fruit mixing	(Riden & Bollen, 2007)
P2	Agricultural supply system traceability, Part II: Implications of packhouse processing transformations	(Bollen, Riden, & Cox, 2007)
P3	The constitution of vegetable traceability system in agricultural IOT	(Qu & Tao, 2014)
P4	Traceability and management information techniques of agricultural product quality safety in China	(Xinting, Ming, Chuanheng, Jianping, & Zengtao, 2012)
P5	Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability	(Clarke, T.P. Wilson, 2007)
P6	Designing and planning agricultural supply chain traceability system based on modern RFID technology	(L. Huang, Yu, & Luo, 2011)
P7	EPedigree traceability system for the agricultural food supply chain to ensure consumer health	(Farooq, Tao, Alfian, Kang, & Rhee, 2016)
P8	Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
P9	Business process reengineering of a supply chain and a traceability system: A case study	(Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2009)
P10	Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain.	(Thakur & Hurburgh, 2009)
P11	Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry	(Alfaro & Rábade, 2009)
P12	Buyer–supplier relationship’s influence on traceability implementation in the vegetable industry	(Rábade & Alfaro, 2006)
P13	Traceability in agriculture and food supply chain: A review of basic concepts, technological implications, and future prospects	(Opara, 2003)
P14	Collaborative Information Management in Agricultural Products Supply Chain in China: A Case Study of Wumart	(Wang, 2014)
P15	Collaboration and sustainable agri-food supply chain: a literature review	(Dania, Agustin, Ke, & Yousef, 2016)
P16	Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business	(Bechini, Cimino, Marcelloni, & Tomasi, 2008)
P17	An integrative framework for supply chain collaboration	(Simatupang & Sridharan, 2006)
P18	Supply Chain Management for the Agri-food Sector: A Critical Taxonomy	(Tsolakis, Keramydas, Toka, & Iakovou, 2012)
P19	A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry	(Matopoulos, Vlachopoulou, Manthou, & Manos, 2007)
P20	PERFORMANCE MEASUREMENT IN AGRI-FOOD SUPPLY-CHAIN NETWORKS	(van der Vorst, 2006)
P21	RFID-enabled traceability in the food supply chain	(Kelepouris, Pramataris, Doukidis, & Kelepouris, 2007)

Tabla 1 Codificación de Artículos

Código artículo	¿Qué aborda?	¿Cómo aborda el tema?	Procesos de negocio involucrados	Propone sistema de trazabilidad
P1	Proponen un modelo estadístico para examinar el potencial de proveer mayor precisión en la trazabilidad de las plantas empacadoras de frutas. Muestran el esquema de trazabilidad de una planta empacadora de frutas en el que se detalla las etapas en las que pasa el producto desde su origen (cosecha) hasta el producto empacado, además, definen que la planta empacadora es el mayor transformador de unidades identificables (fruta individual, pallet, caja, etc.) en un sistema de suministro horticultural y es la única fuente de información cuando se hacen estas transformaciones.	Describen las funciones que hacen que la planta empacadora sea un modelo de estudio útil para el estudio de los sistemas de trazabilidad en el suministro. Los autores comentan que los lugares donde se empacan las frutas es el menos entendido y contiene mayor incertidumbre y es el que representa una barrera para una efectiva y precisa trazabilidad.	Producción, almacenamiento, distribución.	No
P2	Simulan diferentes modelos estadísticos extraídos del artículo de (Bollen et al, 2007) y tomando como base los datos de las operaciones de una planta empacadora y los efectos de cuatro conceptos fundamentales de la trazabilidad, además, proponen la terminología para comunicar los conceptos requeridos para evaluar la precisión de la trazabilidad, simular los efectos de la trazabilidad cuando se cambia el diseño de la planta o el diseño en las operaciones.	Describen la metodología utilizada para hacer las simulaciones de los modelos estadísticos. Comentan que al disminuir las operaciones de combinado de productos en el empacado y al dividir el output se puede mejorar la precisión de la trazabilidad y el rastreo de los productos.	Producción, almacenamiento, distribución y ventas.	No
P3	Proponen un modelo de trazabilidad de los vegetales utilizando el Internet de las Cosas, este sistema utiliza datos recolectados con sensores, RFID, de las plantas, bodegas, transporte y ventas; la información recopilada es almacenada en 3 diferentes bases de datos y todo conectado al internet.	Comentan que los vegetales en China son vendidos a través de los mercados de granjeros y que la calidad es incontrolable debido a la numerosa circulación y al no empacado de estos; comentan que actualmente y desde el punto de vista de la agricultura los dispositivos para la recolección de datos son costosos, esta es una barrera a la hora de implementar este sistema de trazabilidad. Otro inconveniente que comentan es el de la seguridad informática al utilizar los dispositivos RFID y código de barras son fáciles de alterar.	Producción, almacenamiento, distribución y ventas.	Si

P4	<p>Investigan el progreso de los sistemas de trazabilidad haciendo énfasis en flujo de datos y los sistemas de información, además proponen 6 técnicas, cuatro equipos y 6 tipos de sistemas de información para el sistema de trazabilidad; implementan el sistema de trazabilidad y obtienen resultados positivos incrementando la gestión de la producción y la sensibilidad de los clientes hacia la seguridad de los alimentos.</p>	<p>Los autores mencionan que entre las técnicas claves y la tecnología más común utilizada para la trazabilidad y la gestión de los sistemas de información están los códigos de barra y RFID. Entre las 6 técnicas que proponen está el proceso de alerta temprana y análisis de riesgo basándose en las Buenas Prácticas de Agricultura de China.</p>	<p>Producción, transporte, ventas</p>	Si
P5	<p>Desarrollan un sistema de información utilizando el internet para el intercambio de información, los autores describen dos tipos básicos de información que utiliza el sistema, la información del producto y la información de toda la empresa.</p>	<p>Describen los conceptos de trazabilidad y su importancia, así como la tecnología necesaria para la implementación del mismo; el sistema de información que proponen consta de la grabación de datos enviados a un sistema de almacenamiento de datos.</p>	<p>Producción, distribución</p>	Si
P6	<p>Proponen un diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola en forma de framework y una estructura funcional del sistema de trazabilidad.</p>	<p>Dividen el artículo en tres secciones, las primeras introducen los conceptos relevantes para el sistema de trazabilidad a proponer, segundo, analizan las tecnologías clave aplicadas entre ellas RFID, tecnología de integración de base de datos y tecnología de seguridad del base de datos; además desarrollan dos algoritmos que consideran clave para el sistema (algoritmo de trazabilidad y un algoritmo de encriptación de datos)</p>	<p>Producción, transporte, clientes</p>	Si
P7	<p>Propone un sistema de trazabilidad de ePedigree (árbol genealógico electrónico) basado en la integración de RFID y tecnología de sensores para el monitoreo en tiempo real de los alimentos agrícolas para prevenir la distribución de productos alimenticios peligrosos y adulterados. Epedigree El EPCglobal Pedigree Standard especifica una arquitectura para el mantenimiento e intercambio de documentos electrónicos de Epedigree para su uso por los participantes de la cadena de suministro farmacéutica. La arquitectura está dirigida para su uso en el cumplimiento de las leyes Epedigree basadas en documentos.</p>	<p>Los estándares de EPCglobal Pedigree posee una estructura en diferentes capas, estas capas son initialPedigree, shipperPedigree y receivedPedigree, cada uno de estas capas debe contener los datos según el estándar; se considera importante esta información ya que es la normativa en la que se basa el artículo para el diseño de su sistema de trazabilidad. En la parte de integración de RFID y sensores, proponen 3 alternativas en base a estudios realizados del tema. Comentan que Los principales problemas a los que se enfrenta la industria alimentaria es que los consumidores y los gobiernos a fin de abordar de manera eficiente los problemas de calidad y seguridad de los alimentos es la falta de una solución de trazabilidad económica y eficiente que pueda proporcionar la visibilidad completa de los productos alimenticios en la cadena de suministro y detectar el producto alimenticio insalubre antes de llegar a los consumidores.</p>	<p>Producción, distribución, cliente</p>	Si

P8	Realizan una revisión de literatura acerca de los problemas en la trazabilidad de los alimentos. Basados en los resultados de la revisión de literatura presentan las diferentes definiciones de trazabilidad, las barreras para desarrollar e implementar los sistemas de trazabilidad de los alimentos, los beneficios, las tecnologías de trazabilidad, las mejoras y el desempeño del mismo sistema.	Encuentran que en las definiciones de trazabilidad de alimentos la palabra clave información del historial del producto no está presente en todas las definiciones de diferentes autores, además comentan que el termino clave rastreamiento indica ir hacia atrás y hacia adelante y que puede cubrir o no toda la cadena de suministro, de allí nace la necesidad de crear una definición comprensiva de trazabilidad.	NA	No
P9	Desarrollar la reingeniería de procesos de negocio para una cadena de suministro de vegetales de cuarta gama y configurar un sistema informático de gestión de la trazabilidad del producto.	Se utiliza el enfoque de reingeniería de procesos (BPR) para crear un sistema basado en ordenador para la gestión de la cadena de suministro y como fluye la información de trazabilidad. Se crea una nueva cadena de suministro, se implementa el código de barras para los productos con el fin de trazabilidad utilizando el sistema de estandarización GS1.	Cultivo, Producción, Distribución,	Si
P10	Desarrollar un marco para la implementación de un sistema de trazabilidad tanto interna, así como en la cadena de suministro de Granos a granel.	Se definen los requisitos de uso de un sistema de trazabilidad para todos los actores de la cadena de suministro. Se desarrolla un modelo para la implementación de un sistema de trazabilidad interna, luego se desarrolla un modelo para el intercambio de información entre los actores de la cadena de suministro. Un diagrama de secuencia se desarrolla para mostrar el intercambio de información en la CdS de grano, Y se discuten algunas tecnologías adecuadas para permitir este intercambio de información.	Producción, Distribución, logística.	Si
P11	Demostrar que la trazabilidad puede llegar a ser mucho más que una manera de garantizar la seguridad alimentaria.	Se ha desarrollado un estudio de caso de una empresa en la industria de Verduras españolas. Se muestran las razones por las cuales esta firma decidió implementar un sistema de trazabilidad informatizado, y se describe cómo el uso de su sistema de trazabilidad les ha proporcionado muchas ventajas cualitativas y cuantitativas a lo largo de las diferentes etapas de su cadena de suministro, sus operaciones de fabricación y su inventario y actividades logísticas.	Producción, Almacenamiento, Logística.	SI

P12	<p>Como influye la relación de colaboración del comprador y proveedor a la hora de aplicar un sistema de trazabilidad en la CdS de verduras.</p>	<p>Se lleva a cabo un estudio de caso a una serie de empresas que trabajan con verduras (en alguna de las 5 vertientes: productos de primera gama, segunda, tercera, cuarta y quinta gama) de acuerdo a unos criterios basados en investigación se tomaron 4 empresas de diferentes tipos y tamaño, y se determinada según el tipo de empresa y la relación proveedor-cliente que tenían cada una como funcionada la trazabilidad y que tan efectiva podría ser. Un factor repetitivo es que es más fácil la trazabilidad cuando se trabaja con proveedores que son agricultores, y más difícil cuando son cooperativas o empresas comerciales.</p>	<p>Producción, Distribución</p>	<p>SI</p>
P13	<p>Revisa los conceptos de gestión de la cadena de suministro y trazabilidad en la agricultura, y resaltar los desafíos tecnológicos en la implementación de cadenas de abastecimiento agrícolas rastreables.</p>	<p>Proponiendo desarrollar ciertas herramientas de medición que sean adecuadas para el etiquetado e identificación de productos alimenticios, caracterizando actividades y procesos, abordando sistemas de información para la captura, análisis, almacenamiento y comunicación de datos. Da a entender las razones por lo cual los avances tecnológicos (medición, análisis genético, monitoreo ambiental) han sido y serán de suma importancia a la hora de implementar un sistema de trazabilidad.</p>	<p>Producción,</p>	<p>NO</p>
P14	<p>Indica que la gestión colaborativa de la información en la cadena de suministro Agro es la clave para mejorar la competitividad de toda la cadena de suministro.</p>	<p>Se resumen 4 modos típicos de cadena de suministro agrícolas que existen en china actualmente (Productos agrícolas orientadas al mercado mayorista, Las empresas de transformación de productos agrícolas, las empresas minoristas de gran escala, centros de logística de productos agrícolas); luego a través de un análisis exploratorio con las cadenas de suministro de Wumart se propone una estrategia de gestión colaborativa de información en las cadenas de suministros chinas. Wumart desarrollo un VRM (supplier relationship management system) con base en el sistema ERP, con esto existía una integración perfecta de todo el proceso desde el proveedor hasta el consumidor. Esta colaboración y fácil acceso a la información hace que sea más fácil implementar un sistema de trazabilidad.</p>	<p>Producción, Logística</p>	<p>NO</p>

P15	Aborda la colaboración y la cadena de suministro agroalimentaria de forma sustentable	<p>Se realiza una revisión literaria de cómo se abordan el tema de cadena de suministro sostenible. Se estudia también la colaboración en la gestión sostenible de la cadena de suministro agroalimentario</p> <p>Desde perspectivas verticales y horizontales. Se hace énfasis en que Uno de los factores críticos en la cadena de suministro alimentario es cómo garantizar una justa colaboración entre todas las partes interesadas, pues esta ayuda a maximizar los beneficios y minimizar los riesgos (esto ayuda bastante al momento de implementar un sistema de trazabilidad). Y se deja a relucir que hay pocos estudios centrados en la colaboración integrada para lograr un sistema de cadena de suministro sostenible.</p>	Logística	NO
P16	Cuales patrones y tecnologías son adecuados para permitir la trazabilidad de una cadena de suministro a través de la colaboración del negocio electrónico.	<p>Se discuten los principales problemas emergentes en diferentes niveles de desarrollo de sistemas de trazabilidad. Se introduce un modelo de datos para la trazabilidad (UML) y un conjunto de patrones adecuados para codificar la semántica de trazabilidad de forma genérica. Luego se discuten los estándares tecnológicos adecuados para definir, registrar y activar la colaboración empresarial. Y por último se muestra una implementación práctica de un sistema de trazabilidad a través de una experiencia del mundo real en las cadenas de suministro de alimentos. XML y SOAP pueden ser considerados sin duda tecnologías que permiten establecer un buen sistema de trazabilidad.</p>	Producción, Comercialización, clientes	SI
P17	Propone un marco integrador para la colaboración en la cadena de suministro que se da entre los miembros participantes dígase minorista y proveedor, es decir, la interacción de las diferentes características de conexión de la colaboración basada en el intercambio de información usando estándares de datos y procesos.	Se adopta un enfoque para captar la interacción de las diferentes características de la colaboración entre minoristas y proveedores, para con esto lograr el desempeño general de la cadena de suministro	Producción, Almacenamiento y distribución.	NO
P18	Una taxonomía crítica respecto a las relaciones con las entidades vinculadas en la cadena de suministro de acuerdo a las estrategias, prácticas y operaciones en un ambiente colaborativo y qué necesitan estos para el diseño y la gestión de las Cadenas de Abastecimiento Agroalimentario.	Se realiza una clasificación (taxonomía) respectiva de los componentes de la cadena de abastecimiento en una cadena de suministro del sector agroalimentario, basado en el diseño y planificación de la misma.	Aprovisionamiento y almacenamiento	NO

P19	<p>Analizar el concepto de colaboración en la cadena de suministro, es decir, la aplicabilidad de la colaboración a lo largo de la cadena de suministro en una industria agroalimentaria.</p>	<p>Se da a entender el concepto de colaboración como estrategia más cercana para aquellos actores de la cadena de suministro aplicado en el sector agroalimentario, dígase en la interfaz productor-procesador, basándose en la interacción de información y el establecimiento de relaciones en el sector agroalimentario.</p>	<p>Producción distribución</p>	<p>y</p>	<p>NO</p>
P20	<p>Describe el mejoramiento de la colaboración en la cadena de suministro, es decir, mejorar el desempeño de los miembros que compone la de cadena de suministro en el sector agroalimentario.</p>	<p>Se presenta un marco para el desarrollo de redes innovadoras de cadena de suministro de en el sector agroalimentario, en cual se discute las implicaciones para los sistemas de medición del desempeño. Se presentan oportunidades de mejoras en el mismo, dígase, dirigir el diseño y la gestión de la cadena hacia el rendimiento requerido.</p>	<p>Producción, transporte, almacenamiento, y distribución</p>	<p>y</p>	<p>NO</p>
P21	<p>Estudiar los principales requisitos de trazabilidad y tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) la tecnología puede abordar estos requisitos. Además, busca esbozar tanto un modelo de datos de información como una arquitectura de sistemas que harán que la trazabilidad sea factible y fácilmente desplegable a través de una cadena de suministro.</p>	<p>Se sigue un enfoque tecnológico asociando los requisitos de trazabilidad a un diseño de sistema con costo asociado y que facilite de su despliegue, dígase la tecnología RFID para cumplir con los requisitos de trazabilidad y qué enfoque tecnológico es más apropiado.</p>	<p>Producción, almacenamiento y transporte.</p>	<p>y</p>	<p>SI</p>

Tabla 2 Resumen de Artículos

4 Estado del Arte

El presente trabajo está sustentado en un estado del arte, donde, con la información recabada de las diferentes fuentes se les da respuesta a las interrogantes que se plantean al principio del trabajo, permitiendo así una mayor comprensión y análisis del documento. De esta forma el presente apartado de estado del arte se estructura en los siguientes apartados: *Trazabilidad de productos, como funciona un sistema para la trazabilidad, requisitos que debe cumplir un sistema de trazabilidad, procesos de negocios utilizados para hacer funcionar un sistema de trazabilidad, elementos o subsistemas que debe tener un sistema de trazabilidad, cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de cadena de suministro agrícola colaborativa, cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de cadena de suministro agroalimentaria colaborativa y, barreras que pueden impedir la implementación de los sistemas de trazabilidad.*

4.1 Trazabilidad de productos

La trazabilidad como término surge en 1996, dando respuestas a las exigencias de los diversos consumidores. Dado a la crisis sanitaria que se vivía en Europa, se comienza a abordar el tema de la trazabilidad *respondiendo a las exigencias de los consumidores quienes se implicaron fuertemente a raíz de dicha crisis sanitaria, y del descubrimiento e impacto de la enfermedad de las Vacas Locas en los distintos países.*

Como menciona [Opara \(2003\)](#), la demanda de trazabilidad en la agricultura ha crecido considerablemente en los últimos años con el aumento de la incidencia de los riesgos de seguridad relacionados con los alimentos (tales como la fiebre aftosa, la enfermedad de las vacas locas, la contaminación microbiana de los alimentos frescos, la dioxina en las aves de corral).

El fuerte riesgo de contaminación a los alimentos, los avances químicos y genéticos, los nuevos virus y enfermedades que aparecen constantemente hacen que la confianza del consumidor se reduzca drásticamente, puesto que son propensos a ser afectados negativamente ante una de estas situaciones; razón por la cual la trazabilidad es algo totalmente esencial hoy en día para los clientes y consumidores de productos de alimenticios; incluso se establecieron leyes y reglamentos para que se implemente la trazabilidad como algo obligatorio. Esto permite que si algún producto no cumple con

las especificaciones de seguridad, o presenta algún problema, saber dónde surgió y determinar donde están ubicados esos productos afectados para disponer de ellos.

La trazabilidad es aplicable a diversos productos de diversos sectores, de los cuales se mencionan ejemplos a continuación para tener conocimiento del vasto campo donde es utilizada y los beneficios que posee implementarla.

Sector agropecuario



Ilustración 1 Sector Agropecuario

La trazabilidad es aplicable en su totalidad de manera muy eficiente al sector agropecuario. Existen muchos modelos de trazabilidad alrededor del mundo sumamente interesantes y estas están siendo utilizadas en diferentes tipos de animales que ya conocemos. En la actualidad hay tecnologías que van desde la identificación visual hasta identificación por chips de radiofrecuencia.

Sector agrícola



Ilustración 2 Sector Agrícola

Desde hace tiempo se viene aplicando la trazabilidad a productos agrícolas como frutas, verduras, vinos, etc. Por razones de seguridad alimentaria, exigencias y normas y reglamentos de los países donde se exportan estos productos. A diferencia de la identificación individual como es el caso en animales, la identificación en este caso es por lotes de producción.

Sector construcción

Al igual que el sector agropecuario y el agrícola, el sector de la construcción está utilizando la trazabilidad para rastrear los productos que utilizaran en sus obras, que certificados de calidad posee, que pruebas de laboratorio les fueron realizadas, fechas de embarque, etc. Así, si pasa cualquier eventualidad se puede estar al tanto respecto a los materiales que se utilizaron.



Ilustración 3 Sector Construcción

Definiciones de trazabilidad

Hay que tener en cuenta que la palabra Trazabilidad no existe en el castellano, más bien sería rastreo de producto, o seguimiento de producto, pero ya se ha adoptado el término, así que se seguirá con el término de trazabilidad. A continuación se muestran diferentes definiciones del término trazabilidad:

Según [Clarke, T.P. Wilson \(2007\)](#), la trazabilidad de los alimentos puede definirse como la información necesaria para describir la historia de producción de un cultivo alimenticio y cualquier transformación o proceso posterior al que el cultivo pueda estar sujeto en su viaje desde el productor hasta el plato del consumidor.

Todos los procesos que deba pasar un producto, incluso desde que se genera la semilla en caso de ser una planta, pasando por la siembra, la fertilización, la cosecha, el almacenaje, transporte,

etc., hasta llegar el cliente final debe estar registrado, y se debe tener acceso a esa información cuando sea necesaria. También cómo la producción de ese producto afecta al medio ambiente.

Poder recopilar esta información y saber utilizarla para asegurar la calidad del producto en todo momento aporta beneficios a la industria alimentaria.

Otra definición es la adoptada por la [ISO standards \(2001\)](#), la cual define la trazabilidad como la propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde éste pueda estar relacionado con referencias especificadas, usualmente estándares nacionales o internacionales, a través de una cadena continua de comparaciones todas con incertidumbres especificadas.

Esta definición, es un poco menos específica y sin muchos detalles en comparación con la anterior, y se basa más en el cumplimiento de estándares; pero nos brinda un concepto más generalizado del término. Y teniendo en cuenta el grado de importancia de la ISO en cuanto a estándares de calidad esta definición engloba bien el término.

Luego de la situación de la enfermedad de las vacas locas, el parlamento europeo dispuso de un reglamento para que todos los involucrados en la crianza, producción, distribución, etc., de productos, dispongan de un sistema de trazabilidad para dichos productos. Por tanto tienen una definición de trazabilidad que, de acuerdo con artículo 3 del Reglamento 178/2002 [Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea \(2002\)](#), trazabilidad, es la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo.

Esta definición es mucho más práctica y específica, y denota más certeza a la hora de referirse a los productos que engloba, se refiere a la producción y esto no lo menciona la definición de la ISO, incluso hace mención de pienso (mezcla de alimento para mascotas), de animales, e incluso de sustancias que podrían ser incorporadas en los alimentos.

Entrando un poco más en el tema de productos agrícolas específicamente, se presentan varias definiciones de trazabilidad en este ámbito.

Primero, la definición de trazabilidad del producto agrícola, proporcionada por la Comisión del Codex Alimentario de las Naciones Unidas (CAC), es la capacidad de rastrear los productos agrícolas en el proceso de producción, procesamiento y distribución en cualquier etapa especificada.

Esta no es muy detallada pero hace énfasis en los productos agrícolas específicamente, y más luego de lo que se vivió en Estados Unidos con respecto al ántrax, tienen bastante cuidado en todo lo que entra a su territorio, y de donde proviene.

Por último, [Opara \(2003\)](#), hace referencia a la trazabilidad agrícola como la recolección, documentación, mantenimiento y aplicación de la información relacionada con todos los procesos de la cadena de suministro de un producto, de tal forma que se pueda proporcionar garantía a los consumidores y demás partes interesadas en conocer la información sobre la ubicación, origen y la historia de dicho producto, y en caso de una violación de seguridad o falta de calidad proporcionar ayuda para estos fines.

La trazabilidad tiene la habilidad de identificar la granja donde se cultiva un producto alimenticio, y dar el seguimiento hacia adelante, mediante, y hacia atrás, y así determinar mediante registros la ubicación e historia en la cadena de suministro de un producto. Por esta razón es tan importante la trazabilidad en el tiempo actual, y lo seguirá siendo. Y como menciona [Thakur & Hurburgh \(2009\)](#), la trazabilidad es importante porque puede responder a las amenazas a la seguridad alimentaria, documentar la cadena de custodia, cumplir con las regulaciones e incluso analizar la logística y los costos de producción.

Cada una de las definiciones tratan la trazabilidad con cierta similitud, aun si es en sentido general, o de un área en específico, ahora bien, las definiciones que más aciertan son las de Clarke y Opara, ya que están más detalladas y ofrecen una mejor comprensión del término.

A forma de conclusión, cabe resaltar que Estados Unidos y la Unión Europea poseen sus propias definiciones de trazabilidad, así mismo como sus leyes, de las cuales se hablarán más adelante, que de forma obligatoria establece a todas las partes involucradas en el proceso de producción hasta la venta de un producto tengan un sistema de trazabilidad implantado, que sea funcional, y que tengan a disposición de las autoridades la información cuando sea requerida.

4.1.1 Tipos de Trazabilidad

Dentro de lo que es trazabilidad, existen varios tipos según el punto de la cadena donde se encuentre el o los productos que se van a comercializar. Es preciso que se distinga bien y se aproveche cada una de las etapas para que el sistema de trazabilidad funcione correctamente, puesto que si hay aunque sea un fallo en alguna de las etapas, esto se puede ver reflejado en las demás y causar incongruencias en el sistema.

Trazabilidad hacia atrás

En cuanto a la producción primaria, la trazabilidad hacia atrás se refiere al control de todos los productos que entran en la explotación y sus proveedores; buscar el origen. En esta se debe tomar en cuenta varios puntos como, de quien se reciben los productos, o sea el origen que tienen estos y los detalles de quien los provee; así, si sucede algún percance permite comunicarse con dicho proveedor. Que se está recibiendo, esto refleja la cantidad de producto, al igual que su fecha de vencimiento, entre otros detalles. Si la factura tiene todos los detalles de lugar, se puede registrar y tener estos datos. Otra cosa a tener en cuenta es cuando recibimos el producto, aquí se registra la fecha de entrada exacta; y así mismo donde serán almacenados. Es de regla que los almacenes donde se coloquen estos productos deben estar debidamente identificados.

Con este tipo de trazabilidad se pretende descubrir cuáles son los productos que entran a la empresa. Por tanto, es fundamental registrar datos como nombre del proveedor, información detallada sobre el proveedor, número de lote del proveedor, los resultados de controles higiénicos-sanitarios. Para todo esto, es prioritario que el proveedor aporte ciertos documentos como, la factura, resultados analíticos del producto, algunos registros de información adicional como la alimentación animal, vacunas y tratamientos, etc. Y que exista un aval de que el producto está libre de organismos que hayan sido modificados genéticamente.



Ilustración 4 Trazabilidad hacia atrás

Trazabilidad Interna

La trazabilidad interna o de proceso, es vincular los productos que entran, con los que se distribuyen a los clientes. Debido a esto se debe controlar el historial desde el almacenaje, hasta que los productos son procesados dentro de la empresa; deben quedar reflejadas todas las labores o procesos que se le apliquen al producto una vez está en la planta que puedan tener una repercusión en la seguridad alimentaria. Para eso, es fundamental el registro y conservación de la información sobre aquellos productos que van a ser incorporados al proceso, relacionar los productos con la información procedente del APPCC o HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), y al final saber a partir de cuales productos se fabrican los productos finales de la empresa.

La trazabilidad interna desempeña un papel muy importante en la trazabilidad de la cadena de suministro (Thakur & Hurburgh, 2009). Una de las técnicas que se utilizan para desarrollar la trazabilidad interna es el IDEF0, con este es posible representar de forma gráfica operaciones de fabricación, negocios, etc. También se debe tomar en cuenta que, para que la trazabilidad sea efectiva, debe existir una combinación entre la interna y la de la cadena. Y para que esto funcione debidamente, todos los miembros de la cadena deben conocer a detalle su proveedor y sus clientes. En esa misma línea Bevilacqua et al. (2009) hacen énfasis, en que el desarrollo de sistemas avanzados de trazabilidad interna puede mejorar la eficiencia de la recopilación de datos, el control de la planta y el aseguramiento de la calidad. Por lo tanto, es fundamental una buena trazabilidad interna para que la empresa pueda funcionar de forma correcta en cuanto a los productos y la seguridad alimenticia.

Algo que es muy relevante como menciona Bosona & Gebresenbet (2013), es que la trazabilidad debe ser capaz de abordar tanto la trazabilidad interna, como la de la cadena con información para el ciclo de vida total del producto; debe abarcar tanto hacia atrás como hacia adelante en cuanto a la información del producto.

Trazabilidad hacia delante

La trazabilidad hacia delante, permite conocer el destinatario inmediato del producto que se comercializa. Para ello se debe identificar al cliente, el artículo o producto, así como el lote que fue vendido, la caducidad que tiene el producto, el almacén de donde salió y la fecha en la cual el producto es expedido. En este control se dejan fuera los consumidores finales de los productos.

Para llevar a que esto funcione, es esencial el registro y conservación, no sólo sobre los productos enviados, sino también quiénes son sus clientes. Por lo cual, se deben registrar los datos del cliente, información detallada sobre el producto, los resultados de controles higiénicos/sanitarios que se llevan a cabo en el momento de su envío, e incidencias y medidas correctoras que se han aplicado, y a dónde se envía el producto, conjuntamente con su fecha de envío y número de lote.

En un sistema de trazabilidad cada eslabón de la cadena tiene la obligación de facilitar la información al siguiente eslabón. Gracias a esta responsabilidad de cada uno de los eslabones, se puede trazar el origen y destino de un producto de forma correcta, y así permitir que la cadena alimenticia se mantenga firme y sin problemas.

Aunque los tres tipos de trazabilidad son importantes, la interna es la más crucial, pues es la que sirve de conexión entre la de atrás y la de adelante, permitiendo que la información fluya correctamente.

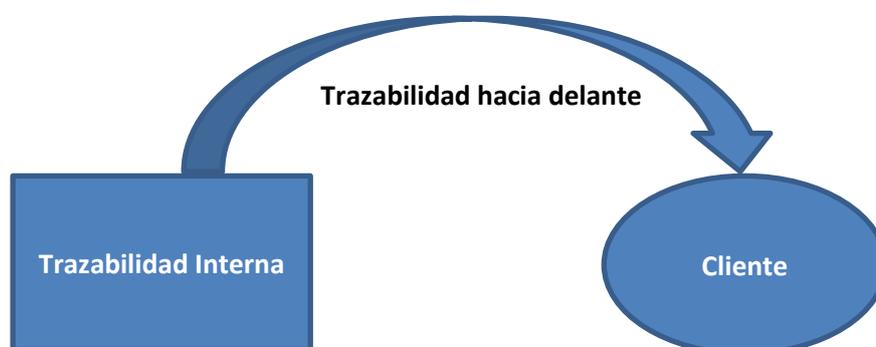


Ilustración 5 Trazabilidad hacia delante

Aquí se puede visualizar una imagen que contempla los tres tipos de trazabilidad a modo de resumen.

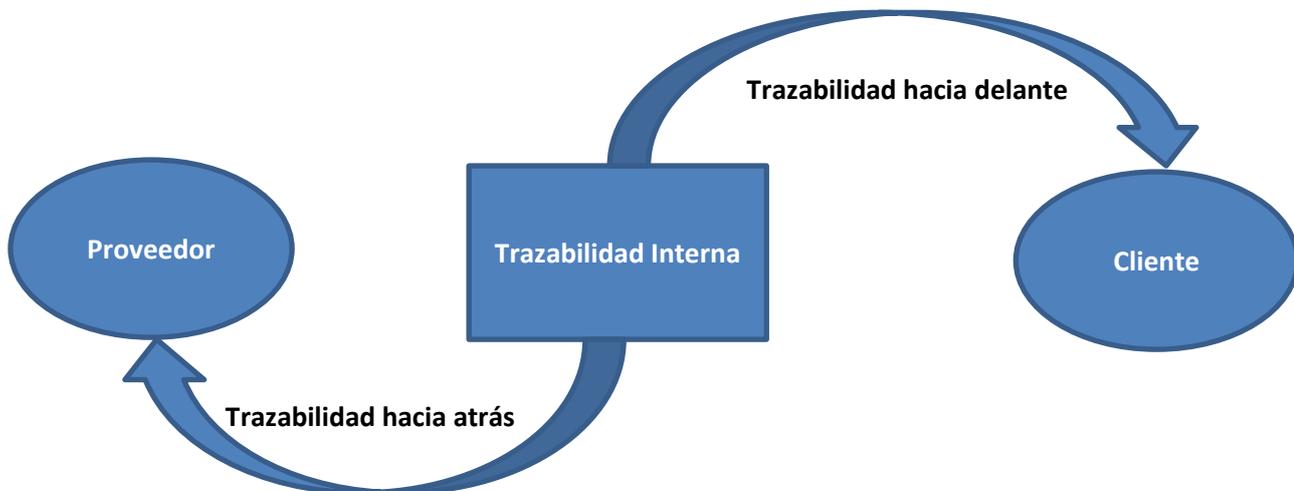


Ilustración 6 Trazabilidad completa

4.1.2 Marco Legal

Debido al hecho de que los alimentos para el consumo, tanto humano como para mascotas, son sumamente importantes, ya que pueden afectar de forma negativa o positiva al ser humano; se ha instaurado reglamentos, leyes, estatutos, etc. Para velar por el cumplimiento de los estándares y procedimientos que deben ser necesarios.

Luego de lo que paso en Europa con la enfermedad de las vacas locas, el parlamento Europeo estableció unos estatutos para que dicha situación no se repitiera; así mismo los Estados unidos luego de los atentados con ántrax establecieron fuertes normas y reglas para todos los productos que entraban a su territorio. También en muchos otros países tienen leyes y reglamentos para la trazabilidad alimentaria, pero en esta parte nos centraremos en los de la unión europea y los estados unidos.

Ley en Estados Unidos

El 3/1/2012 por medio de la FDA (Food and Drug Administration) entró en vigencia en estados unidos una norma final: “Establecimiento, Mantenimiento y Disponibilidad de Registros: Enmienda de Requisitos de Disponibilidad de Registros” para modificar la regulación de la FDA sobre los requisitos de disponibilidad de registros, y con esto implementar las reformas a la Ley Federal de

Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FD & C Act) hecha por la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA).

Dicha norma, aumenta el alcance de los registros que la FDA puede requerir a un agricultor, distribuidor o minorista. Los registros pueden ser solicitados hasta por 2 años de antigüedad. Esto hace que el almacenamiento electrónico confiable sea una necesidad de cualquier programa de trazabilidad.

La FDA debe poder identificar las fuentes de alimentos inmediatos previos, y los receptores subsecuentes inmediatos basados en sus registros. Con esto la FDA puede solicitar registros para alimentos que no estén directamente sujetos a un retiro de producto. Así mismo puede requerir alimentos que tengan una *creencia razonable* de contaminación. La FDA puede también solicitar copias de registros de *quejas y eventos adversos*, y registros de retiros de producto, además de su información de trazabilidad.

La FDA únicamente puede *solicitar* acceso a la información. Pero, la multa por negar información puede tener serias consecuencias, dentro de las cuales esta suspender el registro del negocio o empresa, impidiendo que haga cualquier operación de vender o exportar alimentos; tomar posesión de los alimentos requisados; obligar mediante una orden a que sean retirados los alimentos; incluso iniciar una acción civil o criminal en contra de la empresa afectada.

Ley en la Unión Europea

El Reglamento n° 178/2002 relativo a los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria.

A través de este Reglamento se crea la **Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria**. Y mediante el cual se establecen procedimientos relativos a cuestiones que influyen directa o indirectamente en la seguridad de los alimentos y los piensos.

Establecido por [Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea \(2002\)](#) el reglamento n° 178/2002 establece tres principios generales que, desde la entrada en vigor del mismo, prevalecen sobre lo dispuesto en los restantes textos legales vigentes en su ámbito de aplicación:

- La legislación alimentaria, perseguirá el objetivo general de lograr un nivel elevado de protección de la vida y la salud de las personas, así como el de proteger los intereses de los consumidores, incluidas unas prácticas justas en el comercio de alimentos, teniendo en cuenta, cuando proceda, la protección de la salud y el bienestar de los animales, los aspectos fitosanitarios y el medio ambiente;
- La legislación alimentaria, tendrá como finalidad lograr la libre circulación en la Unión Europea de alimentos y piensos fabricados o comercializados de acuerdo con los principios y requisitos generales previstos en el propio Reglamento n° 178/2002; y
- Cuando existan normas internacionales, o su formulación sea inminente, se tendrán en cuenta a la hora de elaborar o adaptar la legislación alimentaria, salvo que esas normas, o partes importantes de las mismas, constituyan un medio ineficaz o inadecuado de cumplir los objetivos legítimos de la legislación alimentaria, o exista una justificación científica, o el nivel de protección que ofrezcan sea diferente al determinado como apropiado en la Unión Europea.

Prácticamente este reglamento, indica que todo lo que se mueve dentro de la unión europea (en cuanto a alimentos se refiere) debe tener un registro desde el principio hasta el final.

El artículo 17.1 del Reglamento, impone a los explotadores de empresas alimentarias a la obligación de participar de forma muy activa en la aplicación de los requisitos de la legislación, verificando su cumplimiento. Esto guarda relación con otros requisitos obligatorios establecidos en normativas específicas como los del HACCP.

Esto permite que exista un control estricto sobre las empresas que se dediquen al sector de la alimentación, ya que si no cumplen los requisitos estarían prácticamente quedando fuera del mercado, tanto europeo como internacional.

Es interesante que en el artículo 17.2 el parlamento obligue a que cada miembro vele por que se cumplan dichos estatutos, incluso a que tengan registros y dispongan información al público sobre la inocuidad de dichos alimentos.

El artículo 18 cita:

En todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución deberán asegurarse la trazabilidad de los alimentos, los piensos, los animales destinados a la producción de alimentos y de cualquier otra sustancia destinada a ser incorporada en un alimento o un pienso, o con probabilidad de serlo.

Así mismo hace mención a que, los explotadores de empresa deben saber identificar a quienes les hayan suministrado algún tipo de alimento o pienso, lo cual es de lo que se trata la trazabilidad en gran parte, así como también que deben estar correctamente etiquetados para que la rastreabilidad sea efectiva.

En el artículo 19 de dicho reglamento menciona que, si una empresa tiene algún producto en el mercado que cree que no cumple con los requisitos de seguridad e higiene, tiene la obligación de retirarlo del mercado. Lo cual en gran parte es el objetivo de la trazabilidad, garantizar que se puedan retirar o recuperar productos que no cumplan con los requerimientos establecidos.

También existe el Reglamento (CE) número 1831/2003, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, respecto a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos, que obliga a los operadores de productos a transmitir por escrito si dicho producto contiene OMG (Organismo Modificado Genéticamente) o está compuesto por alguno.

4.2 Cómo funciona un Sistema para la Trazabilidad

Existen diferentes cadenas de suministro, por lo tanto así mismo existen diferentes sistemas de trazabilidad dependiendo a que cadena de suministro vaya a ser aplicado. Normalmente, en donde más se aplican los sistemas de trazabilidad es en el sector agropecuario y el sector agrícola.

En referencia al sector alimentario, [Bosona & Gebresenbet \(2013\)](#) mencionan que el sistema completo de trazabilidad debe abordar el rastreo de los productos, y la información completa relacionada con el historial del producto en toda la cadena.

Aunque sean escasos los documentos que hagan referencia a cómo funciona un sistema de trazabilidad, algunos autores concuerdan en ciertos puntos al momento que hablan de un sistema de trazabilidad (Opara, 2003; Thakur & Hurburgh, 2009); se rastrea el producto con todos los detalles referentes al mismo a lo largo de la cadena, se deben almacenar esos datos y tenerlos a disposición de las partes que los necesiten.

Para una mayor comprensión, en la siguiente imagen se puede apreciar gráficamente un ejemplo de cómo funciona un sistema de trazabilidad.



Ilustración 7 Sistema de Trazabilidad

Se aprecia como cada eslabón de la cadena está conectado al sistema de trazabilidad, donde cada cual aporta los datos relevantes a las actividades y procesos que realizan en la cadena de suministro, y estos pueden ser consultados y revisados por los demás integrantes de la cadena; permitiendo así el flujo de información en todo momento, esto es primordial para que el sistema cumpla el objetivo por el que fue implantado. Incluso los consumidores pueden acceder a la información, y visualizar toda la información referente al producto que está adquiriendo.

En los sistemas de trazabilidad existen dos tipos de flujos, los cuales son flujos físicos y flujos de información



Ilustración 8 Tipos de Flujo

Los flujos físicos, son todos aquellos que involucran la manipulación del producto de principio a fin, desde el primer eslabón de la cadena y pasando por los demás hasta llegar al cliente final. Y a su vez el flujo de información, se refiere a como se registran los datos, saber identificar y organizarlos, y tenerlos a la disposición para poder transmitirlos cuando sean requeridos.

A lo largo de la cadena de suministro, se toman en cuenta los procesos de negocio que intervienen para que el producto cumpla con su ciclo. Para los sistemas de trazabilidad en general, lo referente al flujo de información es muy similar para todos, pues los procesos de registrar la información, identificarla, organizarla, la forma como se dispone de ella son similares, aunque los procesos en el ámbito del sector agrícola son más específicos de dicha cadena, como es la siembra, la producción, fertilizar la tierra, empaçar los productos, trasportarlos. Que respecto a la cadena agropecuaria suele ser diferente ya que en ese caso no hay que fertilizar la tierra, no existe la siembra, el transporte y la producción se manejan de forma diferente.

4.2.1 Beneficios

Aunque en la unión europea, mediante el reglamento 178/2002 es obligatorio tener un sistema de trazabilidad implantado todas aquellas empresas que trabajen con alimentos cabe resaltar que la implementación de este sistema trae consigo una serie de beneficios a los participantes. Dentro de los cuales [Bosona & Gebresenbet \(2013\)](#) hace mención. Lo primero es que aumenta la satisfacción de los consumidores, esto se debe a que los consumidores tienen toda la información disponible del producto y esto les supone una mayor garantía al momento de adquirir dicho producto; así también

otro beneficio es que mejora la gestión de crisis alimentaria, con esto se reduce los productos que no son seguros o no tengan la calidad deseada, y permite de forma más fácil retirar productos del mercado en caso de alguna eventualidad ya sea de riesgo de enfermedad, o falta de calidad. También permite desarrollar competencias, esto es muy importante para el crecimiento y evolución de la cadena de suministro ya que aumenta la competitividad y la productividad.

Un beneficio muy importante es la contribución tecnológica y científica que aporta el sistema de trazabilidad, cada vez que la tecnología sigue en aumento, y en la rama de los alimentos esto se evidencia, así como la gran cantidad de datos que son recopilados en el sistema en algún momento pueden ser usados para estudios científicos o pruebas. Y también contribuye a la sostenibilidad agrícola. Con el sistema de trazabilidad se puede incrementar la calidad de los sistemas de producción de alimentos, ya que aumenta la razón de los trabajadores. Como toda la información queda registrada esto le da mayor fiabilidad y transparencia aportando así a la sostenibilidad agrícola. En todos los casos, los beneficios de la trazabilidad se traducen en mayores ingresos netos para la empresa (Thakur & Hurburgh, (2009).

4.3 Requisitos que debe cumplir un Sistema de Trazabilidad

En continuidad con el punto anterior ahora se mencionan los requisitos que debería cumplir un sistema de trazabilidad.

Como todos los sistemas, un sistema de trazabilidad debe reunir una serie de requisitos para que pueda funcionar correctamente. Aunque en la literatura no existe un documento específico que nombre los requisitos para un sistema de trazabilidad en general, muchos de los autores mencionan requisitos que deben tener los sistemas de trazabilidad, por lo cual se hizo una recopilación de los mismos y se muestran a continuación.

- *Sistema de información que permita el intercambio de información entre cliente y proveedor como facilitador de colaboración*

Es sabido que, para el correcto funcionamiento de un sistema de trazabilidad debe de existir un sistema de información que permita el flujo de información entre las partes, como menciona Xinting et al. (2012) el sistema se aplica con las tecnologías de base de datos, de red, de codificación y de alerta temprana. El sistema puede realizar diversas tareas como la de producción, comparaciones estadísticas, imprimir código de barras, retroalimentar en temas de calidad, entre otros.

Dicho sistema es imprescindible, ya que la trazabilidad trata de dar seguimiento al producto en todos los puntos y registrarla, y sin un sistema de información esto sería más complicado.

- *Relación entre los actores de la cadena*

Uno de los puntos importantes de este trabajo es el tema de la colaboración entre los participantes de la cadena de suministro, ya que si no existe una buena comunicación entre las partes involucradas el sistema no funcionará correctamente. Cada parte de la cadena podría utilizar un método de recolectar datos diferentes, o registrar los datos de otra forma con respecto al otro, esto afecta claramente al sistema, pues aun el sistema esté correcto si la información no es correcta causaría daños tanto a las empresas involucradas como a los clientes. En el trabajo de [Rábade & Alfaro \(2006\)](#) se basa prácticamente en esto, la influencia de la relación comprador-proveedor al momento de implementar un sistema de trazabilidad agrícola, incluso se menciona un ejemplo de una empresa que creó un departamento para mantener monitoreado las relaciones entre la empresa y sus proveedores. Cuyo objetivo fue monitorear todas las actividades en el rastreo de verduras que compraban a sus proveedores.

- *Definición de criterios para la agrupación de productos*

Algo primordial para el funcionamiento de la cadena de suministro es saber cómo serán agrupados los productos, y estos datos registrarlos en el sistema.

Debe existir una coordinación entre los eslabones de la cadena en cuanto a este tema, puesto que, debe estar claro en su totalidad como cada integrante agrupa el producto en las diferentes etapas de la cadena.

Por lo general, los productos se pueden agrupar de diferentes formas. Está la agrupación por lotes unitarios, o lotes multiproducto, dependiendo del tipo de producto que sea, también puede ser en cajas de cartón o de madera, y a su vez organizarlos en palet de ser posible, etc. Lo cual conlleva a que en la cadena se definan que criterios utilizara cada integrante para agrupar el producto y así no haya errores o percances.

- *Sistema de codificación.*

Bechini et al. (2008) menciona varios modos para codificar la información obtenida de los productos, GS1 proporciona capacitación y apoyo para la tecnología EPC para sostener el uso de etiquetas RFID. El identificador EPC es un esquema de meta-codificación diseñado para atender las necesidades de diferentes tipos de industrias. El identificador EPC, acomoda el esquema de codificación existente (siempre que sea posible) y el nuevo esquema (cuando sea necesario). Estos son buenos candidatos para la identificación global, pero existen otros métodos que se podrían utilizar que son menos costosos, dependiendo el tamaño de la cadena, puesto que hay empresas que no son tan grandes y la implementación de un sistema como los mencionados anteriormente supone un gasto muy elevado.

El paso más importante para una buena gestión de la información del sistema de trazabilidad, es la identificación del lote, ya que esta es la clave para poder recuperar los datos. Y ya que esto va relacionado directamente como se codifican los productos, si falla la codificación estaría en riesgo la identificación efectiva de los productos.

Cabe decir que los distintos eslabones de la cadena de suministro deben poseer el mismo sistema de codificación, para de esta forma evitar situaciones que se puedan presentar, las cuales no serían beneficiosas para ningunos.

Xinting et al. (2012) menciona un ejemplo, y es que para una granja de ganado se puede utilizar un código de barras EAN 128 para codificar la identificación y la información complementaria en relación a un animal, entre otros detalles. También es utilizado el código de barras convencional y el sistema RFID.

- *Establecer registros y documentación necesarios*

Una vez se tiene el sistema de información, así como la manera en que se van a codificar y agrupar los productos, lo próximo es establecer los registros y la documentación necesaria que serán ingresados al sistema.

Ya que no toda la información tiene que ser relevante, debe existir un método específico para registrar la información, algo estándar para todos los miembros de la cadena. Esto es fundamental ya que el sistema de trazabilidad se basa en esto, en tener toda la información relevante sobre un

producto en toda la cadena, y si no existen estos registros y documentos no se podrían subir al sistema. Aunque la mayoría, por no decir todos, los datos son capturados digitalmente, hay informaciones que pueden registrarse de forma manual y después digitalizarla, para esto establecer los registros es muy importante.

- *Herramientas de recopilación de información.*

En este punto a lo que se refiere es, a la tecnología utilizada para registrar o recabar esa información que necesitamos saber de los productos. [Xinting et al. \(2012\)](#) hace referencia a esto, e indica que una interfaz de recolección de datos se establece entre un primer dispositivo de gestión de suministro, y una base de datos de transacción. Existen diferentes dispositivos que permiten recopilar información, en los últimos tiempos con la tecnología bastante avanzada prácticamente o que se utilizan son lectores de código de barra, antenas de radio para las etiquetas RFID. También computadoras si es para ingresar una información manual, y el internet como herramienta para recopilar información y ponerla a disposición a través de un sistema de Internet de las Cosas (IOT)

- *El manejo de registros y las prácticas de almacenamiento*

Luego de establecer los registros y documentos necesarios y tener las herramientas para recopilar la información, lo próximo que sigue es saber cómo manejar esos registros y las prácticas para almacenarlos.

Este punto es crucial debido a que, si no se manejan los registros adecuadamente puede crearse una distorsión en la información y esto no sería bueno para el sistema de trazabilidad. La forma en cómo se dispone de los registros y como se deben almacenar, ayuda a la organización, y al correcto funcionamiento del sistema en toda la cadena de suministro. Algunos autores mencionan que, la disposición de la información es lo que hace que un sistema de trazabilidad sea confiable y efectivo.

- *Debe cumplir con las regulaciones de seguridad alimentaria*

Prácticamente todos los autores concuerdan con esto y lo mencionan, y es que cada sistema de trazabilidad que se ejecute debe respetar y cumplir las normas de seguridad alimentaria que se han impuesto. Todos los involucrados en la cadena de suministro deben cumplir con estas regulaciones, la violación a estas leyes puede traer sanciones o consecuencias severas para los involucrados, ya que

se trata de alimentos que son de consumo humano, o animal, y si algo falla se pueden ver afectados muchos seres humanos, resultando esto grave para la economía de un país, o varios países inclusive.

En la unión europea es una ley que, todo el que trabaje con alimentos deba tener un sistema de trazabilidad, y dentro de la misma ley se mencionan pautas que deben seguir las empresas y los sistemas para llevar a cabo su correcto funcionamiento.

4.4 Procesos de Negocios utilizados para hacer funcionar los Sistemas de Trazabilidad Agrícola

En lo relacionado a los sistemas de trazabilidad, existen diversos procesos de negocios concernientes a esta, y se relacionarán con los procesos de negocios de una cadena de suministro agroalimentaria.

Un sistema de trazabilidad, consta de tres procesos de negocios fundamentales para su funcionamiento. Dentro de estos, está el proceso de captura de información, el proceso de registrar y almacenar esa información, y el suministro de esos registros de información.

En el siguiente grafico se puede apreciar un esquema de lo planteado anteriormente.

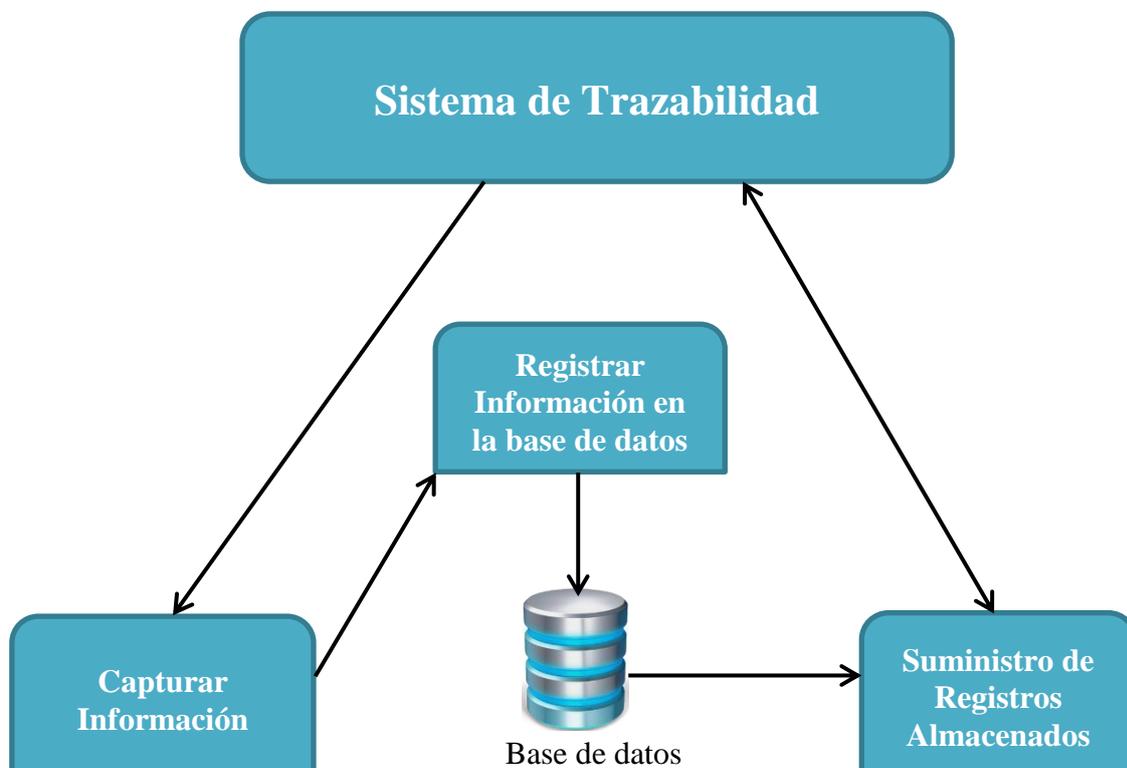


Ilustración 9 Procesos Sistema de Trazabilidad

En la imagen, se describe como los diferentes procesos del sistema de trazabilidad funcionan. Primero el sistema captura la información que se desea, luego esta información es registrada y almacenada en la base de datos del sistema de trazabilidad, y posterior a eso el sistema de trazabilidad, desde su base de datos, suministra esos registros de información almacenados a las partes interesadas.

Puede parecer un tanto simple, pero es sumamente funcional y efectivo, teniendo en cuenta las limitaciones que podría tener dicho sistema al momento de su puesta en marcha.

Hay que tener en cuenta, que no todo se registra en el sistema de trazabilidad. Solo se recolectan y registran datos relevantes para la institución, y que puedan influir en la trazabilidad del producto en toda la cadena de suministro.

Dentro de las cadenas de suministro, existen una gran cantidad de procesos de negocios. Dependiendo de cuál sea el tipo de cadena de suministro varían entre sí, en este caso en concreto, se muestran los procesos de negocios relacionados específicamente con la trazabilidad en la cadena de suministro agrícola.

Para estos procesos, se describe cómo actúa el sistema de trazabilidad sobre ellos, tomando en cuenta diversos factores.

Los más destacados en esta rama son los siguientes:

1. Cultivo
2. Producción
3. Almacenamiento
4. Aprovisionamiento
5. Distribución y ventas
6. Logística

En relación al *cultivo*, es un proceso muy fundamental para la cadena de suministro agrícola, pues es prácticamente donde todo inicia, y si necesitamos tener toda la información de la vida de un producto se parte desde este proceso.

El sistema de trazabilidad, se alimenta de la información que se le suministre. En el caso del cultivo, el sistema de trazabilidad captura la información relevante, con los criterios que sean establecidos (por ejemplo cada que tiempo se captura esa información). Dentro de esa información que captura el sistema está: el tipo de semilla o cepa utilizado, la humedad de la tierra donde fue sembrado, el tipo de abono o fertilizante utilizado para ese cultivo, si se utilizó algún plaguicida (si este es legal, o se utilizó en la concentración correcta), el agua con la cual riegan las plantas, entre otros. Estos datos son relevantes para el sistema pues, la variación de estos puede afectar el producto final.

El sistema de trazabilidad almacena estas informaciones en forma de registros, en un formato previamente establecido. Así mismo, el tiempo que esta información permanece en el sistema dependerá de lo establecido por los integrantes de la cadena, un límite de tiempo puede ser, un mes luego de pasar la fecha de caducidad del producto; así, si se presenta algún percance con el producto se pueden acceder a los datos del mismo y determinar de dónde surgió el problema.

Normalmente estos datos son solicitados por el productor, o por los demás miembros de la cadena posteriores al cultivo, así también como por los clientes.



Ilustración 10 Proceso de Cultivo

Luego está la *producción*, una vez que los productos ya están en condiciones son cultivados, y se disponen de ellos para su siguiente proceso. Este proceso es importante pues, una vez se cosechan las frutas o vegetales se procede a producir unidades o paquetes de productos, dependiendo cual sea el caso, y como dice [Opara \(2003\)](#) debido a la nueva economía agrícola y sus atributos intensivos se

plantean nuevos retos para la producción sostenible. Lo cual lleva a que los productores, se mantengan en constante crecimiento e innovación en cuanto a producción se refiere, ya sea aplicando técnicas nuevas, o modificando las ya existentes.



Ilustración 11 Proceso de Producción

En este proceso, el sistema de trazabilidad captura los datos relevantes para el producto, como: el producto fue empacado individual, o en cajas; de cuantas unidades son las cajas, cuantas cajas tiene un palet, si se le agrego algún elemento al producto (en el caso de vegetales, frutas o legumbres enlatados que se le suele añadir conservantes). Las informaciones se registran y almacenan en la base de datos según los criterios establecidos, y se ponen a disposición de quienes la requieran.

Estas informaciones pueden ser requeridas por los distribuidores, para saber los tamaños y las cantidades de los palet para ser trasportarlos, por los clientes que desean saber cómo produjeron dicho producto (si se utilizó algún método de producción ecológica por ejemplo).

Luego, continúa el proceso de *almacenamiento*, y aunque este no le agregue valor al producto, es un proceso importante en la cadena de suministro agrícola y para el sistema de trazabilidad.



Ilustración 12 Proceso Almacenar

Como se muestra en la imagen, la forma en que se almacenan los productos es importante, debido a que son productos que se pueden estropear o dañar con facilidad si no se almacenan adecuadamente.

Por lo cual, el sistema de trazabilidad captura datos relevantes a esto, ya que la gran mayoría son productos perecederos. El sistema registra información del tipo de almacén utilizado (si es un almacén seco, o refrigerado), a que temperatura se almacena el producto y por que tiempo, la forma como se apilan o agrupan los productos (la mayoría de los productos agrícolas tienen formas irregulares, lo cual hace un poco especial el almacenamiento de los mismos, no todos se pueden almacenar en palet, cajas, o en bolsas).

Estas informaciones, pueden ser requeridas normalmente por los transportistas, o por cualquier otro eslabón de la cadena que dese información relevante a este proceso.

Para que los procesos funcionen correctamente debemos tener insumos, materiales y equipos necesarios, aquí entra la parte del *abastecimiento*.

Es necesario abastecerse de elementos de los que no se dispone, para que todos los eslabones de la cadena cumplan su objetivo. Para la siembra, se necesitan las semillas o sepas que se van a sembrar; para la producción se necesitan equipos y herramientas, etiquetas; para el almacenamiento se necesitan cajas, palet, bolsas, etc., y así para cada proceso en toda la cadena se necesitara de algún elemento que se debe obtener de otra fuente.

La importancia de este proceso radica justamente en esos elementos que se obtienen, los cuales deben tener un alto grado de calidad, para que cuando sean utilizados logren el objetivo planteado; por ejemplo la compra de semillas para la siembra, si la semilla no es de buena calidad el producto

no tendrá buena calidad; y así para los demás procesos. Estos datos es preciso tenerlos en el sistema de trazabilidad justamente para tener un control de los puntos antes mencionados.

En este proceso, el sistema captura información, dentro de las cuales está: saber cuándo se compró un insumo o material, a quien se le compro. En el caso de las semillas es importante saber a quién se le compró. Así, si sucede una eventualidad, se sabe a quién reclamar. Al igual que el abono o el plaguicida utilizado, es sumamente importante saber quiénes fueron los proveedores. Todos estos datos y registros son almacenados en el sistema de trazabilidad para ser consultados por quienes lo requieran.

Una vez tenemos la producción almacenada, y pedidos de clientes, se procede a un proceso que es vital en esta cadena, la *distribución*.

Como menciona [Wang \(2014\)](#), las empresas de transformación de productos agrícolas tienen un vínculo directo con el canal de distribución, lo que las puede ayudar a simplificar la cadena de eslabones intermedios y reducir costos operativos. Así mismo dice, que la cadena de suministro tradicional de frutas y verduras tiene características de demasiados vínculos, dificultad de preservación, grandes pérdidas y los elevados costos de distribución.



Ilustración 13 Proceso Distribución

En este punto el sistema de trazabilidad captura, registra y pone a disposición los registros de: que camiones o furgonetas fueron utilizados para la distribución (si eran refrigerados o no), la temperatura a la que eran transportados los productos, que tiempo permanecieron en el vehículo, si el vehículo sufrió algún daño en el trayecto, etc.

Este proceso es importante, ya que, se puede dar el caso que el producto este correctamente almacenado, pero en el proceso de distribución sufra alguna incidencia y se deteriore o pierda

calidad, lo cual es una pérdida costosa ya que estos productos por su condición no se pueden reciclar. Razón por la cual es importante tener estos registros almacenados y a disposición de las partes interesadas en algún momento.

De igual forma, las *ventas* es el proceso que acompaña a la distribución, y es sumamente importante, pues es la que representa los beneficios que se obtendrán. Todos los procesos anteriores son necesarios para llegar a este punto, y determinaran que tan buenas serán las ventas. El sistema de trazabilidad no toma muchos datos relevantes a las ventas, pero si los relacionados a cantidad y variaciones de precios del producto en un momento determinado.

Por último, se incluye un punto que va integrado en todos los procesos, la *logística*. A pesar de que, la mayoría la asocia a logística de distribución, la logística está presente en los demás procesos. Va de la mano con el almacenamiento, con la producción, la distribución, y el abastecimiento.



Ilustración 14 Logística

La logística tiene un papel sumamente importante en la cadena de suministro, por lo tanto es información relevante para ser almacenada en el sistema de trazabilidad, y al estar prácticamente integrada en toda la cadena, directa o indirectamente se recopilan datos relacionados a la logística (como la logística al momento de la producción, la logística del transporte en cuanto a rutas y despachos, la logística de la siembra, etc.). No se concibe una cadena de suministro agrícola sin un buen empleo de la parte logística.

Estos serían los procesos de negocios más relevantes para un sistema de trazabilidad en una cadena de suministro agrícola, y cuales informaciones de estos procesos capta el sistema de trazabilidad, para registrarlos, almacenarlos y ponerlos a disposición de quienes lo necesiten.

4.5 Elementos o Subsistemas que debe tener un Sistema de Trazabilidad

En este punto, se toman en cuenta los elementos o subsistemas primordiales que debe tener un sistema de trazabilidad según las investigaciones realizadas sobre el tema. Se mencionan tres elementos, los cuales son: el sistema de identificación utilizado (en este caso el RFID), el Software utilizado, y por último la forma en cómo se guarda y se accede a la información. Para esto se propone el Internet de las Cosas (IOT).

4.5.1 Sistema de identificación RFID

El RFID o identificación por radiofrecuencia, no es más que un sistema de almacenamiento y recuperación de datos de forma remota que utiliza etiquetas RFID. Su principal propósito es transmitir la identidad de un objeto a través de las ondas de radio.

En cuanto a las etiqueta RFID, son unos dispositivos pequeños, semejantes a una pegatina, que se pueden adherir o incorporar a un producto, animal o persona incluso. Están provistos con antenas que les permite recibir las peticiones y responderlas.



Ilustración 15 Etiqueta RFID

Es preciso mencionar que el RFID utiliza como información el código EPC (código electrónico de producto), como menciona [Farooq et al. \(2016\)](#), el EPC es un número único que identifica los productos de la cadena de suministro con el objetivo de la trazabilidad. La RFID utiliza la red EPC global, especificaciones que son el conjunto de normas relacionadas entre sí para el hardware, el software y las interfaces de datos para almacenar, transmitir e intercambiar los datos de trazabilidad del producto entre los distintos socios de la cadena de suministro.

Dicho número se encuentra almacenado en un circuito integrado (normalmente en una etiqueta RFID), que puede leerse mediante radiofrecuencia. Al código EPC se le puede asociar datos relevantes al ítem al cual identifica, como fecha de vencimiento, peso, procedencia, etc., lo cual hace más eficiente la cantidad de información incorporada en la etiqueta RFID.

Un sistema RFID consta de tres componentes: Etiqueta RFID, lector de RFID, subsistema de procesamiento de datos. Los cuales en su conjunto hacen que el sistema funcione correctamente, como se muestra en la imagen.

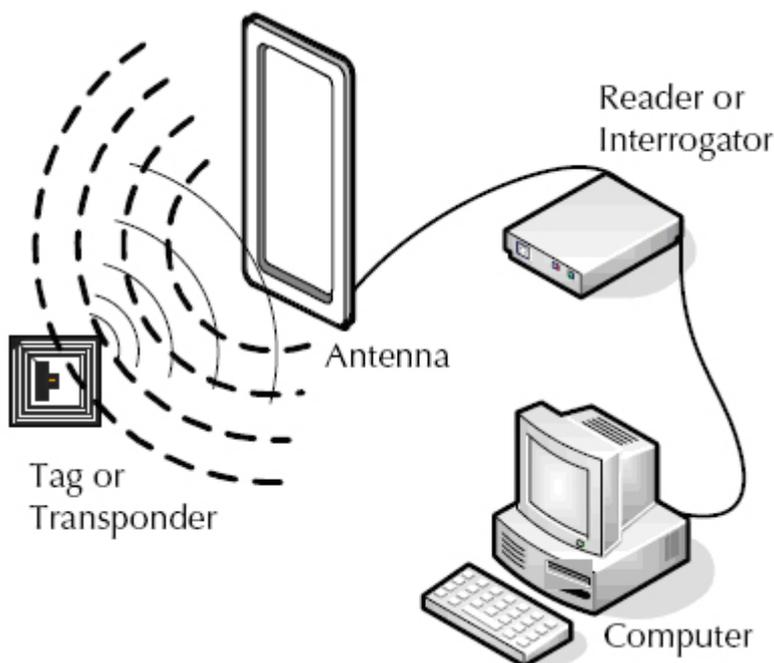


Ilustración 16 Funcionamiento de sistema RFID

El funcionamiento es como lo describe [Kelepouris et al. \(2007\)](#), donde señala que el RFID utiliza ondas de radio para identificar automáticamente objetos, y la identificación se realiza almacenando un número de serie, y tal vez otra información, en un microchip que está conectado a una antena. Este paquete se denomina etiqueta RFID. La antena permite al chip transmitir la información

de identificación a un lector. El lector convierte las ondas de radio reflejadas desde la etiqueta RFID en información digital que puede transmitirse a un sistema de información empresarial.



Ilustración 17 Etiqueta Decathlon

Un ejemplo de una etiqueta RFID utilizada actualmente es por la empresa de Decathlon, estos utilizan dicha etiqueta de radiofrecuencia en todos sus productos, lo que agiliza toda su cadena de suministro. En esta se puede apreciar el chip *RFID* dentro del sello.

Uno de los impedimentos a la hora de utilizar este sistema son los costes del mismo, ya que no todas las empresas disponen del capital necesario para utilizarlo, como hace referencia [Farooq et al.\(2016\)](#), el coste de las etiquetas RFID es el componente principal en la implementación de un sistema RFID. Porque las etiquetas RFID el costo es variable y constituyen la mayor parte de los costos de

ejecución de todo el sistema. Y esto, para una empresa que tenga una gran cantidad de producto supondría un coste elevado, como por ejemplo Decathlon que tiene un gran número de artículos. Pero, los demás gastos, incluidos el lector RFID, software RFID son casi los costos fijos de un sistema de trazabilidad basado en RFID.

A pesar de los costos elevados, lo cual representa un impedimento en ciertos casos [L. Huang et al. \(2011\)](#) indica que el RFID se ha convertido en una de las tecnologías de apoyo indispensable para el Internet de las Cosas de la actualidad, esto se reflejara más adelante en el apartado del internet de las Cosas. Ya que el RFID Tiene la posibilidad de identificación única, rápida lectura y escritura, y puede reconocer hasta 1000 etiquetas simultáneamente por segundo, esto permite realizar una trazabilidad muy eficiente para la cadena de suministro, lo cual es lo que se desea.

Como menciona [Kelepouris et al. \(2007\)](#), la RFID genera grandes oportunidades para un diseño eficaz y eficiente del sistema de trazabilidad. Basándose en la captura automatizada de datos, la información de trazabilidad se puede obtener a costos de mano de obra significativamente reducidos y con pequeños cambios en los procesos, lo cual es beneficioso para la empresa, además, la tecnología RFID combinada con la infraestructura de información adecuada puede permitir la

trazabilidad de extremo a extremo en la cadena de suministro a costos muy pequeños, que serían factibles para las pequeñas y medianas empresas.

Incluso, existe un proyecto piloto llamado “Rfid from Farm to fork” involucrado en el 7º Marco de la Unión Europea como menciona [Catarinucci et al. \(2011\)](#); la propuesta busca la extensión de las tecnologías RFID a lo largo de toda la cadena alimentaria al consumidor final en los supermercados, incluyendo todas las etapas intermedias: transportes, procesos de fábrica, almacenamiento.

Lo que se busca con esto, es utilizar un solo sistema para realizar la trazabilidad completa. Los consumidores finales podrían obtener datos diferentes sobre todo el proceso experimentado por el producto que están comprando, simplemente moviendo el objeto previamente provisto de una etiqueta RFID cerca de un lector RFID, que estaría en el supermercado o incluso una aplicación móvil. La identificación individual del producto le permite al software adquirir un informe completo de trazabilidad de una base de datos central y traer al consumidor esta información.

En esa misma secuencia un dato de mucho interés es lo que menciona [Y. Huang \(2010\)](#), y es que la tecnología RFID está entrando en el campo del alimento animal para su identificación y trazabilidad. Argumenta que, Canadá promulgo una legislación, que requiere que todo el ganado dentro de ese país sea etiquetado con un dispositivo RFID, lo cual está aprobado desde 2006. Así mismo que, Estados Unidos esté realizando pruebas utilizando etiquetas RFID, mientras consideran una propuesta completa de identificación animal.

4.5.2 Software para la gestión de datos

Es evidente que algo primordial para un sistema de trazabilidad es un sistema de información, ya que es lo que permite poder manipular las informaciones que se necesitan. Esto se hace a través de un software que permite realizar estas funciones.

Como dice [Bevilacqua et al. \(2009\)](#) las organizaciones deben poseer de un software de PC para recopilar y registrar datos, un servidor de datos para almacenar la información obtenida de forma segura y acceder a través de Internet para ver y probar los datos según sea necesario. Lo que indica que, sobre estos elementos descansa gran parte de la funcionalidad de un sistema de trazabilidad.

Así mismo [Bosona & Gebresenbet \(2013\)](#) indican que un sistema de trazabilidad basado en electrónica siendo completamente operativo requiere de hardware y software, como algoritmos, técnicas de etiquetado y codificación, capacidades de lectura / escritura, interfaz de hardware de software e integración de sistemas; todos estos forman parte de las funciones y pasos que deben suceder en el uso de un sistema de trazabilidad.

QualTrace, EQM y FoodTrack son ejemplos de software comercial utilizados en las empresas para los sistemas de trazabilidad.

Según [Opara \(2003\)](#), se necesita tecnología de software para la integración del sistema de trazabilidad; una cadena de trazabilidad eficaz es un sistema integrado de componentes diferenciados, que implican la recopilación de datos mediante la medición de los niveles de los procedimientos, el análisis, el almacenamiento y la transmisión de esa información registrada, y el completo sistema de control hacia adelante y hacia atrás, lo que permite el total rastreo de la historia del producto que se necesite.

Esa integración de tecnologías se basa en la aplicación adecuada de información y el software utilizado, y que vincula la cadena de trazabilidad a una base central de datos en la empresa.

Todo esto nos indica que, sin el software es muy cuesta arriba hacer funcionar un sistema de trazabilidad, ya que todos prácticamente están basados en la electrónica. Incluso aunque se tenga el software, si no es el indicado también podría afectar el correcto funcionamiento del sistema.

La utilización de algún software por empresas que no funcionen correctamente puede estar relacionada con el precio de los mismos, ya que muchos tienen a ser costosos, dependiendo del tamaño y capital de la empresa pueden acceder a un software de mayor o menor nivel. Muchas empresas pequeñas por lo regular pueden acceder a un software de versión libre, pero estos tienen limitantes.

Como un dato importante, [Farooq et al. \(2016\)](#) menciona que un sistema de software RFID puede costar 25,000 dólares para organizaciones pequeñas, aparte del mantenimiento; y varios cientos de miles de dólares para las empresas muy grandes. El costo dependerá del número de ubicaciones

donde se instalara y las características que le proveerán al software (según los requerimientos y necesidades de la empresa)

4.5.3 Internet de las Cosas

Se desea incorporar este punto debido a que es lo más relevante en cuanto a avance tecnológico para tener acceso y gestionar información, y esto para el sistema de trazabilidad es esencial. En la literatura investigada no se hablaba mucho de lo que es el Internet de las Cosas, razón por la cual se menciona como un elemento necesario para un sistema de trazabilidad.

El Internet de las Cosas mencionado anteriormente, no es más que un concepto que se refiere a la interconexión de objetos cotidianos y comunes con el internet. Por lo general el internet interconecta personas, por lo cual el Internet de las Cosas como su nombre lo indica es la conexión de Internet con más cosas u objetos que con personas.

Si los objetos que utilizamos en nuestros hogares de forma cotidiana tendrían etiquetas de radio frecuencia (RFID) como las mencionadas anteriormente, estos podrían identificarse y gestionarse mediante otros equipos, simulando como si fuese un ser humano.

Si los televisores, planchas, estufas, partes mecánicas u de otro tipo, etc., estarían conectados a la internet y provistos con RFID sería mucho más sencillo tener artículos fuera de stock, y con esto se puede saber su ubicación exacta, en que cantidades son consumidos y más datos relevantes, tanto para los miembros de la cadena como para los clientes.

En su trabajo [Clarke, T.P. Wilson \(2007\)](#) mencionan que, para el sector de la agricultura es más difícil la recopilación de información y el acceso a ella, debido a que existen muchas organizaciones del tipo agrícola, lo cual dificulta esta tarea. Así mismo dan a notar que, Internet está demostrando ser uno de los motores más poderosos del cambio, al proporcionar información a quienes la buscan. Proporcionando una aplicación cuidadosamente investigada que se adapte a todos los negocios relevantes, el poder de Internet puede ser aprovechado.

Para esta conexión con internet no es necesario señales tan potentes, con señales de baja potencia se puede transmitir la información de los objetos que poseen el chip RFID. Esta tecnología permite una

mayor eficiencia al momento de recabar y poner a disposición los datos e informaciones relacionadas con los productos de la cadena de suministro.

Así mismo [Qu & Tao \(2014\)](#) menciona que, con el desarrollo de la agricultura en la sociedad moderna, el Internet de las Cosas ha sido un medio importante para reducir costos, mejorar la eficiencia y lograr inteligentes en el campo de la agricultura. En los últimos años, los progresos se han realizado en la recopilación de datos y transmisión, procesamiento inteligente y de servicio de la aplicación agrícola de Internet de las Cosas.

Un ejemplo de esto es que, la calidad de los productos agrícolas puede mejorar a través de la recopilación y análisis de las variables suelo y aire, el riego equilibrado y la fertilización correcta.

El Internet de las Cosas agrícola puede ser aplicado en la siembra de vegetales, vigilancia del medio ambiente, el producto, el procesamiento, el almacenamiento y la distribución, lo cual puede mejorar la gestión de trazabilidad desde el original al final.

A través del internet y las computadoras, la trazabilidad de la calidad de la red de origen vegetal puede ser construida de modo explícito, la responsabilidad del sistema de trazabilidad de hortalizas para mejorar la supervisión y la administración pública. Lo cual conlleva a generar más beneficios de carácter social y económico. Esto puede producir mayores beneficios sociales y beneficios económicos.

Uno de los inconvenientes de estos sistemas es que los dispositivos de información agrícola, de transmisión y recepción son bastante caros. En china por ejemplo, solo se utilizan en algunos cultivos de alto valor o en grandes invernaderos. Esta sería una barrera para la implementación, ya que no todos los agricultores o eslabones de la cadena disponen de cierta cantidad de dinero.

Para la propuesta de diseño de un sistema de trazabilidad que se hará en este documento, se va a relacionar con el Internet de las Cosas. Tomando en cuenta todas las variables mencionadas anteriormente, y ya que esto supone una gran ventaja a la cadena de suministro agrícola. Esto permitirá que se pueda acceder a la información de todos los productos en tiempo real desde cualquier punto con acceso a internet.



Ilustración 18 Internet de las Cosas

En la imagen se puede visualizar un ejemplo de lo que sería el Internet de las Cosas. Se puede ver como se interconectan los diferentes objetos al internet, y como se puede tener acceso a ellos y a las informaciones relevantes para quien la necesite.

4.6 Cómo deberían ser los Sistemas de Trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro Colaborativa

En esta parte, se va a describir cómo debería ser un sistema de trazabilidad para una cadena de suministro, tomando en cuenta todos los puntos anteriores, y la colaboración de los miembros de la cadena en todas las etapas; lo cual permitirá un mejor funcionamiento de la cadena y por consiguiente un sistema de trazabilidad más efectivo.

Algo de interés es lo que menciona [Thakur & Hurburgh \(2009\)](#), donde hace énfasis que, para tener una trazabilidad efectiva de la cadena de suministro, se logra con una combinación de trazabilidad interna y de la cadena. Donde cada actor de la cadena de suministro debe conocer quién es su proveedor así mismo también a quien se venden los productos.

Un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro, debería poder rastrear el producto en todas sus etapas, de principio a fin; con esto poder tener una información segura y precisa de lo que sucede con dicho producto.

Debería ser capaz de ejecutarse a uniformidad en toda la cadena, y que todos los actores de la cadena de suministro estén comprometidos con el cumplimiento de todos los procedimientos, y mantenerse en constante aprendizaje para mejorar el sistema.

La importancia de implementar un sistema de este tipo en la cadena de suministro es que, aporta más seguridad, credibilidad y calidad a los productos, lo cual es algo esencial en estos tiempos para que una empresa pueda prosperar, además como se había mencionado, en los países de la unión europea es obligatorio tener un sistema de trazabilidad todas las empresas que estén ligadas al sector de alimentación, ya sea agrícola o agropecuario.

Un sistema de trazabilidad para una cadena de suministro debería estar compuesto por los siguientes elementos:

Sistemas de identificación

Debe poseer un sistema de identificación del producto propiamente unitario, así mismo debe disponer de un sistema de identificación de embalajes o cajas en caso de que los productos se empaquen o transporten de esta forma, y también un sistema de identificación de bultos o palets para los productos que se empaquen de esta forma en específico.

Sistemas para la captura de datos

Debe tener un sistema para la captura de datos de la materia prima en general, así también como un sistema de captura de datos en la planta de procesamiento o producción, y un sistema que pueda capturar los datos necesarios en los diferentes almacenes donde se colocaran los productos.

Software para la gestión de datos

También es necesario que disponga de un software para gestionar los datos, y que sea capaz de imprimir las etiquetas que se van a utilizar, dicho software debe ser capaz también de grabar los chips RFID con la información permitente de cada producto, dependiendo la forma como hayan sido empacados. A parte de esto, debe tener la capacidad de almacenar los datos capturados por los

lectores y poder intercambiar dichos datos con los sistemas de gestión empresariales que se estén utilizando en el momento.

Cabe mencionar que, el sistema de trazabilidad debe de disponer de un personal debidamente capacitado y competente, para que la información pueda transitar por el sistema de forma correcta y confiable.

Algunos de los procesos en los cuales estaría involucrado el sistema de trazabilidad son el proceso de compras, donde se registran de forma más rápida y eficiente los albaranes de entrada. El proceso de stock y almacén, en donde los lotes de artículos desde su fecha inicial se definen las propiedades, y también poder generar informes de existencias por lotes que pueden ser ordenados si se quiere por su fecha de caducidad.

En el proceso de fabricación o producción, donde el sistema puede asignar un número de lote a un artículo, y pueden ser recogidos de acuerdo a este número de lote, tanto así por unidades como por paquetes o bolsas. Y también puede rastrear y conocer todo el seguimiento de los ingredientes utilizados. Otro proceso involucrado es el de ventas y distribución, donde se registran los albaranes de entrada eligiendo los lotes a vender y en estos se deberían añadir automáticamente toda la información del lote

El sistema debería poder emitir documentos relevantes a facturas, guías de transporte con todos los detalles correspondientes como número de lote, fecha de caducidad, fecha de fabricación, unidades, peso, dimensión, etc. Y también, tener información disponible sobre la calidad de los productos, como la temperatura a la que fueron transportados, el tipo de abono utilizado, etc.

Un ejemplo de cómo podría ser un sistema de trazabilidad para una cadena de suministro agroalimentaria se representa en la siguiente imagen

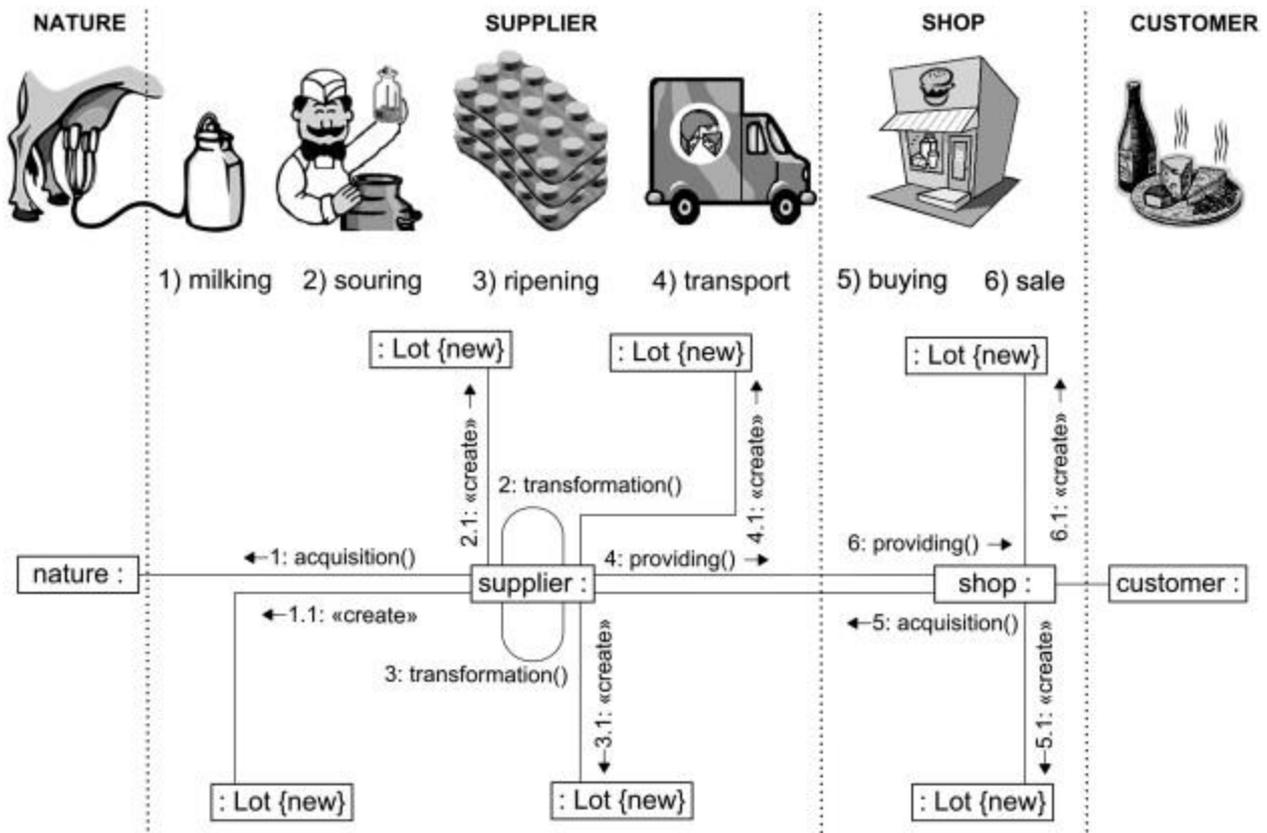


Ilustración 19 Sistema de trazabilidad

Al principio, el *proveedor* realiza una adquisición de la *naturaleza* (ordeño) y crea un nuevo lote. Entonces el *proveedor* realiza dos transformaciones (aminoramiento y maduración): cada transformación produce un nuevo lote. Finalmente, el *proveedor* proporciona (transporta) la *tienda* con el queso y genera un nuevo lote. La *tienda* realiza una adquisición (compra), que produce un nuevo lote. Cuando la *tienda* proporciona (venta) el queso al cliente, crea un nuevo lote. El *cliente* viene después del último actor responsable de la cadena de suministro: no crea nada porque su adquisición no tiene que ser rastreada (Bechini et al., 2008).

Lo importante a resaltar es que, con las herramientas adecuadas y la información confiable (esto en gran parte generado por la colaboración entre los actores de la cadena) la implementación de un sistema de trazabilidad facilita la identificación y seguimiento de los productos desde el inicio hasta que son obtenidos por el consumidor final.

4.7 Cómo deberían ser los Sistemas de Trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro Agroalimentaria Colaborativa

En este punto, se trata la forma de cómo debería ser un sistema de trazabilidad en una cadena de suministro agrícola, pero tomando en cuenta la colaboración. Para ello primero se toca el tema de la colaboración y luego se expone un ejemplo de un sistema.

4.7.1 Aspectos de la Colaboración

La colaboración de la cadena de suministro, es una asociación dentro de las diferentes etapas de la cadena de suministro, así como sus entornos externos para optimizar su ventaja competitiva a lo largo de todo el proceso. La colaboración es importante para apoyar a largo plazo, y extender los beneficios a lo largo de toda la cadena de suministro, desde el nivel estratégico hasta el nivel operacional.

Dentro de la colaboración, los interesados pueden compartir sus activos como materiales, mano de obra, infraestructuras, entre otros, y sus capacidades como la tecnología, procesos de negocios, etc. Por lo tanto, pueden reducir la incertidumbre, compartir el riesgo y el costo, y capaz de servir a los clientes en el momento oportuno, justo en la cantidad y calidad correcta sin ignorar el interés de otros accionistas (Dania et al., 2016).

Hay dos tipos de colaboración como menciona Dania et al. (2016) que deben considerarse, una es la colaboración vertical, y la otra es colaboración horizontal. La colaboración vertical, es la relación entre las partes interesadas de arriba hacia abajo a lo largo de la cadena de suministro. La colaboración horizontal, es la relación entre los actores que juegan en el mismo nivel, incluido competidores y complementarios, así como externos, tales como el gobierno, las organizaciones no gubernamentales, asociaciones y universidades.

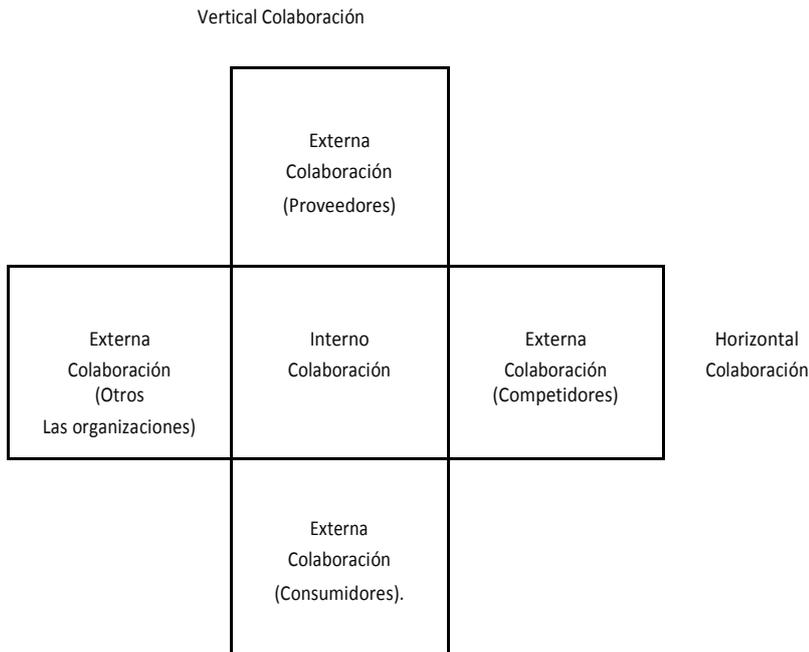


Ilustración 20 Tipos de Colaboración (Barratt, 2004)

Hace un tiempo que las partes interesadas en la industria alimentaria se están preocupando por la colaboración, con la meta de lograr los objetivos planteados en el sistema de cadena de suministro, como la ganancia de beneficios y la minimización de los riesgos entre los involucrados. Sin embargo, la falta de apoyo de las partes involucradas, la limitación de los sistemas de información, el rechazo al cambio, crea obstáculos para poder aplicar la colaboración en la cadena de suministro.

Aunque la definición de colaboración anterior y sus componentes están correctos, [Simatupang & Sridharan \(2006\)](#) aborda un marco de colaboración de la cadena de suministro que se compone de cinco características de colaboración, los cuales son el sistema de rendimiento colaborativo, el intercambio de información, la sincronización de decisiones, la alineación de incentivos y los procesos integrados de la cadena de suministro.

Se hace notar que, las cinco características son necesarias y suficientes para ayudar a los profesionales a mejorar la colaboración mediante la reflexión sobre la práctica. Estas características interactúan entre sí con respecto al rendimiento general; razón por la cual los miembros de la cadena de suministro tienen que estar comprometidos sobre abordar esas características que son clave para la colaboración y mantenerse educados a las necesidades que se presenten en el desarrollo del proceso de colaboración.

A continuación se pueden apreciar estas características mencionadas arriba.

Sistema de rendimiento colaborativo

Esto se definiría como, el proceso de diseño e implementación de medidas de desempeño, las cuales sirven de guía a los actores de la cadena y así poder mejorar el desempeño general. También se plantea dos asuntos relacionados cómo, quienes deben participar en determinar los objetivos y cuales métricas de desempeño deben fijarse de acuerdo a ese objetivo.

El intercambio de información

El intercambio de información, se refiere al acceso a datos privados en todos los sistemas de los integrantes, permitiendo el seguimiento del progreso de los productos a medida que pasan por cada proceso en la cadena de suministro. Esto incluye actividades como el procesamiento, el almacenamiento, la adquisición de materia prima, las condiciones de la demanda, estados del pedido, el rendimiento, entre otros.

Los avances en la tecnología de la información, son responsables de que el intercambio de información sea la característica principal de la colaboración en la cadena de suministro. La investigación en esta área intenta definir y diseñar un sistema eficaz de intercambio de información, que permita a los miembros de la cadena crear procesos eficientes de la cadena de suministro (Simatupang & Sridharan, 2006).

Sincronización de decisiones

Esto trata de, como la medida en que los miembros de la cadena son capaces de dirigir decisiones críticas en los niveles de planificación y ejecución, y de esta forma optimizar la rentabilidad de la cadena de suministro.

Alineación de incentivos

La alineación de incentivos, hace referencia al proceso donde se comparten los riesgos y beneficios entre los participantes de la cadena. Esto hace que los miembros se vean motivados a actuar de manera consciente de mira a los objetivos que se tengan planteados que sean relevantes a todos, como tomar decisiones favorables para el funcionamiento de la cadena, y que la información privada que se revele tenga credibilidad.

Procesos integrados de cadena de suministro

Los procesos integrados de la cadena de suministro, tienen que ver con la medida en que los participantes de la cadena crean procesos eficientes para mejorar la cadena de suministro, en cuanto a entrega de producto a los clientes se refiere, que sea de forma oportuna y minimizando costes. Esto hace más efectiva la cadena de suministro y ayuda en gran manera al sistema de trazabilidad.

4.7.2 Sistema de trazabilidad en cadena de suministro agrícola

En este punto se muestra como debería ser un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro, pero en este caso la cadena de suministro agrícola, tomando en cuenta la colaboración que existe entre los miembros.

Según [Tsolakis et al. \(2012\)](#), una cadena de suministro agroalimentaria está compuesto por un conjunto de operaciones secuenciales, tales como el suministro de insumos, producción, pos cosecha, almacenamiento, procesamiento, comercialización, distribución y consumo de los servicios de alimentación, siguiendo una secuencia de operaciones de "de la granja a la mesa". En esta trascienden todos los estamentos de la SC, incluyendo en general: los proveedores de insumos, productores, intermediarios, procesadores, exportadores, minoristas y consumidores ([A. Matopoulos, 2007](#); [van der Vorst, 2006](#)).

La evolución continua de la cadena de suministro agrícola, y lo complejo del sector agroalimentario ponen en relieve la necesidad de integración de todas las cadenas de suministro agrícolas, donde existen relaciones estratégicas que son dominantes y las colaboraciones entre las empresas.

En su trabajo [L. Huang et al. \(2011\)](#), menciona una serie de pasos que se aplican a, cómo debería ser un sistema de trazabilidad para una cadena de suministro agrícola; primero se hace mención del *monitoreo de la siembra*, donde a través de la tecnología RFID mencionada anteriormente, se registra en tiempo real los detalles de la información sobre las siembras, tales como la variedad de vegetales, registros de irrigación, de fertilización, de control de plagas. Si el pesticida utilizado esta caducado, o el uso de plaguicidas prohibidos aparece el sistema procede a emitir una advertencia.

Luego que los productos agrícolas sean recogidos, el sistema debe ser capaz de lotear los productos por la fecha de cosecha, los número de parcelas y cómo fueron cosechados. El sistema de trazabilidad pondrá toda esta información a disposición de los usuarios.

Luego está el *procesamiento de la vigilancia*, porque la información se puede agregar fácilmente a las etiquetas, una vez que los productos agrícolas entren en el enlace de procesamiento, la empresa de procesamiento puede leer la información de la etiqueta de los productos agrícolas en primer lugar, y luego de acuerdo a las necesidades que tengan, como nombre de la empresa de procesamiento, tiempo de procesamiento, dirección de procesamiento, entre otros.

A continuación menciona el *monitoreo del transporte*, y es que luego que se preparan los productos agrícolas para la carga, se puede utilizar la alfabetización fija para detectar los productos en el área de carga, el sistema primero lee la tarjeta de la etiqueta de los vehículos de transporte de forma automática, esta registra la información básica de los vehículos tales como la placa y el propietario; en caso de que la lectura indique datos ilegales, el sistema procederá a activar una alarma automáticamente. Luego de terminada la carga, el personal debe registrar la información de la carga (tiempo de carga, hora de inicio, destino, etc.) a la tarjeta de la etiqueta.

Por último se menciona el *seguimiento de las ventas*, luego de envasar los productos agrícolas que se van a vender, el personal pertinente puede leer la etiqueta automáticamente para establecer una supervisión de las ventas. Si los clientes pagan en línea, el sistema no sólo puede rastrear el registro de información de este cliente y conocer el paradero final de los productos agrícolas, sino también puede rastrear el abastecimiento de productos agrícolas en la cadena de suministro superior.

A continuación se presenta una ilustración que asemeja como sería una cadena de suministro del sector agroalimentario, a esto se le agregaría el sistema de trazabilidad el cual estaría presente en cada una de las etapas presentes en la ilustración. Cabe resaltar que en la imagen está en un sentido macro, para la propuesta del sistema si se puede apreciar de forma más detallada.



Ilustración 21 Ejemplo para sistema de trazabilidad CdS Agrícola

Este apartado se parece al punto anterior, solo que es específico para una cadena de suministro agrícola, la diferencia radica en que es este tipo de cadena de suministro el sistema de trazabilidad debe poder registrar datos relacionados con toda la vida del producto, incluso que tipo de semilla se ha utilizado para la siembra, al ser alimentos se debe tomar sumo cuidado con todos los procesos relevantes a los productos, ya que estos son para el consumo humano, y en caso de existir algún fallo de calidad u de otro tipo podría ser perjudicial para los consumidores.

Por tal motivo es que la colaboración, entre todos los integrantes de la cadena de suministro, es fundamental para el correcto y eficaz funcionamiento del sistema de trazabilidad, ya que si existiese poca colaboración, o ninguna, es muy probable que los participantes en la cadena tengan pérdidas, sean menos eficientes y la calidad de los productos se vea afectada, lo cual representaría pérdida de credibilidad, pérdida de clientes, y por ende pérdida monetaria.

4.8 Barreras que pueden impedir la implementación de los sistemas de trazabilidad

Es muy común que, a la hora de implementar un sistema, se presenten inconvenientes o barreras que dificulten la puesta en marcha del mismo. En esta parte, se mencionan las barreras que podrían impedir la implementación de un sistema de trazabilidad en una empresa.

Se toma como referencia las barreras de un sistema de trazabilidad de alimentos propuestas por [\(Bosona & Gebresenbet, 2013\)](#).

Limitación de recursos

Este es un factor muy importante, y en el cual coinciden muchos autores, y es que gran parte de los elementos que se necesitan para implementar un sistema de trazabilidad son costosos, y la falta de recursos económicos dificulta a las empresas la adquisición de equipos necesarios para el sistema de trazabilidad [\(Bollen et al., 2007; Matopoulos et al., 2007; Tsolakis et al., 2012\)](#).

Es evidente que mientras más grande sea la empresa, más factible es poder instalar un sistema de trazabilidad, pues tienen más fondos, no así quizás para las empresas más pequeñas.

Limitación de información

Una de las cosas más importantes en todo sistema es la información, y el uso que se le dé a esta. Muchas empresas tienen dificultades con esto, pues si no existe la información correcta el sistema no se puede implementar.

En una cadena de suministro, si no existe la información necesaria al momento de poner en marcha un sistema de trazabilidad no será posible que funcione bien, ya que la base principal del sistema de trazabilidad es la información, si no existe una información confiable o completa no se puede llevar a cabo dicho sistema (Clarke, T.P. Wilson, 2007; van der Vorst, 2006).

Muchos sistemas aun cuando existen recursos para llevarlos a cabo, y se inician los trabajos para hacerlo tienden a fallar por la falta de información, o por disponer de información desactualizada o poco útil, y aun si ponen en marcha el sistema de trazabilidad puede que presente inconvenientes por lo anteriormente mencionado.

Limitación de estandarización

Otro de los inconvenientes a la hora de poner en marcha un sistema de trazabilidad es la estandarización. Si no existe un estándar dentro de las empresas que pertenecen a la cadena de suministro, se hace cuesta arriba poner en marcha un sistema de trazabilidad, para ello habría primero que estandarizar todos los procesos de las empresas para que a la hora de implementar el sistema toda la información esté en el mismo contexto.

Un ejemplo de esto es, si en una cadena de suministro que trabajen con frutas, el agricultor trabaja con la unidad de peso en kilos, pero el distribuidor trabaja con onzas, y el vendedor utiliza libras; a la hora de colocar la información en el sistema de trazabilidad se puede provocar un caos, pues para un mismo producto que aparezcan estas tres unidades de medida, eso sería entorpecer el sistema.

Todo lo relacionado a como se recopila la información, y como se sube al sistema dentro de la cadena de suministro debe ser igual, para que al momento de que uno de los eslabones de la cadena necesite acceder a una información le sea sencillo poder hacerlo y entenderla.

Limitación de capacidad

Esto hace referencia a las capacidades que tengan los eslabones de la cadena de suministro dentro de sus empresas, está un poco ligado al tema de los recursos, pero no con respecto a la implantación del sistema de trazabilidad, sino la falta de recursos para la compra de equipos necesarios para llevar a cabo las tareas correspondientes a cada eslabón de la cadena.

Si los integrantes no poseen equipos adecuados en sus fábricas o plantas, sería difícil poder llevar a cabo un sistema de trazabilidad, pues no todos estarían en igualdad, y quizás a la hora de recolectar cierta información, o realizar un proceso se tome más tiempo, o sea menos eficiente, o poco confiable, lo cual pone en riesgo el sistema de trazabilidad, pues como se ha mencionado la información es base para el sistema de trazabilidad y si esta no es correcta pone en riesgo la credibilidad de los productos que ofrecen.

También la capacidad que tienen del personal, muchas veces puede ser insuficiente para llevar a cabo todas las tareas relacionadas con el sistema de trazabilidad.

Limitación de conciencia

Esto es más propio del pensamiento de los involucrados en la cadena de suministro, es un tema más de percepción que de recursos o información. Existe la posibilidad que, en una cadena de suministro existan eslabones que no estén de acuerdo con la implantación de un sistema de trazabilidad.

Esto se debe a que no lo creen conveniente, o lo encuentran muy costoso, o no lo crea necesario en ese momento, pues piense que como están trabajando hasta ese momento les ha dado buenos resultados, y que no sería necesario invertir dinero si lo que están haciendo está bien, este y otros factores ponen en peligro que se ponga en marcha el sistema de trazabilidad en la cadena de suministro, pues si uno o varios de los miembros no están de acuerdo no se podría realizar, para esto habría que hacer entrar en razón a quien o quienes no estén de acuerdo.

En caso de que se lleve a cabo el sistema dejando fuera un eslabón no serviría, pues, para que la trazabilidad funcione debe ser en toda la vida del producto, y si uno de los eslabones se salta habrá una información que no aparecerá, lo cual pondría en duda la calidad del producto.

5 Propuesta de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola en un contexto de colaboración

En este apartado, se propone un diseño para un sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agrícola en un contexto de colaboración, tomando en cuenta diversos factores que se vieron en los todos los puntos anteriores, especialmente lo que trata de la colaboración entre los integrantes de la cadena, y el Internet de las Cosas.

Como dice [Qu & Tao \(2014\)](#), el Internet de las Cosas agrícola es una tecnología multidisciplinar. Como una tecnología emergente, posee altos requerimientos técnicos. Los trabajadores de extensión técnica no sólo necesitan poseer conocimientos sólidos de extensión agrícola, sino también de la tecnología de la información. Esto nos indica que, el personal para trabajar con el Internet de las Cosas debe estar debidamente capacitado en el ámbito tecnológico y sistemas de información.

Al momento de instalar el sistema de trazabilidad, hay que tener en cuenta la seguridad, puesto que la mayoría de sensores están compuestos por RFID y estos se pueden modificar ilegalmente, y esto podría ocasionar daños. Debido a esto, es necesario que al momento de poner en marcha un sistema de trazabilidad, también se instale un sistema de seguridad confiable que pueda garantizar la información, preferiblemente en tiempo real.

Y es que, como dice [Alfaro & Rábade \(2009\)](#), con un sistema computarizado, la información de trazabilidad se alcanza en tiempo real; los productos terminados se pueden rastrear hacia atrás; desde la llegada de todo tipo de materias primas hasta las plantas de suministro, hasta su entrega a los clientes finales. Por tales motivos se eligió este tipo de propuesta de diseño, pues el Internet de las Cosas se está convirtiendo en el siguiente paso revolucionario de las cadenas de suministros en cuanto a eficiencia y trazabilidad se refiere.

A continuación, se presenta la propuesta de diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola realizada en Bizagi, tomando como referencia ideas de la literatura investigada; donde los miembros tienen una buena colaboración entre ellos e incluyendo el Internet de las Cosas,

donde sensores y RFID estarán presentes en los productos desde la siembra hasta la entrega al cliente.

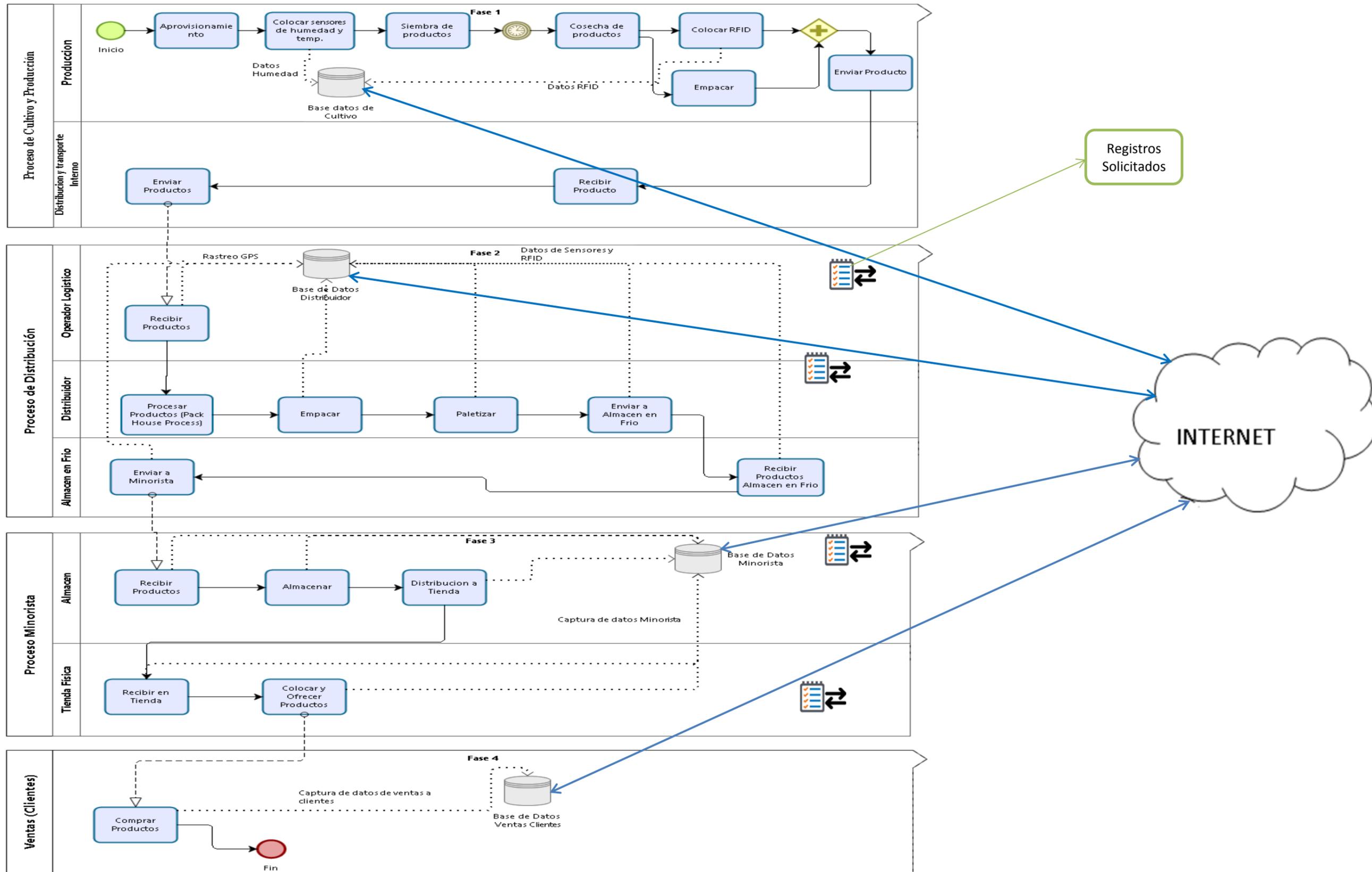


Ilustración 22 Propuesta de Diseño de Sistema de Trazabilidad en una CdS Agrícola

Con respecto a la propuesta, se pueden apreciar diversos requisitos mencionados en el apartado 4.3, como es el sistema de información, donde todos los datos son alimentados a un sistema y luego almacenados en base de datos para su posterior utilización e intercambio; la relación entre los actores de la cadena, que no se puede representar de forma gráfica pero existe, y permite que la información se genere y fluya de forma más efectiva; en lo relacionado a los criterios de agrupación de productos esto dependerá del tipo de producto o productos que se manejen en dicha cadena, esto estaría en un proceso más adentrado en el sistema, pues en la propuesta se muestra de forma más general.

También se ve el sistema de codificación e identificación utilizado, que es el RFID, se colocan etiquetas RFID, y la herramienta para recopilar esa información son sensores que permiten recolectar esos datos. Posterior a esto, se establecen los registros y documentos necesarios los cuales son almacenados en la base de datos de cada segmento, para luego ser enlazados y puestos a disposición con el Internet de las Cosas.

Dentro de los elementos mencionados que debe tener un sistema de trazabilidad, se pueden apreciar en la propuesta el sistema de identificación mediante RFID, donde a través del software utilizado los datos son recolectados en sus diferentes niveles y gestionados según la necesidad, para luego subirlos todos al internet (Internet de las Cosas) donde todos podrán tener acceso a dicha información.

Así mismo, se notan los diferentes procesos que son utilizados para el funcionamiento del sistema de trazabilidad como: la captura de información, el registro en la base de datos, el suministro de dicha información y como se relaciona con los diferentes procesos de negocio de la cadena de suministro. Dentro de estos, se puede notan quienes solicitan información del sistema (los diferentes actores de la cadena en un momento determinado), cual información es relevante para su captura y almacenaje (información que sea de interés para la trazabilidad del producto en todas sus etapas), cuando se registra o se solicita una información (en cada parte de proceso de la cadena de suministro que sea relevante), como se almacena dicha información (en forma de registro, o facturas, dependiendo el tipo de información que sea), quienes tienen acceso a la información, entre otros.

A todo esto hay que mencionar que, la colaboración juega un papel muy importante en la cadena de suministro, y por lo tanto se ve reflejada en el funcionamiento más efectivo del sistema de trazabilidad. Aunque no se percibe de forma gráfica la colaboración en la propuesta planteada (aunque si se distingue como están conectados los diferentes actores, pero no es igual que colaborar entre ellos en diversos aspectos), si existe, y lo que se quiere mostrar con esto es que, aunque se

puede implantar un sistema de trazabilidad aun no habiendo colaboración entre los actores de la cadena, no sería igual de efectiva que cuando existe la colaboración de los miembros. Dicha colaboración engloba aspectos relacionados a la veracidad de los datos suministrados, no ocultar información, informar sobre nuevos avances, procesos de mejora o debilidades; etc.

Se debe tomar en cuenta que esta es una propuesta general, no de un tipo de producto en específico. Algunos elementos mencionados que deben ser necesarios para la implementación del sistema de trazabilidad estarían más adentrados en algunos procesos que pertenecen a la propuesta.

En un sistema de trazabilidad, hay varias cosas que es importante saber, como: quien solicita la información a la empresa. En esta parte es necesario saber quiénes son los involucrados en el proceso que es pertinente para el sistema. Dentro de quienes pueden solicitar información se puede mencionar, a los clientes finales, los cuales dependiendo la necesidad de información que necesiten la pueden pedir en una parte específica de la cadena.

También, los propios clientes internos de la cadena pueden solicitar información al sistema de trazabilidad, como también los diferentes eslabones de la cadena pueden solicitar información del proceso anterior a ellos, por ejemplo, el eslabón de producción puede solicitar información al sistema sobre lo relacionado a la siembra, el eslabón de distribución le puede solicitar información al sistema sobre el proceso de producción; así también, los eslabones de los procesos de más atrás pueden solicitar información al sistema de trazabilidad, por ejemplo la parte de cultivo puede solicitar información al sistema de los últimos envíos que haya hecho la parte de distribución, o la de compras.

Así mismo, los clientes internos de un eslabón de la cadena pueden solicitar información al sistema para visualizar cómo van los procesos, si existe algún percance, o cómo va el proceso en comparación con el mes anterior por ejemplo.

Estas formas de solicitar información por las diferentes partes interesadas, es como se explica en el apartado 4.1.1, donde está la trazabilidad hacia atrás, la trazabilidad interna, y la trazabilidad hacia delante.

Otro dato muy relevante que se debe manejar es: que información se solicita. La información solicitada normalmente es, la que de una forma u otra, responde alguna inquietud por parte del solicitante.

Un tipo de información solicitada, es el tiempo que permaneció el producto mientras era transportado en un vehículo, o a que temperatura se mantuvo el producto mientras fue transportado, lo cual es de suma importancia tratándose de productos frescos, ya que en esta parte de la cadena se podrían estropear si tienen un manejo inadecuado. Otra información solicitada es, el tipo de abono que se utilizó en la siembra, saber qué tipo de semilla se utilizó para la producción de ese producto.

También se solicita información relevante la descripción del producto, al número de lote del producto, el número de parcela de dónde provino, la cantidad, el modo en que fueron empacados, número de lote, número de parcela de dónde provino el producto, cantidad, descripción de producto, el método como fue transportado.

Una de las partes más fundamentales es el tipo de información que se almacena en la base de datos del sistema de trazabilidad, ya que, dependiendo de esto el sistema será más o menos efectivo al momento de consultar una de esas informaciones necesitadas.

La información almacenada en el sistema de trazabilidad está relacionada con los procesos donde el producto puede verse afectado. Dentro de estas informaciones se pueden mencionar los datos relacionado al cultivo, ya que este es el punto donde comienza todo; el tipo de pesticida utilizado en la siembra (si es de uso permitido, o si las concentraciones utilizadas son las correctas), el tipo de almacén donde se colocaron los productos, los diferentes proveedores que se tienen, los vehículos utilizados para transportar los productos, a quien se le vendió el producto, las fecha de caducidad de los lotes, las sustancias incorporadas a los productos en caso de que sea necesario, entre otros.

Todos estos datos la mayoría son captados mediante las etiquetas RFID que posee el producto, los demás son registrados al sistema por la importancia que tienen.

A continuación de esto, es necesario saber cuándo se almacena la información en el sistema. Normalmente la información se almacena cuando se acaba de cumplir un proceso o subproceso importante para el producto, lo cual es vital para la vida del producto. También, cuando se leen datos relacionados a temperatura y humedad, cuando acaba un ciclo del producto en el eslabón de la cadena, también cuando el producto es entregado al cliente final.

La información es registrada en el sistema en forma de datos, usualmente los datos de los lectores RFID, el sistema los registra y los organiza según los criterios que le fueron programados, también los datos relevantes a los proveedores, como facturas y albaranes de entrega, entre otros. El sistema con estos datos, crea registros organizados según el criterio que se le indique, y se pueden a disposición en la base de datos de quien lo solicite.

Esta información la registra el sistema de trazabilidad en cada punto de la cadena de suministro del producto, según se necesite.

Algo importante de resaltar, es que las informaciones en la base de todos deben permanecer hasta un tiempo. Dependiendo el tipo de información se puede almacenar por más o menos tiempo, por ejemplo lo relacionado a la fecha de caducidad de un producto, este dato se puede eliminar del sistema luego que haya pasado la fecha de caducidad de los lotes del producto que se vendieron, puesto que una vez pasada esa fecha no se pueden hacer reclamaciones.

Dentro de todo algo muy importante es la colaboración que debe haber en los integrantes de la cadena de suministro, pues esto permitirá un mejor funcionamiento de la cadena. Si los miembros de la cadena colaboran entre sí, suministrando información importante y verdadera, poder enviar esa información a tiempo, estar sincronizados y con estándares en la forma como envían la información, o como registran los procesos del producto. Es sumamente importante para que el sistema funcione a máxima capacidad.

Un sistema podría trabajar aun sin haber colaboración, pero cuando hay colaboración es más efectiva. Por ejemplo, se ahorra tiempo, porque si un eslabón de la cadena envía una información incorrecta el proceso se retrasa, y esto entorpece el sistema. Si no existe colaboración, los miembros no podrían sugerir mejoras a los demás (en el ámbito tecnológico, de transporte, de almacenaje, de transporte) y esto hace que el sistema sea menos efectivo, si los miembros colaboran de manera efectiva entre ellos toda la cadena se moverá como un engranaje sólido, en caso contrario se pueden encontrar baches que no permiten que el sistema opere de forma más efectiva.

Esta propuesta está diseñada para poder ser utilizada haciéndole las adaptaciones o cambios necesarios, dependiendo el tipo de producto con el cual se vaya a trabajar y los diferentes elementos que tenga la cadena de suministro.

6 Conclusiones

En la primera parte, se pudieron ver diferentes definiciones de trazabilidad, y se detallan todos los sectores donde se aplica la trazabilidad de productos, también se pudo apreciar que varios autores coinciden en algunos puntos, y otros aportan algo nuevo a medida que van avanzando los años, esto quiere decir que se va actualizando a medida que existan avances en ese campo. Y que esta se puso en práctica con más fuerza (se emitió una ley que obligaba a utilizar la trazabilidad en los productos agroalimentarios y carnes) luego de que en países de la unión europea se vieron afectados por la enfermedad de las vacas locas, provocada por carne vacuna contaminada.

En cuanto a cómo funciona un sistema de trazabilidad, se destaca que puede depender del tipo de cadena de suministro, pero el principio general básico de la trazabilidad es similar, consta de tres elementos esenciales que son un sistema de identificación, un sistema de captura de datos y un software para manejar toda esa información; con esto se puede monitorear diferentes procesos, estos se procesan y almacenan, para luego tenerlos a disposición de quien lo requiera. Esto permite, que en todo momento se pueda saber cualquier detalle de un producto de esa cadena de suministro.

Así mismo, se muestran cuáles son los requisitos que debe tener un sistema de trazabilidad para que funcione de forma correcta, tales como un sistema de información que permita intercambiar información entre las partes involucradas, debe existir una fuerte relación entre los actores de la cadena, así como también se deben establecer registros necesarios para que el sistema no tenga errores, y obviamente que debe cumplir con las regulaciones de seguridad alimentaria impuestas por la ley.

También, se describieron los diferentes procesos que son necesarios para el correcto funcionamiento de un sistema de trazabilidad, vinculados así mismo, con los procesos de negocio de una cadena de suministro agroalimentaria. Siendo lo más relevantes el proceso de siembra que es donde todo inicia, el proceso de producción el cual juega un papel importante en la transformación de los productos, el proceso de almacenamiento, el aprovisionamiento interno, y distribución y ventas de los productos a los clientes.

Cabe destacar que, un sistema de trazabilidad eficaz deberá estar compuesto por una serie de subsistemas o elementos que permitan su adecuado funcionamiento, para ello, los sistemas de identificación (códigos) como el RFID, los sistemas de captura de datos (obtener y registrar información), como por ejemplo: lectores de código de barras, sensores de temperatura y humedad, antenas RFID y otros, por último las herramientas de software especializado, dígame programas y sistemas informáticos que permitan la gestión correcta de los datos capturados, para su posterior administración.

Luego se puede apreciar cómo podrían ser los sistemas de trazabilidad para una cadena de suministro general, y otra para una cadena de suministro del sector agrícola, específicamente donde se menciona la importancia que tiene la colaboración en la cadena de suministro para que el sistema de trazabilidad funcione como es debido, y en parte esto y otros elementos se tomaron en cuenta para proponer el diseño del sistema de trazabilidad del último punto.

Aunque la utilización de un sistema de trazabilidad es muy beneficioso para las cadenas de suministros (aparte de que es obligatorio en la Unión Europea), existen barreras que pueden impedir su ejecución dentro de las cuales se pueden citar las limitaciones de recursos, las de información, limitaciones de estandarización, de capacidad, y el miedo al cambio, no todas deben existir simultáneamente para que el sistema no funcione, con al menos una o dos que estén presentes puede poner en peligro la puesta en marcha del sistema de trazabilidad.

Por último, se hace una propuesta de diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agrícola, donde se tomaron en cuenta las informaciones relevantes, teniendo en cuenta la colaboración entre los actores de la cadena, la tecnología RFID y utilizando el Internet de las Cosas.

El diseño de este sistema de trazabilidad, tiene la característica de ser operable en toda la cadena de suministro agrícola haciendo uso del Internet de las Cosas (IOT). Esto requiere que la estructura de datos ocultos (datos que no puedan ser capturados durante el proceso de rastreo) sean genéricos y adaptables para satisfacer las necesidades de diferentes usuarios, el cual pueda adaptarse a los conocimientos futuros o requisitos que demanda dicho sistema de trazabilidad, con este diseño se puede obtener un control efectivo en todos los procesos.

El objetivo principal de este trabajo, el cual era proponer un diseño de un sistema de trazabilidad, se cumplió como se aprecia en el apartado 5. Se llevó a cabo, tomando los datos relevantes que se presentaban en los puntos anteriores, dando como resultado una propuesta que se puede manipular para su uso, dependiendo el tipo de producto con que se trabaje.

Referencias Bibliográficas

- A. Matopoulos, M. V. and V. M. (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration : empirical evidence from the agri-food industry. <https://doi.org/10.1108/13598540710742491>
- Alfaro, J. A., & Rábade, L. A. (2009). Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. *International Journal of Production Economics*, 118(1), 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.030>
- Bechini, A., Cimino, M. G. C. A., Marcelloni, F., & Tomasi, A. (2008). Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business, 50, 342–359. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.02.017>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2009). Business process reengineering of a supply chain and a traceability system : A case study. *Journal of Food Engineering*, 93(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.020>
- Bollen, A. F., Riden, C. P., & Cox, N. R. (2007). Agricultural supply system traceability , Part I : Role of packing procedures and effects of fruit mixing, 98, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.011>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Catarinucci, L., Cuiñas, I., Expósito, I., Colella, R., Antonio, J., Fernández, G., & Tarricone, L. (2011). RFID and WSNs for Traceability of Agricultural Goods from Farm to Fork : Electromagnetic and Deployment Aspects on Wine Test-Cases.
- Clarke, T.P. Wilson, W. R. (2007). Insights from industry Food safety and traceability in the agricultural supply chain : using the Internet to deliver traceability, 3(3), 127–133.
- Dania, P., Agustin, W., Ke, X., & Yousef, A. (2016). COLLABORATION AND SUSTAINABLE AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN : A LITERATURE REVIEW, 2004.
- Farooq, U., Tao, W., Alfian, G., Kang, Y., & Rhee, J. (2016). ePedigree Traceability System for the Agricultural Food Supply Chain to Ensure Consumer Health, 1–16. <https://doi.org/10.3390/su8090839>
- Huang, L., Yu, P., & Luo, Q. (2011). Designing and Planning Agricultural Supply Chain Traceability System Based on Modern RFID Technology, 2112–2118.
- Huang, Y. (2010). A RFID field operation system design for agricultural traceability !, 424–427. <https://doi.org/10.1109/PCSPA.2010.108>
- ISO standards. (2001). ISO 9001 : 2000 Quality Management Systems Requirements, (137), 1–9.
- Kelepouris, T., Pramataris, K., Doukidis, G., & Kelepouris, T. (2007). RFID-enabled traceability in the food supply chain. *Industrial Management & Data Systems*, 107(2), 183–200. <https://doi.org/10.1108/02635570710723804>
- Matopoulos, A., Vlachopoulou, M., Manthou, V., & Manos, B. (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(3), 177–186. <https://doi.org/10.1108/13598540710742491>
- Opara, L. U. (2003). Traceability in agriculture and food supply chain: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *Journal of Food, Agriculture {&} Environment*, 1(1),

101–106.

- Parlamento Europeo, & Consejo de la Unión Europea. (2002). Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos, 1–42.
- Qu, Y., & Tao, B. (2014). The constitution of vegetable traceability system in agricultural IOT, *6(7)*, 2580–2583.
- Rábade, L. A., & Alfaro, J. A. (2006). Buyer-supplier relationship's influence on traceability implementation in the vegetable industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *12(1)*, 39–50.
<https://doi.org/10.1016/j.pursup.2006.02.003>
- Riden, C. P., & Bollen, A. F. Ñ. (2007). Agricultural supply system traceability , Part II : Implications of packhouse processing transformations, *98*, 401–410.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.004>
- Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2006). An integrative framework for supply chain collaboration.
<https://doi.org/10.1108/09574090510634548>
- Thakur, M., & Hurburgh, C. R. (2009). Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain. *Journal of Food Engineering*, *95(4)*, 617–626.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.028>
- Tsolakis, N., Keramydas, C., Toka, A., & Iakovou, E. (2012). Supply Chain Management for the Agri-food Sector : A Critical Taxonomy.
- van der Vorst, J. G. A. J. (2006). Performance Measurement in Agri-Food Supply Chain Networks, An Overview. *Quantifying the Agri-Food Supply Chain*, 15–26.
- Wang, W. (2014). Collaborative information management in agricultural products supply chain in China: A case study of Wumart. *26th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2014*, 3590–3595.
<https://doi.org/10.1109/CCDC.2014.6852802>
- Xinting, Y., Ming, L., Chuanheng, S., Jianping, Q., & Zengtao, J. (2012). Traceability and Management Information Techniques of Agricultural Product Quality Safety in China, 26–36.