Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Sistema de Información para la Trazabilidad de Plantas Ornamentales basado en Estándares y Normativas

Information System for the Traceability of Ornamental Plants based on Standards and Regulations

Salazar-Ochoa, J. M., Ruiz-Tadeo, A. C., Farías-Mendoza, N.

Instituto Tecnológico de Colima; C. P. 28976; Villa de Álvarez, Colima, México.
g1546012@itcolima.edu.mx, aruiz@itcolima.edu.mx, nfarias@itcolima.edu.mx

Innovación tecnológica: Automatización de la Trazabilidad de plantas ornamentales con base en estándares internacionales.

Área de aplicación industrial: Ingeniería de software, horticultura ornamental, Trazabilidad de productos hortofrutícolas.

Recibido: 12 Mayo 2017.
Aceptado: 15 Julio 2017.

Resumen

México posee condiciones favorables para consolidar su horticultura ornamental, además existe una tendencia mundial de aplicar sistemas de Trazabilidad a las organizaciones productivas para mejorar sus desempeños y obtener beneficios como la mejora de la calidad, seguridad, productividad, legalidad y sostenibilidad, por lo anterior es pertinente implementar estas prácticas para fortalecer la producción de las plantas ornamentales. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de información automatizado para la Trazabilidad de las plantas ornamentales vivas, basado en la conjunción de tres sistemas: a) Sistema de Gestión de Calidad especificado por el estándar ISO 9001, b) Sistema de Gestión de Inocuidad por el Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, y c) Sistema de Trazabilidad por la ISO 22005 y el Manual de Trazabilidad de la SAGARPA; además funcionará como guía electrónica para el cumplimiento de la normativa aplicable; con el propósito de lograr una cadena productiva más eficiente, rentable y competitiva. El Sistema se implementó en ambiente Web, con la metodología de desarrollo PUA, empleando códigos de barra y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, usando como caso de estudio una organización de productores ornamentales del estado de Colima. El Sistema desarrollado presenta un enfoque innovador que integra estándares internacionales, normativa aplicable y nuevas tecnologías, de tal forma que esté sustentado y capacitado para ayudar con el

cumplimiento de los objetivos y requerimientos, gracias a los beneficios y a la sinergia de ventajas competitivas que representa.

Palabras Clave: Sistema automatizado de Trazabilidad, Plantas ornamentales vivas, Códigos de barra, Buenas Prácticas Agrícolas, Productores ornamentales de Colima.

Abstract

Mexico has favorable conditions to consolidate its ornamental horticulture, in addition there are a worldwide tendency to apply Traceability systems to productive organizations to improve its performance and obtain benefits such as quality, safety, productivity, legality and sustainability, and therefore it is pertinent to implement these practices to strengthen the production of ornamental plants. This work presents the development of an automated information system for Traceability of live ornamental plants, based on the conjunction of three systems: a) Quality Management System specified by the ISO 9001 standard, b) The Manual of Good Agricultural Practices, and c) Traceability System by ISO 22005 and the Traceability Manual of SAGARPA; in addition, using as an electronic guide for the compliance with applicable regulations; in order to achieve a more efficient, profitable and competitive production chain. The system was implemented in Web environment, using the PUA development methodology, using barcodes and the new information and communication technologies, using as case study an organization of ornamental producers in the State of Colima. The developed system presents an innovative approach which integrates international standards, applicable regulations and the new technologies, in such a way that it is supported and enabled to help with the fulfillment of the objectives and requirements, thanks to the benefits and the synergy of competitive advantages that it represents.

Key words: Automated Traceability system, Live ornamental plants, Barcodes, Good Agricultural Practices, ornamental producers of Colima.

1. Introducción

La estrategia en el mundo de los negocios es producir más eficientemente, reducir los costos de producción, aumentar la calidad, producir mayor volumen en menor tiempo, y en consecuencia alcanzar una mayor competitividad [1].

Los estándares internacionales representan esas estrategias, implementados correctamente en la empresa permiten obtener ventajas competitivas. El estándar ISO 9001, especificado por un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), establece un conjunto de acciones sistemáticas, planificadas y preventivas para asegurar que los productos cumplan con la calidad requerida [2].

Por otro lado la situación mundial del comercio de productos hortofrutícolas obliga a los países exportadores a adoptar y vigilar estrategias de control de la inocuidad basadas en el riesgo de contaminación. La producción inocua en México es una prioridad para asegurar la salud del consumidor y evitar rechazos de los mercados nacionales e internacionales [3].

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) representan esa estrategia de control, establecen los requerimientos para un Sistema de Gestión de Inocuidad (SGI), éste constituye un conjunto de normas y herramientas usadas para lograr la inocuidad de los productos [2].

Más allá de la inocuidad de los productos, los consumidores, las ONGs, los gobiernos, los proveedores y los compradores exigen cada vez más información sobre el origen de sus productos y materiales y las condiciones en que fueron producidos y transportados a lo largo de la cadena de suministro. Con el aumento de la demanda de productos y materiales orgánicos, de comercio justo y respetuoso del medio ambiente, se han desarrollado Sistemas de Trazabilidad para satisfacer las necesidades de las partes interesadas [4].

Las ventajas competitivas que proporcionan los SGC y SGI, son fusionadas mediante los Sistemas de Trazabilidad (Figura 1), concatenan la información de cada proceso y está orientada a la individualización del producto. La calidad, inocuidad y trazabilidad están relacionadas, la Trazabilidad logra que la calidad e inocuidad tengan sinergia [2]. El estándar ISO 22005 y el Manual de Trazabilidad de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de México proporcionan lineamientos para la implementación de estos Sistemas de Trazabilidad.

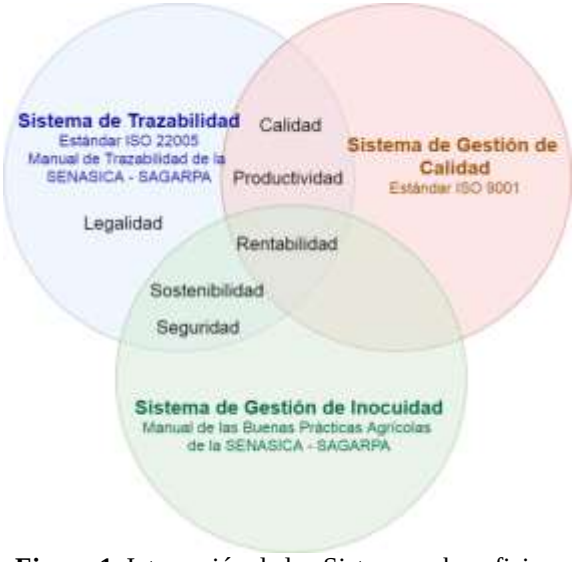


Figura 1. Integración de los Sistemas y beneficios.

Según [2] y [5], existe una tendencia mundial de aplicar Sistemas de Trazabilidad en las organizaciones productivas para mejorar sus desempeños y obtener beneficios como el aseguramiento de la calidad del producto, seguridad fitosanitaria, productividad de la empresa, legalidad ante órganos de gobierno y sostenibilidad medioambiental.

¿Qué es Trazabilidad?, el ISO 9000 la define como "La capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto, un producto o un servicio, la Trazabilidad puede estar relacionada con el origen de los materiales y las partes, el histórico del proceso y la distribución y localización del producto o servicio después de la entrega".

Existen dos escenarios que motivan la implementación de la Trazabilidad: 1) Por reglamentación u obligatoriedad; y 2) Por estrategia para diferenciar el producto respecto a la competencia [6].

Sobre el primer escenario, los sistemas de Trazabilidad se aplican para lograr la seguridad fitosanitaria [7], también se convierte en una medida no arancelaria, un atributo como requisito de entrada de productos a mercados específicos como los Estados Unidos y la Unión Europea.

Respecto al segundo escenario, la diferencia del producto radica en los beneficios que un Sistema de Trazabilidad correctamente operado genera, según la literatura. Refiere una estrategia derivada de la necesidad de información precisa que permitiera mejorar la cantidad y calidad de la producción, la globalización y la competencia redujeron los márgenes lo que obligó a analizar las estructuras de costos más detalladamente [2].

Por lo anterior, es pertinente aplicar Sistemas de Trazabilidad en las organizaciones productivas como herramienta de apoyo para mejorar sus desempeños y obtener beneficios. La línea productiva que se aborda en este

trabajo es la horticultura ornamental, con el producto plantas ornamentales vivas.

La industria de ornamentales es un sector agrícola de gran importancia económica para México, ha llegado a aportar el 4.7 % al producto interno bruto del país [8].

Las exportaciones mexicanas de flores de corte, plantas ornamentales vivas y bulbos se han incrementado poco a poco, en 2010 representó un valor de 6,535 millones de dólares. Las cifras han mantenido su tendencia en los últimos años, sin embargo no es significativa si se considera, por ejemplo, que en el 2015 sólo se abasteció el 3% de flores de corte que importa Estados Unidos, en cambio países de la región latinoamericana como Colombia y Ecuador abastecieron el 63 % y el 19 %, respectivamente; estos países han logrado posicionarse como proveedores líderes del mercado de Estados Unidos y la Unión Europea, compitiendo con Países Bajos, Etiopía y Kenia [9].

México posee una situación privilegiada con respecto a la horticultura ornamental: por la excepcional riqueza de especies y variedades de plantas con potencial ornamental, ascendiendo aproximadamente a 30,000 [10]; figura entre los países con mayor biodiversidad en el planeta (al igual que Colombia y Ecuador); por su diversidad de climas [11]; según [12] en México actualmente existen 14,586 hectáreas cultivadas con plantas ornamentales, superficie mayor que la de Colombia, Ecuador o Costa Rica; y sobre las exportaciones, se tiene una ubicación geográfica estratégica respecto a los principales mercados, aunado a la infraestructura de comunicaciones adecuada.

Se deben considerar varios factores críticos como: el escaso producto destinado para la exportación por el fuerte consumo interno, el 90% de la producción corresponde al mercado nacional, esto crea una inexistencia de índices de calidad [13]. Así como la carencia de estrategias explícitas para ubicar mercados y necesidades específicas en los destinos potenciales de los productos [1].

También en los últimos años ha existido una problemática del sector relativa al cumplimiento de la normativa aplicable vigente para exportar a mercados internacionales; surgieron a raíz de la entrada en vigor del TLCAN en 1994 [13]. Es importante mencionar que existen un numeroso conjunto de restricciones no arancelarias que limitan la capacidad exportadora [14].

La competencia internacional también es un factor importante. Países como Colombia, Israel y Holanda, invirtieron en la mejora de sus procesos productivos desplazando a los productos mexicanos en cantidad y calidad [13].

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema de información automatizado como herramienta para la Trazabilidad de la cadena productiva de las plantas ornamentales vivas, sustentado en lineamientos de estándares internacionales: SGC por la ISO 9001, SGI por el Manual de BPA, y Sistema de Trazabilidad por la ISO 22005 y el Manual de Trazabilidad de la SAGARPA; además como guía electrónica para ayudar con el cumplimiento de la normativa aplicable.

Se desarrolló en ambiente Web, empleando códigos de barra y las nuevas tecnologías; como caso de estudio se usaron los viveros de una organización de 52 viveristas de plantas ornamentales vivas del Estado de Colima, denominada Consejo Estatal de Productores de Plantas de Ornato de Colima (COEPPLANTS) y su comercializadora denominada Ornamentales de Colima (ORNACOL); esta organización comparte la misma problemática que se presenta a nivel nacional.

El método empleado fue: a) Recopilación de información relacionada, b) Conceptualizar el

problema, c) Análisis, Diseño e implementación del Sistema con la metodología de desarrollo PUA, e) Validación y verificación del Sistema, y f) Análisis de resultados y conclusiones.

Sigue la puesta en operación del sistema desarrollado, para observar si la Trazabilidad cumple sus beneficios para el cultivo de plantas ornamentales. Esta parte del proceso, aún no se lleva a cabo y se estudiará en otro trabajo posteriormente.

1.1 Contexto de las Plantas Ornamentales

La horticultura ornamental es un sector agrícola muy versátil y abarca varias líneas de producción, primero se clasifica en dos grupos: las plantas ornamentales de corte y las plantas ornamentales vivas (en contenedor o de huerta de piso); entre las primeras están la flor de corte y follaje de corte; por el segundo grupo están la flor en maceta, follaje en maceta y los árboles ornamentales; por último están las plantas aromáticas y los pastos [8].

A nivel mundial, en el 2013 la exportación de plantas ornamentales vivas en contenedor representó el 39% del monto total mundial por plantas ornamentales. Conjuntamente con la flor de corte, bulbos y follajes ascendió a los 20.5 billones de dólares [9].

Entre los principales exportadores y productores de plantas ornamentales en el mundo figuran los Países Bajos, Colombia, Bélgica, Ecuador y Etiopía (Figura 2) [5].

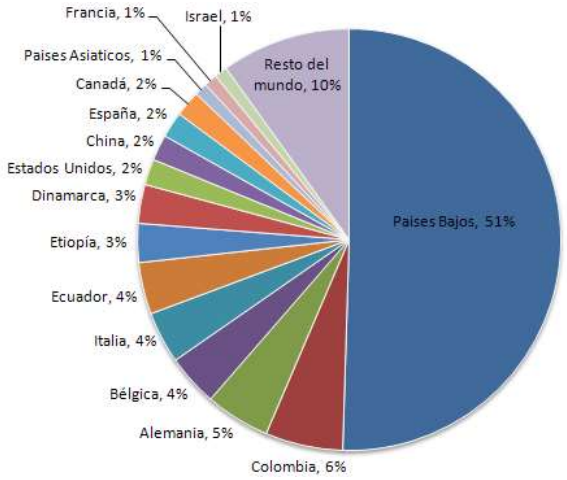


Figura 2. Exportación mundial de flor y follaje de corte, plantas vivas y bulbos en el 2014.

La producción nacional de plantas ornamentales vivas se halla estratificada en términos regionales, dándole especial importancia a la participación de la Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Morelos, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Yucatán, Baja California, Jalisco, Veracruz y Colima [14].

Dadas las características climáticas favorables del Estado de Colima, se cultivan una gran variedad de plantas de ornato, destacan por su volumen de producción 150 especies y variedades [15].

La producción de Colima es discreta en comparación con las principales entidades productoras [16], a pesar de poseer condiciones idóneas según los viveristas del Estado. Se consume regionalmente, en el occidente y norte de México, la exportación es escasa y esporádica, se ha exportado a los Países Bajos y Estados Unidos [1].

1.2 Contexto de la Trazabilidad

La Trazabilidad se remonta a la década de 1930, cuando algunos países europeos querían probar el origen de alimentos de alta calidad, como el champán francés. Durante las dos últimas décadas, las cuestiones relacionadas con la inocuidad de los alimentos y los diversos escándalos alimentarios en el sector

agroindustrial, han puesto en relieve la importancia de la Trazabilidad [4].

En el 2005, la Comisión Europea aplicó varias directivas y reglamentos sobre inocuidad de los alimentos, surgió el reglamento (CE) 178/2002 [4]. En Estados Unidos la Trazabilidad surgió ante la necesidad de promocionar el consumo de carnes rojas, que había perdido terreno en aquellos años ante las crisis presentadas y esto se hizo mediante la certificación de procesos de producción, posteriormente se fortaleció con la firma de la Ley contra el Bioterrorismo por el presidente Bush el 12 de junio del 2002 [17].

Al estar México inmerso en un mercado globalizado, no está excluido de las nuevas tendencias internacionales, ni de las preferencias de los consumidores e incluso de las alternativas de producción que tendrán que ir desarrollándose, ejemplo de esto es la producción con Trazabilidad, que dan certeza de calidad e información al consumidor [7].

En México existen esfuerzos encabezados por la SAGARPA, a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), para apegarse a la normativa internacional para el cumplimiento de los procesos de producción. Estas medidas buscan fortalecer la presencia de empresas mexicanas en el mercado internacional. [18].

La Ley Federal de Sanidad Vegetal modificada y publicada en el diario oficial de la federación desde el 26 de julio del año 2007, marca una obligatoriedad a los productores agrícolas mexicanos la aplicación de las BPA [19].

En Hispanoamérica se usa el término Trazabilidad para referirse tanto para la acción de trazar como a la de rastrear como si fueran sinónimos, se trata de dos cosas diferentes que están relacionadas. La Trazabilidad es la acción de trazar o llevar el seguimiento de una actividad y Rastreabilidad es la acción de seguir el rastro o histórico, es decir primero se realiza la Trazabilidad y después la Rastreabilidad. [2].

La Trazabilidad se realiza por las necesidades del producto, del proceso y de los interesados, estos últimos se definen por las exigencias del mercado objetivo, por normativas puntuales o por una necesidad interna para el control de los procesos, estos son respectivamente los clientes, el gobierno, y una empresa u organización [2].

En la literatura se pueden encontrar diferentes tipos de Trazabilidad, según el ámbito en el que se desarrolla, puede ser: Trazabilidad hacia atrás o de proveedores, interna o del proceso, y hacia adelante o de clientes. Según [20], la Trazabilidad interna trata de relacionar los productos que se han recibido en la empresa, las operaciones y procesos que éstos han sufrido dentro de la misma y los productos finales que salen de ella.

El proceso de Trazabilidad es esencialmente documental y permite mantener al día y al alcance los registros necesarios que permitan afianzar la confiabilidad de la empresa como proveedor de productos sanos y seguros [21].

Según [2] los beneficios de la Trazabilidad pueden ser para la empresa, para el gobierno y para el cliente. El beneficio radica en lograr la Trazabilidad antes que el competidor por la diferencia de precio que existe entre productos trazados y no trazados. También consiste en lograr la Trazabilidad antes de que sea obligatoria.

Según [6], [7], [22], [23] y [2], algunos de los beneficios de los Sistema de la Trazabilidad son: Colocar el producto en mercados más rentables, Añadir valor agregado al producto, Incrementar la productividad, Mejorar la calidad percibida del producto, Hacer más eficiente la producción, Facilitar el control de los procesos, Brindar oportunidad comercial por diferenciación del producto, Gestionar seguridad e inocuidad, Evitar productos

falsificados, Administrar eficientemente la información de la cadena, Fomentar la confianza y satisfacción del cliente, Contribuir a la certificación de los procesos, Respaldar al proceso de producción, Reforzar la imagen de la empresa, y Ayudar al cumplimiento de la normativa.

1.3 Revisión de la literatura y trabajo relacionado

Se revisaron manuales, estándares, normativa aplicable, artículos académicos y sistemas automatizados en el mercado sobre la temática abordada y sirvieron para enriquecer el trabajo de investigación.

Los manuales de Trazabilidad que fueron revisados son el "Manual del Sistema de Trazabilidad de productos Hortofrutícolas para consumo en fresco de los Estados Unidos Mexicanos" de la SAGARPA [24] y el "Manual de Trazabilidad de productos hortofrutícolas frescos de exportación" de Chile [21]; se obtuvieron casos de uso, lineamientos, la codificación numérica de los lotes y los tipos de datos mínimos a registrar.

También se obtuvieron casos de uso y lineamientos para enriquecer la base del Sistema propuesto de los siguientes documentos: Estándares internacionales "ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos" e "ISO 22005:2005 Trazabilidad de la Cadena Alimentaria"; y el "Manual de Buenas Prácticas Agrícolas" para frutas y hortalizas frescas de la SAGARPA [25].

La normativa aplicable en la horticultura ornamental fue revisada, ver Tabla 1.

Tabla 1. Leyes, Reglamentos, Acuerdos y Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) revisadas.

Dependencia, Institución u Organismo	Leyes, Reglamentos, Acuerdos o Normas Oficiales Mexicanas
OMS FAO (Internacional)	Norma Internacional de los Alimentos - Referencias LMR
OMS-CODEX	CAC/MRL 1-CCPR-2009
SAGARPA	Ley de Desarrollo Rural Sustentable
	Ley Federal de Sanidad Vegetal
	Ley Federal de Variedades Vegetales
	Módulo de consulta de requisitos fitosanitarios para la importación de mercancía de origen vegetal
SEMARNAT	NOM-001-SEMARNAT-1996
	NOM-052-SEMARNAT-2005
	NOM-053-SEMARNAT-1993
	NOM-059-SEMARNAT-2010
	NOM-144-SEMARNAT-2012
SSA	NOM-048-SSA1-1993
	NOM-232-SSA1-2009
	NOM-251-SSA1-2009
SSA- COFEPRIS	Registro Sanitario Coordinado de Plaguicidas
STPS	NOM-003-STPS-1999
	NOM-005-STPS-1998
	NOM-006-STPS-2014
	NOM-010-STPS-1999
	NOM-017-STPS-2008
	NOM-018-STPS-2015
USDA-APHIS-IS (Estados Unidos)	7 CFR 319.37.8

Sobre artículos académico, se revisó "*Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system*" de [26], en éste se presenta un Sistema de Trazabilidad para la cadena de suministro de hortalizas de tipo genérico. Considera en cierta medida la Trazabilidad de proveedores, del proceso y de clientes, centrada particularmente en esta última.

En este, se detalla el desarrollo del sistema con una metodología apoyada con las técnicas y herramientas del Proceso Unificado. Usa patrones de datos y un modelo de datos para desarrollar el sistema, de tal forma que pueda servir de referencia para Sistemas de Trazabilidad de productos con requerimientos similares. Se comparan las funcionalidades del sistema con la Ley General de Alimentos de la Unión Europea. Usa el estándar Mundial de Trazabilidad GS1 y las herramientas de UML.

Sin embargo, maneja herramientas de desarrollo de software propias para su implementación, esto representa una inversión económica mayor. Además, no se encontraron evidencias de base en las BPA. Tampoco se encontró evidencia de uso de lineamientos de los estándares ISO 9001 e ISO 22005. Por último, no está implementado en Web, restándole multiplataforma y movilidad.

En el artículo "Un sistema de Trazabilidad basado en web para la genética de ganado en Panamá" de [27], trata el desarrollo de una aplicación para la Trazabilidad en el sector ganadero de Panamá. Se motivó con la aprobación de las leyes de Trazabilidad de ese país, es decir por obligatoriedad.

Su objetivo consistió en el diseño, desarrollo e implementación de un sistema que optimice los procesos de Trazabilidad asociados al registro de ganado, para evitar la consanguinidad y certificar el origen de los animales. Como caso de estudio se usó la Asociación de Productores de Ganado Lechero de Panamá (APROGALPA).

Se desarrolló en Web y siguió la metodología de desarrollo Agile Model Driven Development (AMDD). Se usaron las herramientas *Framework* PHP Laravel, HTML5, CSS3, Javascript, *Framework* Bootstrap, MariaDB. El Sistema se puso en operación, observando resultados. Sin embargo, no está basado en estándares internacionales, ni usa normativa aplicable del sector productivo que aborda.

Sobre Sistemas que automatizan la Trazabilidad para las plantas ornamentales en nuestra región latinoamericana, se encontró poco. Esto lo confirma [5], un estudio realizado por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), concluyeron: "No se pudo encontrar sistemas de Trazabilidad para plantas ornamentales más allá de un caso en Perú".

El caso referido lo implementó GS1 Perú para la Trazabilidad interna en el marco del proyecto BioTrade denominado "Proyecto Perúbiodiverso". Se usó el estándar GS1 y códigos de barra para la identificación de los tipos de especies de plantas, se aplicó en los procesos de generación y propagación de material vegetativo, en la producción y en la comercialización. Al no hacer la identificación individual o por lote, este trabajo queda limitado, cabe mencionar que no se encontró mayor información de este sistema, salvo la encontrada en este estudio de UNCTAD.

En Internet se encontraron algunos Sistemas de Trazabilidad que se ofrecen comercialmente basados en Web de tipo genérico, procedentes de España, Argentina y Estados Unidos, que por sus características fueron revisados (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Características de los Sistemas Web de Trazabilidad comerciales revisados.

Nombre	Origen	Características
Viverum ERP	España	Software de gestión y producción de plantas ornamentales. Gestiona información, tiene asistente de pedidos, controla y da seguimiento de la producción y también gestiona el personal. Usa tecnología Web.
Agroptima	España	Agroptima es un software y aplicación de gestión agrícola genérico. Su principal función es ayudar a la generación de un "Cuaderno de Campo" de forma digital. Usa tecnología Web y Móviles.
Sismagro	Argentina	Software agropecuario y agrícola genérico, planifica y gestiona la producción agrícola en línea, dibuja los lotes y permite visualizarlos, gestiona las tareas dentro de un calendario para saber lo que está pasando en el campo. Usa tecnología Web.
Concem Trak	Estados Unidos	Sistema Web para la trazabilidad agrícola genérico, se centra en mejorar el cumplimiento de la seguridad agroalimentaria. Su objetivo es integrar el cumplimiento de la seguridad alimentaria con los procesos de negocio. Usa tecnología Web y códigos de barra.

En ellos no se encontró información sobre el uso de las BPA, tampoco de lineamientos de estándares internacionales. Así también, carece de apoyo para seguir la normativa aplicable del sector productivo.

Tabla 3. Comparativa de funcionalidades de los Sistemas Web comerciales revisados.

	Viverum ERP	Agroptima	Sismagro	Concem Trak
Administración de proveedores y clientes	■		■	
Gestión de la inocuidad fitosanitaria				■
Basado en Web	■	■	■	■
Gestión del personal	■			
Informe de rendimiento de insumos y trabajadores	■	■	■	
Informe de productividad	■	■	■	
Trazabilidad de clientes y proveedores	■			■

1.4 Planteamiento de la solución del problema de investigación

En esta investigación se desarrolló un Sistema de información, denominado *OrnaTrace*, que representa una herramienta de apoyo para mejorar el proceso de negocio en la producción de plantas ornamentales, coadyuvando a la mejora continua, fortaleciendo la competitividad, productividad y rentabilidad de los productores viveristas.

El Sistema desarrollado mejora los resultados de los trabajos presentados en la revisión de la literatura, al considerar un alcance que incluye la normativa aplicable, estándares internacionales y la aplicación de tecnologías Web, códigos de barra, métodos de Trazabilidad y Rastreabilidad, dispositivos móviles y otras tecnologías que atacan las áreas de oportunidad de las investigaciones previas.

El producto final tendrá un valor agregado al dotarlo con información intrínseca, podría apoyar a la empresa dándole capacidad de exportación y entrada a mercados más competidos, consecuentemente habilitar sus procesos para lograr certificaciones por terceros autorizados, en el ámbito nacional e internacional.

Entre los requerimientos que motivaron la realización de este proyecto están el conocer el rendimiento o rentabilidad económica [28] del cultivo de cada especie y variedad de planta ornamental, proporcionar al cliente información pertinente, producir plantas de forma más eficiente e incrementar la calidad.

El sistema de información se desarrolló en ambiente Web, utilizando códigos de barra para la recolección rápida y precisa de los datos, tomando como piloto tres viveros de cada tipo, para después ser operado en los diferentes viveros asociados a la organización de productores del COEPPLANTS.

1.4.1 Descripción del modelo conceptual

A lo largo de la cadena de suministro de las plantas ornamentales se llevan a cabo tres procesos principales: adquisición, producción y comercialización, en cada uno se desarrollan actividades. A cada proceso le corresponde uno de los tres tipos de Trazabilidad [29].

Es deseable el desarrollo de los tres tipos de Trazabilidad en una organización, para este trabajo se centrará en el desarrollo de la Trazabilidad interna.

Las actividades desarrolladas en los procesos, aplicadas a un lote de plantas, que implique la utilización de insumos y mano de obra, son trazadas y registradas en la base de datos, por esta razón es indispensable hacer la identificación del elemento a trazar en toda la cadena con la ayuda de los códigos de barra.

Durante la traza de actividades, es posible agregar datos resultantes de las siguientes preguntas: ¿Qué actividad se realiza?, ¿A quién se le realiza?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?,

¿Quién lo realiza?, ¿Cómo?, ¿Con qué se realiza?, entre otras.

Algunos datos son almacenados automáticamente por el Sistema, las actividades se registran en la base de datos de Trazabilidad como se muestra en la Figura 3.

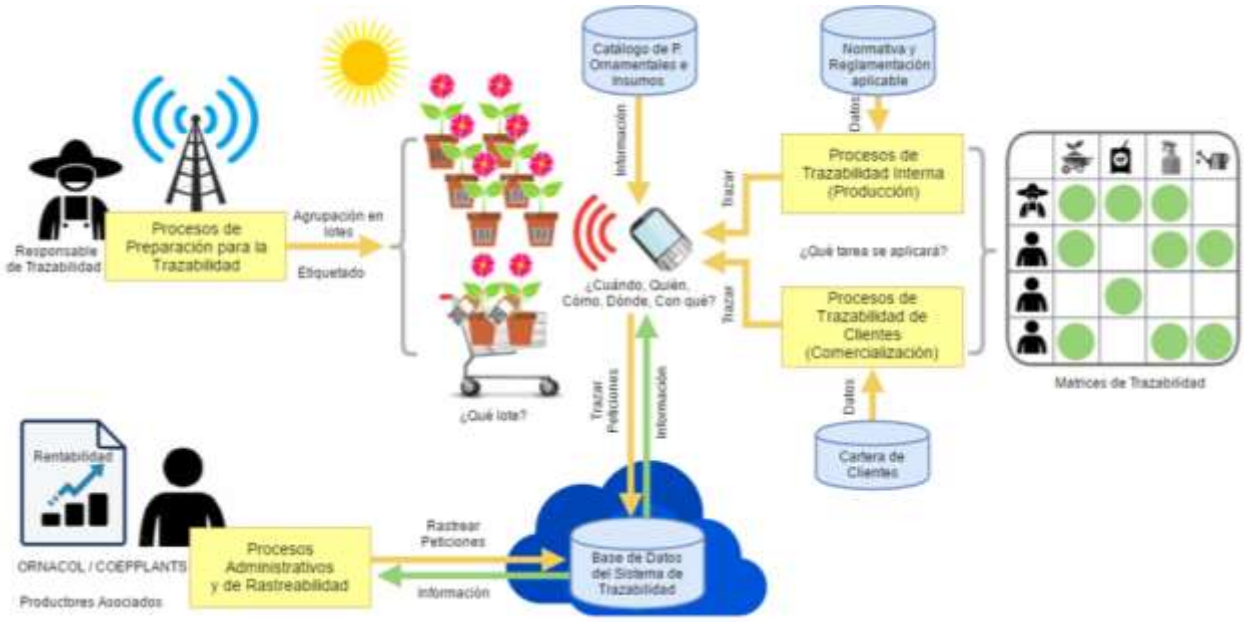


Figura 3. Modelo conceptual del Sistema de Trazabilidad.

El Sistema ayuda a seguir la normativa aplicable en las actividades, en forma de guía electrónica; muestra extractos de texto y la forma correcta de realizar una determinada actividad, para ser trasmitidas posteriormente al personal, en la Tabla 4 se muestra una matriz de las actividades en el Vivero vs. las NOMs y otras reglamentaciones.

También cuenta con módulos para administrar el catálogo de especies y variedades de plantas, el catálogo de insumos y materias primas, la normativa aplicable, la cartera de clientes, entre otros. La consulta del reporte del rendimiento o rentabilidad económica se realiza en estos módulos; así como la consulta del histórico de los procesos, es decir, la Rastreabilidad.

Los actores primarios que interactúan con el Sistema tienen diferentes roles y privilegios, estos son el Administrador general, Trabajador administrativo, Productor viverista asociado, Cliente y el Responsable de Trazabilidad, siendo este último el que desempeña el papel principal en el desarrollo de la Trazabilidad.

El código numérico de cada lote está formado como lo señala el Manual de Trazabilidad de la SAGARPA (Tabla 5); con referencia en el Sistema armonizado de designación y codificación de mercancías [30] para la sección *Cultivo* y *Variedad*. Se utilizó la fecha ordinal del ISO 8601 para la sección *Día*. El código de barras se crea con el portador de datos GS1-128 (Figura 4).



Figura 4. Ejemplo del Código de barras de un Lote.

El sistema está construido tratando de minimizar el impacto en las actividades actuales. El Sistema se apoya con códigos de barra, con matrices de Trazabilidad para la lectura clara de la información, y en los servicios de Internet.

Tabla 4. Matriz de Trazabilidad, Actividades Vs. Normativa aplicable.

				NOMs, REGLAMENTOS Y ACUERDOS ¿Cómo?																			
PROCESOS	**PRODUCTOS ¿A quién?**	**ACTORES ¿Quién?**	**ACTIVIDADES ¿Qué?**	NOM-001-SEMARNAT-1996	NOM-003-STPS-1999	OM-005-STPS-1998	NOM-006-STPS-2014	NOM-010-STPS-1999	NOM-017-STPS-2008	NOM-018-STPS-2015	NOM-048-SSA1-1993	NOM-052-SEMARNAT-2005	NOM-053-SEMARNAT-1993	NOM-059-SEMARNAT-2010	NOM-144-SEMARNAT-2012	NOM-232-SSA1-2009	NOM-251-SSA1-2009	7 CFR 319.37.8	Buenas Prácticas Agrícolas	CAC/MRL 1-CCPR-2009	Módulo de consulta de requisitos fitosanitarios para la importación de mercancía de origen vegetal	Norma Internacional de los Alimentos - Referencias LMR	Registro Sanitario Coordinado de Plaguicidas
Trazabilidad Hacia Atrás o de Proveedores (Adquisición)	Insumos, Materias primas, Herramientas, Material vegetativo	Administrativos	Compra											■	■	■					■		■
		Responsable de Trazabilidad	Recepción		■	■	■	■		■	■					■							■
			Almacenar		■	■	■	■	■	■	■								■				
		Trabajador General	Mover/ Trasladar		■	■	■	■	■	■	■												
Trazabilidad Interna o del Proceso (Producción)	Plantas Ornamentales en desarrollo	Trabajador General (Jornalero)	Siembra/Planteo						■					■			■		■				
			Enraizar / Crecer		■	■			■								■		■				
			Mover/Trasplantar				■		■								■		■				
			Injertar		■	■			■								■		■				
			Regar	■								■	■				■		■				
			Aplicar plaguicidas	■	■	■		■	■	■	■	■	■			■	■		■	■		■	
			Monitorear PH y conductividad																■				
			Fertilizar	■	■	■		■	■	■	■	■	■				■		■				
Trazabilidad Hacia Adelante o de Clientes (Comercializa-ción)	Plantas Ornamentales para venta	Trabajador General (Jornalero)	Mover a *Stock*				■		■											■		■	
			Exhibición																	■		■	
		Administrativos	Venta local/ Nacional				■							■	■								
			Realizar expedi-ción/Exportar				■		■					■	■		■	■		■		■	

Tabla 5. Ejemplo del código numérico de un Lote de plantas.

Secciones del código	**Origen del Producto**				**Cultivo y Sección**			**Lote de Producto**		
Nombre del dato	País	Estado	Municipio	Organización	Cultivo	Variedad	Sección	Día	Año	Lote
Dato	México	Colima	Colima	ORNACOL	Plantas Vivas	Rosal	No. Socio	21/03	2017	1
Código numérico	**7 5 0**	**0 9**	**0 0 2**	**6 7 6 2**	**6 0 2**	**4 0**	**0 5**	**0 8 0**	**1 7**	**0 1**
dígitos	3	2	3	4	3	2	2	3	2	2

2. Materiales y Equipos

Para el desarrollo del sistema se utilizaron lenguajes y herramientas no propias. En la implementación de los módulos se usó la distribución Modelo Vista Controlador.

Para la sección *back-end* se utilizó PHP 5.6 con el *framework* Web CodeIgniter v3; MySQL Workbench 6.3 para la creación de la base de datos; XAMPP para la gestión de la base de datos en MySQL (recientemente MariaDB), para la utilización del servidor web Apache y como intérpretes PHP.

Para el *Front-end* se utilizaron los lenguajes HTML, CSS y Javascript. El *framework* Bootstrap, fue utilizado para facilitar la creación de las vistas y el Sublime Text como editor de código.

Para el modelado de los artefactos en UML se utilizó Enterprise Architect v8.0.

Para la operación del sistema se requerirá de terminales lectoras de códigos de barra, con acceso a Internet o dispositivos móviles con una aplicación lectora de códigos, e impresora térmica para etiquetas plásticas.

3. Métodos empleados

En [31] se proporciona una estrategia de evaluación de investigaciones en Ingeniería de Software (IS), conocerla puede ayudar a crear el método de investigación e informar los resultados claramente.

La estrategia de Shaw [31] menciona una combinación de elementos para evaluar una investigación: Tipo de pregunta, el tipo de resultado o producto final y el mecanismo de validación; al conjugar estos elementos se configura el método de investigación.

Shaw clasifica cinco tipos de preguntas de investigación en IS, ocho tipos de resultados de la investigación y seis técnicas de validación. De acuerdo a la estrategia de investigación citada, se seleccionó la combinación de elementos adecuada para este trabajo de investigación, estos son:

1. Tipo de pregunta de investigación, correspondió al *Método de Desarrollo*, define la forma de construir el sistema. ¿Cómo podemos desarrollar el Sistema de información? ¿Cuál es la mejor forma?
2. El tipo de resultado de la investigación, se ajusta al *Procedimiento o Técnica*, define el conjunto de pasos para desarrollar el Sistema.
3. La técnica de validación, para garantiza la aplicabilidad del sistema, será por *Evaluación*, se revisan los resultados a partir de los requerimientos del cliente. La validación y verificación del software por medio de las pruebas se ajusta a esta técnica.

De acuerdo a lo anterior el método a desarrollar en este trabajo se siguió mediante los procedimientos que se indican en la Figura 5, y se describen brevemente a continuación.

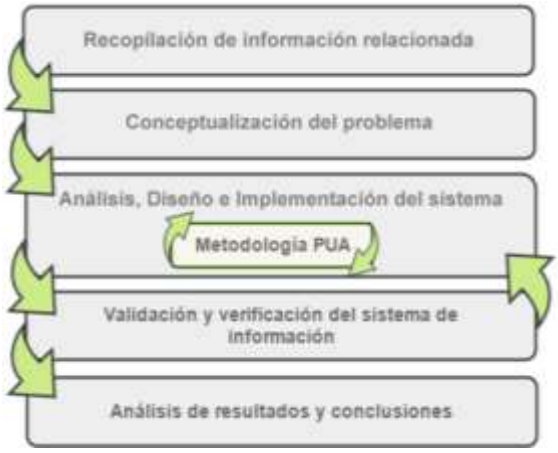


Figura 5. Método de desarrollo del sistema.

3.1 Recopilación de información relacionada

El trabajo inició con una investigación documental, revisando información relacionada en bases de datos y repositorios académicos. Cabe resaltar que pese al indudable valor que la Trazabilidad llega a representar para la sociedad y las empresas, las aportaciones escritas no son del todo extensas y actuales [20].

La literatura descrita en el punto 1.3 fue recopilada junto con otras fuentes. Con el caso de estudio se obtuvieron las reglas de negocio y los requerimientos del cliente,

mediante observación, entrevistas y retroalimentación con los actores.

3.2 Conceptualización del problema

Se procedió con el planteamiento de la solución del problema, el propósito de la investigación, la justificación, los estudios de factibilidad, los objetivos generales y específicos, el planteamiento de la hipótesis y la estimación del costo en *Constructive Cost Model* (COCOMO 81).

3.3 Análisis, diseño e implementación del sistema con la metodología PUA

PUA (Proceso Unificado Ágil) es una versión simplificada del *Rational Unified Process* (RUP), creada por [32]. Describe un enfoque simple y fácil de entender para desarrollar software utilizando técnicas y conceptos del manifiesto ágil y sin embargo sigue siendo fiel al RUP.

La naturaleza secuencial del PUA es definida por las siguientes fases: Inicio (Concepción), Elaboración, Construcción y Transición. En el ciclo de vida del PUA las disciplinas han cambiado respecto al RUP, éstas se llevan a cabo de manera iterativa: 1) Modelado, abarca las disciplinas de Modelo de Negocio, Requisitos, y Análisis y Diseño; 2) Implementación; 3) Pruebas; y 4) Despliegue. Las disciplinas administrativas que se llevan paralelamente al desarrollo son: 5) Gestión de Configuración, abarca la Gestión de Configuración y Cambio; 6) Gestión del Proyecto, y 7) Entorno.

3.4 Validación y verificación del Sistema de información

Trata la evaluación de las versiones previas y del sistema terminado, observando si cumple las expectativas del cliente y si se ajusta a sus especificaciones. Revisa requisitos del Sistema, diseño, código y las pruebas del producto. La Validación se describe por la interrogante ¿Estamos construyendo el producto correcto? y la Verificación por ¿Estamos construyendo el producto correctamente? [33].

3.5 Análisis de resultados y conclusiones

Se revisaron los resultados de la investigación, obtenidos de la ejecución del método de desarrollo, y la validación y verificación. Se interpretaron los datos obtenidos de las pruebas, simulaciones y la investigación documental. Se emitieron juicios en base a la síntesis de resultados obtenidos y la experiencia en el trabajo realizado.

4. Resultados y Discusión

Se siguieron los métodos especificados en el punto 3 como la mejor forma para desarrollar el Sistema de información; el conjunto de procedimientos realizados se presenta brevemente en la Tabla 6, contiene los elementos, artefactos o entregables del Sistema que se desarrollaron en cada etapa del procedimiento; en la Tabla 7 se muestran en forma cuantitativa.

Tabla 6. Procedimiento realizado siguiendo los métodos de desarrollo del Sistema.

Actividad		Fecha Inicio	Fecha Fin	Instrumentos	Productos resultantes
Recopilación de información relacionada		02/ 2016	06/ 2016	Bases de Datos, Repositorios académicos, Bibliografía, Artículos académicos, Manuales, Entrevistas, Estándares, Normativa, Estancia de investigación	• Revisión de la literatura y trabajo relacionado • Especificación de Requerimientos del cliente • Disposición del Código numérico para el Código de barras • Especificación de los Requerimientos clave de Trazabilidad del proceso de negocio
Conceptualización del problema		03/ 2016	06/ 2016	COCOMO 81, Estancia de investigación, entrevistas, cotizaciones, formato de gestión de financiamiento ante el TecNM	• Estudios de Factibilidad • Análisis del Costo-Beneficio • Justificación, Objetivos e Hipótesis • Estimación de costos • Anteproyecto de investigación • Solicitud de apoyo para financiamiento • Diagrama de Gantt del proyecto
Desarrollo del sistema con la metodología PUA	**Concepción**	05/ 2016	08/ 2016	Enterprise Architect v8.0, UML, Aplicación para elaborar diagramas *online*	• Documento de Análisis del Sistema • Análisis de Requisitos del Sistema • Especificación de Actores • Especificación de Casos de uso, obtenidos de la integración de los Sistemas • Modelos: Conceptual, Casos de Uso y Requisitos • Diagramas de Actividades con responsabilidades • Matrices de Trazabilidad
	Elaboración	07/ 2017	10/ 2017	Enterprise Architect v8.0, UML, XAMPP, MySQL (MariaDB)	• Documento del Diseño del Sistema • Modelos: Clases, Modelo de datos, Interfaces, Navegación, Componentes y Despliegue • Diseño y normalización del diagrama Entidad-Relación • Diccionario de datos
	Construcción	07/ 2016	04/ 2017	PHP 5.6 con framework Web CodeIgniter v3, MySQL Workbench 6.3, XAMPP, MySQL (MariaDB), HTML, CSS, JScript, framework Bootstrap, Sublime Text 2.0	• Código fuente del sistema • Implementación de los módulos del Sistema • Esquema de la Base de Datos • Modelos, vistas y controladores • Identidad gráfica y paleta de colores • Creación de las Hojas de Estilo en Cascada
	Transición	03/ 2017	04/ 2017	Enterprise Architect v8.0, UML, Formatos impresos de pruebas, hospedaje Web, *testers*	• Versiones del Sistema • Pruebas del Sistema (validación, seguridad y despliegue) • Manual de Usuario • Manual Técnico • Plan de Mantenimiento
Validación y verificación del Sistema		03/ 2017	04/ 2017	Formatos para pruebas, *testers*, datos de prueba	• Validación y verificación del Sistema • Simulaciones • Sistema terminado
Análisis de resultados y conclusiones		04/2017		Procesador de texto	• Análisis de Resultados • Conclusiones

En la disciplina de Modelado del PUA, durante las fases del desarrollo se crearon los diferentes modelos en UML: En el Análisis del Sistema se emplearon los modelos de Casos de Uso, de Actividades con Responsabilidades y de Requisitos. En el Diseño del Sistema se crearon los modelos de Clases, de Datos, diagramas de Interfaces y Navegación, Componentes y el modelo de Despliegue, los cuales se muestran en las Figuras 6, 7, 8 y 9.

Para hacer el modelado legible, se dispuso el Sistema por módulos funcionales: Beneficios, Administrativo, Clientes, Trazabilidad y Preparación de la Trazabilidad, y también por actores.

Tabla 7. Elementos del Sistema descritos cuantitativamente.

Actividad	Productos resultantes		No.
Recopilación de Información	Requerimientos del cliente		**12**
Conceptualización del problema	Estudios de Factibilidad		**4**
	Anteproyecto de Investigación		**1**
Desarrollo del Sistema	Documento de Análisis del Sistema		**1**
	Actores	Primarios	**8**
		Secundarios	**2**
	Casos de uso resultantes de la integración de los Sistemas		**14**
	Casos de Uso totales		**20**
	Requisitos del Sistema	Funcionales	**20**
		No Funcionales	**8**
	Diagramas de Actividades con Responsabilidades		**5**
	Matrices de Trazabilidad		**5**
	Documento del Diseño del Sistema		**1**
	Clases del Sistema		**16**
	Diagramas de Casos de Uso de los Módulos del Sistema		**5**
	Modelos de Componentes		**1**
	Diagramas de Navegación e Interfaces		**5**
	Tipos de Pruebas del Sistema		**3**

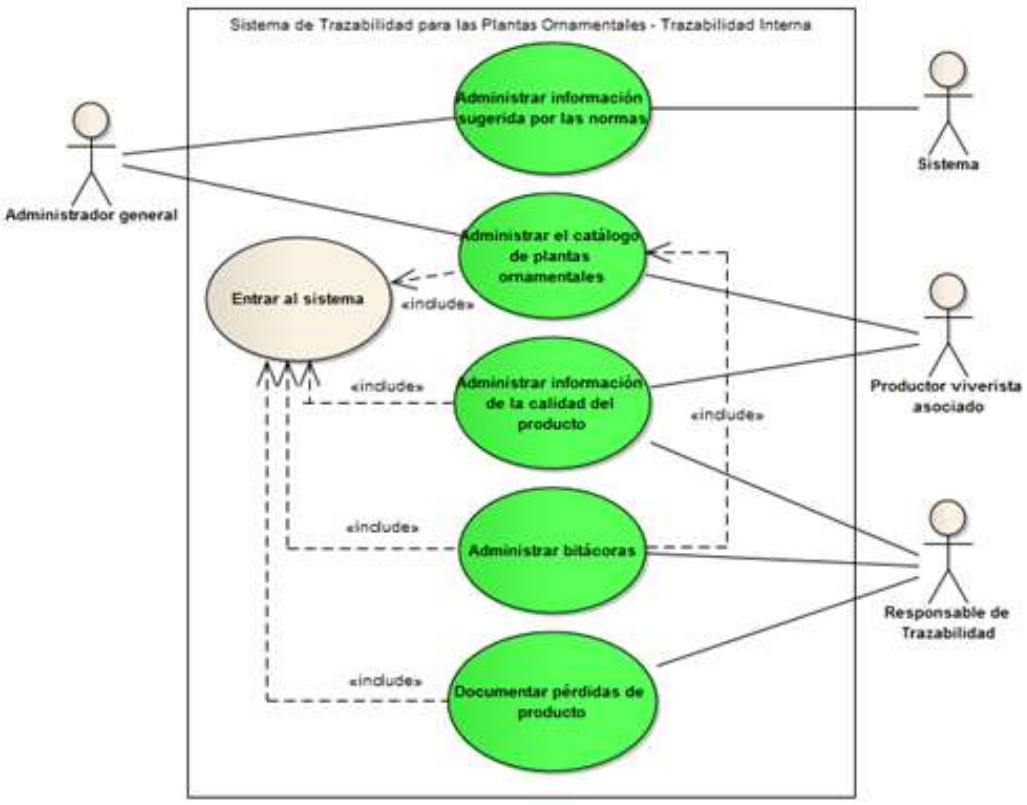


Figura 6. Casos de Uso del módulo Trazabilidad Interna.

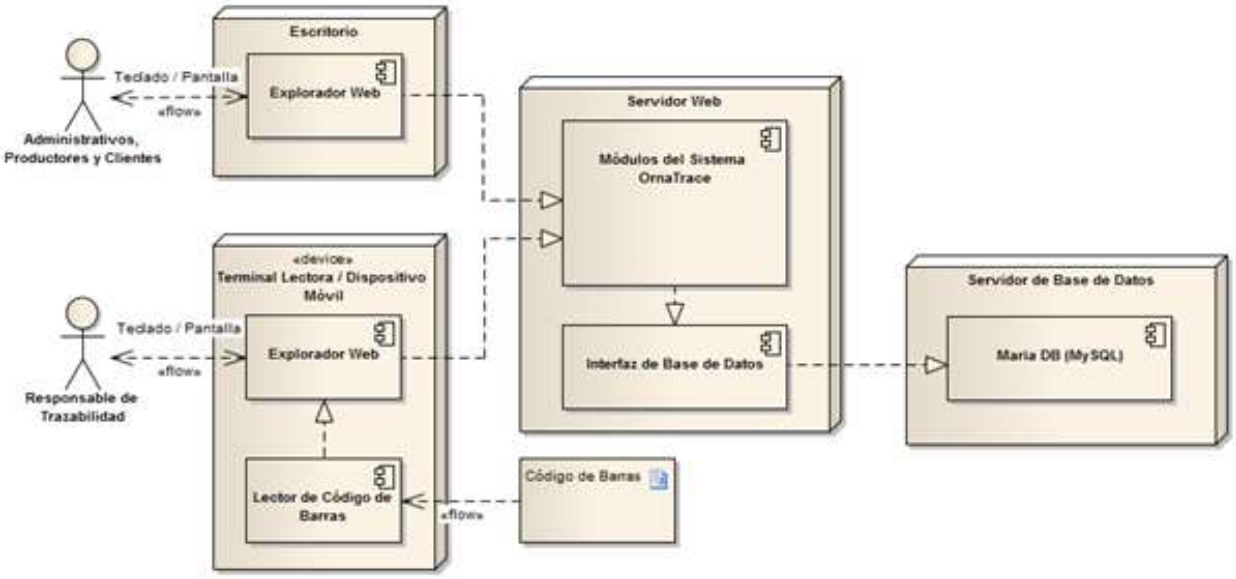


Figura 7. Modelo de Despliegue del Sistema.

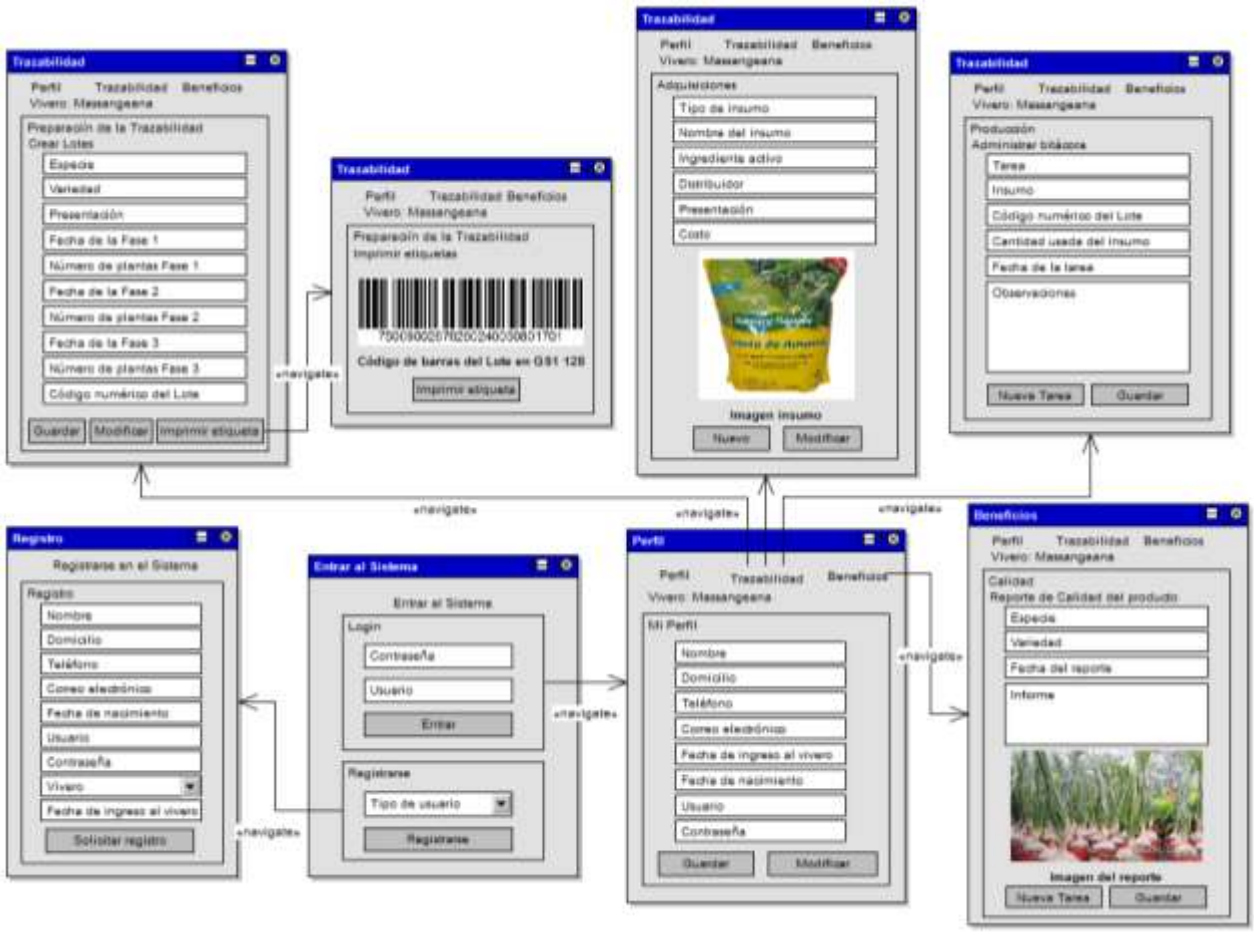


Figura 8. Modelo de interfaces y navegación del actor Responsable de Trazabilidad.

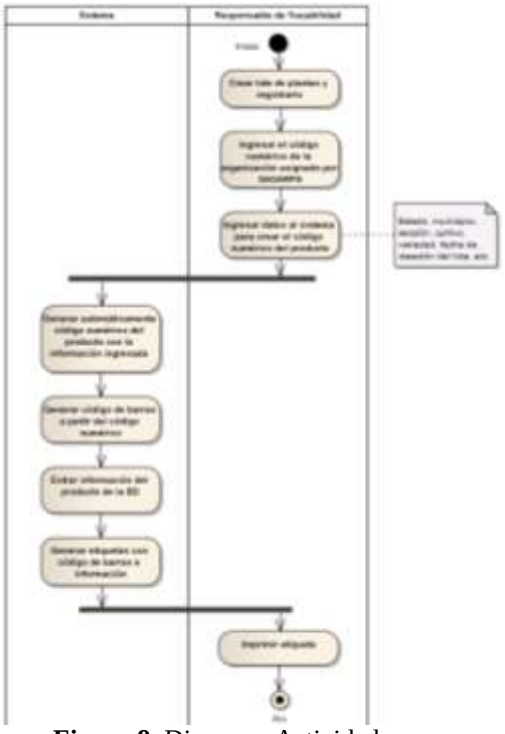


Figura 9. Diagrama Actividades con Responsabilidades del módulo Preparación de la Trazabilidad.

Con la verificación se observó que el Sistema satisface sus requisitos funcionales y no funcionales especificados en el proceso de diseño. Mediante las pruebas de validación, seguridad y despliegue se detectaron no conformidades en el código y artefactos y estos fueron corregidos.

La validación se realizó por medio de las simulaciones, permitió comprobar que el Sistema satisface los requerimientos del cliente y su propósito específico fijado.

En las Figuras 10 y 11 se presentan ventanas de *OrnaTrace* que muestran el entorno del actor *Productor viverista*, primero el apartado Reporte de la Rastreabilidad de un lote dado y luego el Reporte del índice de rentabilidad de los lotes en un rango de tiempo dado, respectivamente.

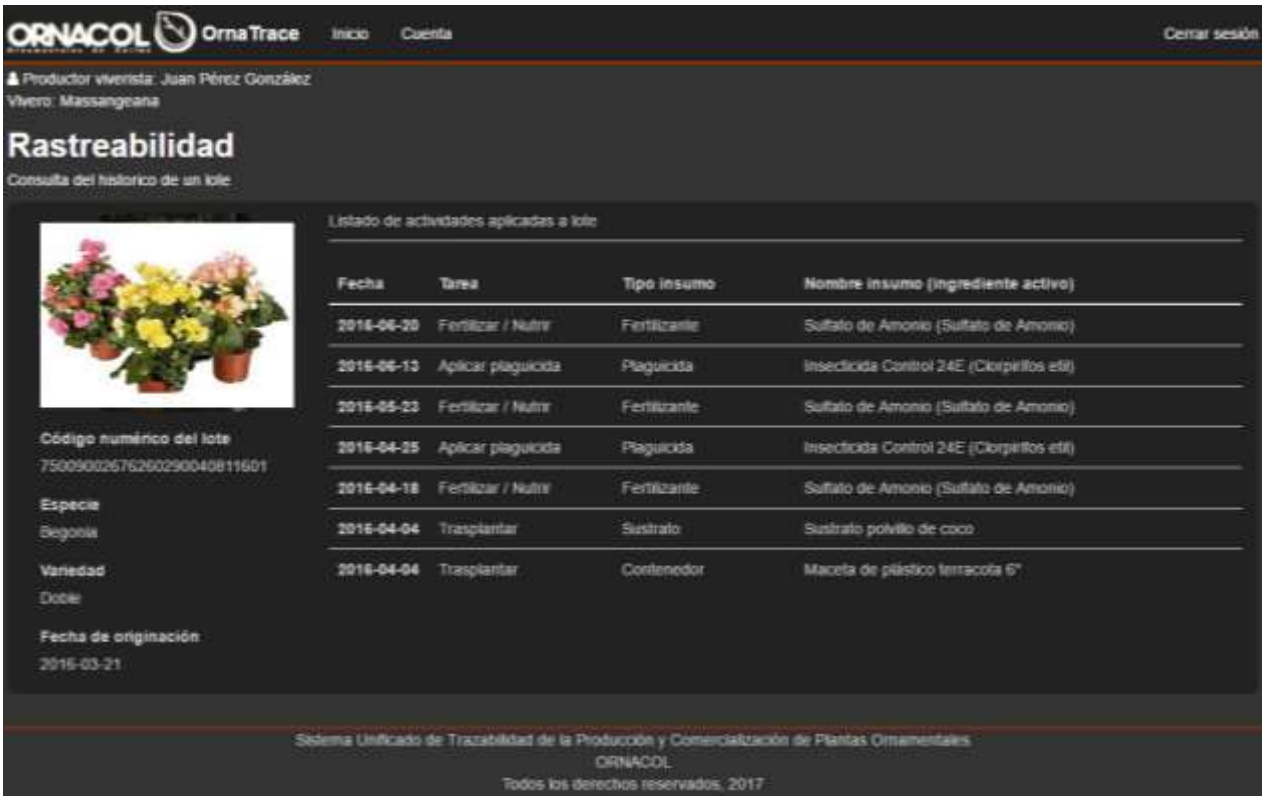


Figura 10. OrnaTrace, consulta del histórico de un lote dado.



Figura 11. OrnaTrace, consulta de la Rentabilidad de los lotes comprendidos en un rango de tiempo dado.

Este Sistema representa una propuesta innovadora para la Trazabilidad de las plantas ornamentales vivas, ofrece un enfoque basado en estándares internacionales y normativa aplicable que otros trabajos de investigación y Sistemas genéricos en el mercado carecen.

5. Conclusiones

Un proyecto de inversión, semejante a este Sistema de Trazabilidad, que sea operado correctamente, tiene su mayor aprovechamiento cuando la empresa que lo emplea exporta sus productos.

Implementar un Sistema de Trazabilidad es costoso, el desarrollo de *OrnaTrace* representó una propuesta económica y fue posible gracias al apoyo otorgado por el TecNM y los productores, así como por la sinergia de esfuerzos y la estrategia "ganar-ganar".

Los resultados de este proyecto beneficiarán, en primera instancia al COEPPLANTS y ORNACOL; también puede servir a productores de plantas ornamentales que deseen incorporar un Sistema de Trazabilidad Interna en su cadena productiva para conocer su rentabilidad y respaldar sus procesos para posteriormente lograr certificados por terceros. Asimismo servirá de referencia para el desarrollo de Sistemas de Trazabilidad automatizados para plantas ornamentales más robustos, atendiendo el trabajo futuro de esta investigación.

El desarrollo de este proyecto representa un esfuerzo en materia de transferencia de tecnología y la democratización de la tecnología en el campo mexicano, se conoció la necesidad de herramientas tecnológicas para impulsar el desarrollo del mismo.

Es indispensable que los productores ornamentales conozcan el marco normativo nacional e internacional vigente, que afecta a la cadena productiva y de suministro, para no ser una limitante en el proceso de comercialización.

En México, además del uso de herramientas tecnológicas en la horticultura ornamental se deben seguir los casos de éxito surgidos en Colombia, Ecuador y Costa Rica, para lograr la consolidación del cultivo en nuestro país.

En la etapa inicial del desarrollo se integraron los SGC, SGI y el Sistema de Trazabilidad obteniendo casos de uso y requisitos para definir la arquitectura y sus funcionalidades. Además la inclusión de un apartado como guía electrónica para seguir la normativa aplicable en la cadena productiva, da un valor añadido al método que se presenta. El método utilizado resultó útil y sirvió de guía para el desarrollo del Sistema.

Se crearon los artefactos siguiendo el método e integrando los estándares internacionales, la normativa aplicable, instrumentos de Ingeniería de Software, y la investigación documental. Concluyendo que con la conjunción de lineamientos, instrumentos y recursos, el sistema propuesto queda sustentado y capacitado.

Las pruebas y simulaciones del Sistema fueron realizadas en un entorno académico, determinando que es posible utilizarlo para la Trazabilidad de las plantas ornamentales. El Sistema fue capaz de determinar el

rendimiento o rentabilidad económica de las especies y variedades de plantas de ornato con base en el precio unitario y la inversión total por planta, y de los insumos utilizados. También es capaz de seguir el histórico (Rastreabilidad) de las actividades e insumos aplicados a un lote de plantas.

Por medio de los módulos *Rastreabilidad* y *Beneficios* se pudo conocer qué insumos y en qué cantidad se utilizaron en un determinado lote para conocer su rendimiento respecto a otros lotes de la misma especie y variedad. Se puede conocer qué especies y variedades de plantas ornamentales son más rentables de producir, y tomar acciones como elevar el precio de venta o desistir de esa especie y variedad.

Después de realizar la validación y verificación del Sistema por medio de las pruebas y simulaciones, se pudo llegar a un resultado sobre la efectividad en el procesamiento de los datos, concluyendo que el Sistema cumple los requerimientos del cliente.

En los espacios no automatizados de la integración de los Sistemas se implementó una guía electrónica de los procesos requeridos por los estándares y la normativa aplicable.

Se deja para trabajo futuro los procesos y funcionalidades no automatizadas: de la Trazabilidad de proveedores y de clientes. También la puesta en operación del Sistema y observar si la Trazabilidad cumple sus beneficios para el cultivo de las plantas ornamentales.

6. Agradecimientos

Al COEPPLANTS y ORNACOL por su cooperación con la información requerida. Al TecNM por el financiamiento otorgado para el proyecto "Sistema de Información Unificado de Trazabilidad para Plantas Ornamentales", el cual forma parte este trabajo que se presenta. Al Instituto Tecnológico de Colima, a su planta docente del programa de la Maestría en Sistemas Computacionales, por la formación y el soporte para desarrollar este Sistema que es requisito de titulación del autor.

7. Referencias

[1] Secretaría de Desarrollo Rural, 2015, *Plan Rector, Sistema Producto Planta de Ornato del Estado de Colima A. C.*,Colima.

[2] Espejo, E. A., 2009, *Trazabilidad total, inocuidad y calidad de agroalimentos*, Tucumán, Arg., Segunda edición ed., F. d. A. y. Z. d. l. U. N. d.

[3] Martínez Martínez T., Gallardo Sandoval A. y García Osorio C., "Inocuidad en el manejo de productos hortofrutícolas", *Agroproductividad*, 2013.

[4] United Nations Global Compact - BSR, 2014, *A Guide to Traceability A Practical Approach to Advance Sustainability in Global Supply Chains*, UN Global Compact Office.

[5] UNCTAD BioTrade Initiative, 2016, "Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Iniciativa BioTrade", [En línea]. Disponible: http://unctad.org/en/Pages/DITC/Trade-and-Environment/BioTrade.aspx.

[6] Moltoni A. F. y Moltoni L. A., "Trazabilidad: El Rol de la Información en el Marco del Nuevo Paradigma de la Calidad", 2014.

[7] Rodríguez Ramírez R., González Córdova A. F., Arana A. y Sánchez Escalante B., "Trazabilidad de la Carne de Bovino: Conceptos, Aspectos Tecnológicos y Perspectivas para México", *Interciencia*, p. 746, Octubre 2010.

[8] SAGARPA, 2012, *Plan Rector, Comité Sistema Producto Ornamentales Colima*

2012.

[9] Rabobank International, Enero 2015, "World Floriculture Map 2015". [En línea]. Disponible: https://www.rabobank.com/en/images/World_Floriculture_Map_2015_vanRijswick_Jan2015.pdf.

[10] Rendón Correa A. y Fernández Nava R., "Plantas con potencial uso ornamental del estado de Morelos", *POLIBOTANICA*, 2007.

[11] Morán Medina F., "Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero", Torreón, Coahuila, 2004.

[12] AIPH and UF, 2016, "International Statistics Flowers and Plant Edition 2016". [En línea]. Disponible: http://aiph.org/statistical-yearbook/.

[13] ITESM, 2002, "Contacto PYME". [En línea]. Disponible: http://www.contactopyme.gob.mx/cpyme/estudios/lista_archivos.asp?id=44&e=30.

[14] Granada Carreto L., 2013, *Particularidades del mercado y las espectativas para el uso y producción de material de propagación certificado*, Cuautla, Morelos, México.

[15] Secretaría de Desarrollo Rural Colima, 2015, *Plan Rector, Sistema Producto Planta de Ornato del Estado de Colima A. C.*, Colima, México.

[16] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2016, "SIAP", [En línea]. Disponible: http://www.siap.gob.mx/.

[17] IICA, 2003, "Food Defense Soluciones", [En línea]. Disponible: http://www.fooddefense-soluciones.com/wp-content/uploads/2013/09/bioterrorismo.pdf.

[18] Fernández Reyes V. M., Torres Gastelú C. A. y López Peredo M. C., "Uso del software en el proceso de Trazabilidad para MPYMES Apícolas Veracruzanas", Veracruz, México, 2008.

[19] SAGARPA, 2016, "Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, [En línea]. Disponible: http://www.gob.mx/sagarpa.

[20] Andrés González-Moralejo S., "Protocolo de Actuación en el Diseño de un Sistema de Trazabilidad para la Industria Alimentaria", *AGROALIMENTARIA*, 2007.

[21] Asociación de Exportadores de Chile, 2005, *Manual de Trazabilidad de Productos Hortofrutícolas Frescos de Exportación*, Santiago de Chile, CEPCO Impresores S.A.

[22] Expósito I. y Cuiñas I., "A Complete Traceability System for a Wine Supply Chain Using Radio-Frequency Identification and Wireless Sensor Networks", 2013.

[23] Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2004, *Guía para la Aplicación del Sistema de Trazabilidad en la Empresa Agroalimentaria.*

[24] SENASICA, 2014, "Sistema de Trazabilidad de productos Hortofrutícolas para consumo en fresco de los Estados Unidos Mexicanos", [En línea]. Disponible: http://www.cesavejal.org.mx/divulgacion/Manual%20Digital%202014/18%20Manual%20Trazabilidad%20de%20la%20Inocuidad%20de%20los%20Estados%20Unidos%20Mexicanos%2016%20de%20Abril(1)%20(1).pdf.

[25] SENASICA-SAGARPA, 2002, *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas*, Culiacán, Sinaloa.

[26] Hua J., Zhang X., Mihaela Moga L. y Neculita M., "Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system", *Food Control ELSEVIER*, 2012.

[27] Villarreal V. y Caballero A., "Un Sistema de Trazabilidad Basado en Web para la Genética de Ganado en Panamá", *I+D Tecnológico*, 2016.

[28] Rodríguez Tey M. F., marzo 2017, "YIREPA, Finanzas y Economía". [En

línea]. Disponible: http://yirepa.es/rendimiento-y-rentabilidad.html.

[29] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2010, *Bases para la Implementación de un Sistema de Trazabilidad*.

[30] Organización Mundial de Aduanas, 2017, "Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías", [En línea]. Disponible: http://www.wcoomd.org.

[31] Shaw M., "What Makes Good Research in Software Engineering?", *International Journal on Software Tools for Technology Transfer (STTT)*, 2002.

[32] Ambler S., 13 Marzo 2017, "The Agile Unified Process (AUP)", [En línea]. Disponible: http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html.

[33] Sommerville I., 2005, *Ingeniería del Software*, Madrid, PEARSON.