



**SISTEMA DE TRAZABILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE  
MALANGA EN VERACRUZ, MÉXICO: PROSPECTIVA †**  
[SYSTEM OF TRACEABILITY IN THE SUPPLY CHAIN OF MALANGA IN  
VERACRUZ, MEXICO: PROSPECTIVE]

N. Villanueva-de la Cruz<sup>1</sup>, A. Soto-Estrada<sup>1\*</sup>, E. Arvizu-Barrón<sup>2</sup>,  
A. Asiain-Hoyos<sup>1</sup> and J. A. Leos-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Colegio de Posgraduados campus Veracruz; km. 88.5 Carretera Xalapa – Veracruz.  
Predio Tepetates Mpio. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México C.P. 91690.*

*Email: alejandras@colpos.mx.*

<sup>2</sup>*Universidad Autónoma Chapingo; Km 38.5 carretera México - Texcoco, Chapingo,  
Estado de México, México. C.P. 56230*

*\*Corresponding author*

### SUMMARY

**Background.** Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) is an economical import crop in Actopan, Veracruz, since it is exported to the United States of America (USA) and Canada. In Mexico, there is no regulation to implement traceability systems in agricultural products. **Objective.** To propose a traceability system in the supply chain of taro produced in Veracruz. **Methodology.** A questionnaire was designed to obtain information related to the production process; a second questionnaire asked about the packaging information; twenty-four producers and eight packinghouse managers were interviewed. **Results and discussion.** Producers have been growing taro for 10 years, they do not have any specific planting season and grow the variety Coco. No soil analysis is performed, irrigation is by flooding and the main pest is the mouse (*Apodemus sylvaticus*). Each producer makes an agreement with a packing house; the company performs the harvesting and then the packaging process. Wooden pallets are used for packaging; each pallet piles up 60 sacks of 18 kg of taro. **Implications.** The traceability model for the Mexican taro could be adapted to the traditional way of production in Mexico to increase competitiveness. **Conclusions.** The shipping label contains scarce information about the origin of the product. Links of the supply chain were identified and a traceability model for taro is proposed for first time.

**Key words:** links; quality; export; tracing; model.

### RESUMEN

**Antecedentes.** La malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es económicamente importante en Actopan, Veracruz debido a que es exportada a Estados Unidos de América (EUA) y Canadá. En México no existe una regulación para implementar sistemas de trazabilidad en productos agrícolas. **Objetivo.** Diseñar una propuesta de un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro para la malanga producida en Veracruz. **Metodología.** Se diseñó un cuestionario para obtener información relacionada con el proceso de producción y otro con el de empaque; se entrevistó a 24 productores y ocho encargados de emparadoras. **Resultados y discusión.** Los productores cultivan la malanga desde hace 10 años, no cuentan con una época de siembra definida y cultivan la variedad Coco. No se realiza análisis de suelo, el riego es rodado por inundación y el ratón (*Apodemus sylvaticus*) es la plaga principal. Cada productor realiza un convenio con alguna empaçadora para que ésta realice la cosecha y posteriormente el proceso de empaque. Para el embalaje se utilizan pallets de madera; cada uno contiene, en promedio, 60 arpillas de 18 kg de malanga. La etiqueta de envío incluye información escasa sobre la procedencia del producto. **Implicaciones.** El modelo de trazabilidad para la malanga mexicana podría ser adaptado a la forma tradicional de producción en México para incrementar la competitividad. **Conclusión.** Se identificaron los eslabones de la cadena de suministro y por primera vez se propone un modelo de trazabilidad para la malanga.

**Palabras clave:** eslabones; calidad; exportación; rastreabilidad; modelo.

† Submitted December 19, 2019 – Accepted July 7, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista regulatorio, la trazabilidad es un requisito indispensable para garantizar que las empresas puedan identificar, al menos, al proveedor directo de un producto y al cliente inmediato. Para ello, se debe recopilar información básica e indispensable en cada etapa de la Cadena de Suministro (CS) y garantizar la disponibilidad de datos para el análisis y la optimización de la producción (Pizzuti *et al.*, 2012). Ante la sospecha de algún problema relacionado con la calidad de los alimentos, se debe recurrir a la trazabilidad que involucra el proceso de producción, empaque y distribución (Moltoni y Moltoni, 2015; Wang *et al.*, 2017). Esta incluye los ingredientes, procesos, pruebas y sus resultados, el medio ambiente (temperatura, humedad, tiempo), los recursos (personas, máquinas, cuchillos), los métodos de transporte, etc. La trazabilidad es aplicable para cualquier producto agrícola que requiere garantizar inocuidad (Schwägele, 2005); esto incluye a la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott).

La malanga se introdujo a México en la década de 1980, con fines de investigación (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011). En el periodo 2010-2016, el estado de Veracruz fue el principal productor de malanga con 3,423 ha sembradas, 2,101 ha cosechadas, con una producción de 32,216 t y un rendimiento de 56 t ha<sup>-1</sup>. Actopan es el principal municipio productor, con 530 ha sembradas en 2017 (SIAP, 2017). En este año, el estado de Nayarit obtuvo una producción de 3,924 t y un rendimiento de 38.47 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2017). También existen reportes de producción en los estados de Oaxaca, Tabasco (Ruiz *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2011; CP, 2018) y Chiapas (Mazariegos *et al.*, 2017). La malanga que se produce en Veracruz, México, se exporta a Canadá y Estados Unidos de América (EUA) (López *et al.*, 2018).

La exportación de productos agropecuarios hacia los EUA debe cumplir con requisitos regulatorios debido que a que existen posibles riesgos de contaminación que pueden ocurrir en cualquier eslabón de la CS y que provocan enfermedades transmisibles por alimentos (ETA). Además, desde 1997, en EUA existe una iniciativa de inocuidad alimentaria para productos frescos, con el fin de garantizar que los alimentos sean seguros para el consumidor (McNamara, 2000). Los agentes contaminantes están presentes en la CS, por lo que se hace complejo desarrollar un sistema de trazabilidad en los alimentos (Cao *et al.*, 2017).

México está sujeto a esta iniciativa, la cual requiere de un sistema de trazabilidad de los productos agrícolas. Como apertura, el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) autorizó los planes de trabajo para exportación de aguacate, cítricos, mango, entre otros (SENASICA, 2016), mediante el protocolo de actuación para la exportación de papaya, con el fin de obtener un certificado fitosanitario internacional (CFI) (SENASICA, 2017); sin embargo, ningún caso está sujeto a una Norma Oficial Mexicana, donde se aplique la trazabilidad. No obstante, para la exportación de ganado bovino y miel de abeja se aplica la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-000-ZOO-2011, la cual incluye un sistema de trazabilidad.

La malanga, como producto agrícola, no cuenta con un sistema de trazabilidad que garantice la inocuidad; esto representa un área de oportunidad debido a la importancia de las exportaciones. Por lo tanto, los objetivos fueron diseñar una propuesta de un sistema de trazabilidad en la CS para la malanga producida en Veracruz e identificar los posibles peligros de contaminación.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el municipio de Actopan, Veracruz, México, en las localidades de Santa Rosa, Buenos Aires, La Esperanza, La Bocanita, El Diamante, Paso de Varas, Rancho Alegre, Rancho Balderas y Los ídolos.

A través de un recorrido de campo se identificaron a los informantes clave (un productor y encargado de empacadora) quienes inicialmente apoyaron para identificar a los productores (24) y a los encargados de las empacadoras (8), mediante el método de bola de nieve. Se diseñaron dos cuestionarios, uno para obtener información relacionada con el proceso de producción y otro con el empaque de la malanga. El cuestionario para productores incluyó los antecedentes de siembra y manejo del cultivo (plantación, fertilización, control de plagas, manejo y uso del agua y cosecha). En el cuestionario para los encargados de las empacadoras se preguntó sobre el proceso de empaque (recepción e ingreso de la malanga, limpieza y selección primaria, lavado, desinfección y secado, selección del cormo, empaque y empalmetado, almacenamiento, carga del contenedor y salida de la mercancía).

Para ajustar la estructura de los cuestionarios, previo a la aplicación de éstos se realizó una prueba piloto a un productor y a un encargado de una empacadora.

Posteriormente, mediante entrevistas, los cuestionarios se aplicaron individualmente a los productores y encargados de empacadoras de malanga.

### Análisis de los datos

La información obtenida de los productores y encargados de las empacadoras se procesó y analizó con el programa IBM SPSS Statistics 19 y el programa de Excel versión 2016. Mediante estadística descriptiva se determinaron promedios y porcentajes, y elaboraron tablas de frecuencia y gráficas.

Para el diseño del sistema de trazabilidad de la malanga se utilizó la estructura de la CS de Quian *et al.*, (2017) y un modelo de trazabilidad por lotes a lo largo de la CS (Pizzutti *et al.*, 2012; Olsen y Borit, 2018). Los agentes económicos considerados para este análisis fueron productores y empacadores de México, quienes concentran hasta el 70% de las actividades de la cadena malanga (antes de que el producto sea enviado al país importador) y de creación de utilidad: forma, lugar, espacio y tiempo (Barrera y Chalita, 2013). El término de compra-venta internacional, libre a bordo (free on board, FOB), permite que el exportador entregue al importador o a la persona que se designe (intermediario) el producto en el puerto acordado (dentro del país de origen), listo para su envío a la terminal de ingreso y centros de consolidación; el producto cumple, en todo momento, con los requisitos de fitosanidad, embalaje, tamaño y forma que requieren los EUA. Además, se exploró los posibles agentes biológicos, químicos y físicos que pueden causar efectos nocivos para la salud (FAO, 2009) en la producción y el empaque de malanga.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Declaración de los productores

En la Tabla 1 se presenta la información que los productores manifestaron con respecto a los antecedentes y manejo del cultivo. La malanga es de reciente introducción, aunque el 33% lleva 8 años cultivándola y el 4.1% la cultiva desde hace 10 años. Por consiguiente, no existe una fecha de siembra definida y se siembra en cualquier época del año. Esta situación es similar en Cuba, donde la siembra se realiza todo el año, aunque se indica que la mejor época de es de noviembre a febrero (MINAG, 2018).

Con respecto a la obtención de los insumos, los productos que utilizan para el manejo del cultivo están autorizados y registrados ante la COFEPRIS

(SENASICA, 2016b). Al respecto, Galvez *et al.* (2018) precisan que el origen de los insumos y el registro de cada actividad en la producción primaria son indispensables en todos los cultivos; para esta investigación, los insumos son importantes y se deben de incluir para demostrar la trazabilidad hacia atrás (rastreadibilidad) de la malanga.

La malanga se establece alrededor de la caña de azúcar y mango principalmente, lo que representa un problema debido a la incidencia de plagas. Esta situación se vislumbra a largo plazo, ya que los cultivos de caña de azúcar, malanga, chayote, maíz y mango son productos de importancia económica para el municipio de Actopan (SIAP, 2018); además, el cultivo de malanga ha ido en aumento (Arce-Castro y Birke-Biewendt, 2017). La variedad Coco es la única que se siembra en la región. Aunque la malanga se introdujo a México desde Cuba en la década de 1980 (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011), no existe registro de variedades del género *Colocasia* (CP, 2018). Cuba cuenta solamente con registro de clones comerciales de este género; los más comunes son Isleña blanca, México 3, Isleña mulata y Camerún 14 (Rodríguez, 2006; MINAG, 2018).

El hecho de que 87.5 % de los productores (21) no realiza análisis de suelo, tiene implicaciones en la trazabilidad del producto. El análisis físico-químico de suelo es importante para conocer, en el tiempo, las deficiencias nutrimentales (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2010), monitorear los cambios en el suelo (Tun-Canto *et al.*, 2017) y la eficiencia de la producción (Sandoval-Legazpi *et al.*, 2017). Además, se pueden detectar los residuos de plaguicidas (FAO, 2009).

Como plaga principal, el ratón es un riesgo que afecta la calidad del cormo. La presencia de este roedor es mayor en áreas de producción cercanas al cultivo de caña de azúcar, reservorio natural de la plaga (del Villar-González, 2000). Aunque la mayoría de los productores mencionó que la araña roja y los pulgones están presentes, no representan pérdidas económicas. La pudrición del tallo es un problema fitosanitario; sin embargo, el patógeno aún no ha sido identificado. En Cuba, en los rizomas se presentan los géneros *Phoma*, *Diplodia* y *Sclerotium* (Dávila *et al.*, 2016), mientras que en Nicaragua, se han asociado las especies *Fusarium oxisporum*, *Pseudomonas solanacearum* y *Erwinia carotovora* pv. *atropsetica* a la pudrición del cormo (INATEC, 2017). En México, la pudrición está relacionada con la presencia de la bacteria *Erwinia* sp. (López-López *et al.*, 2017).

**Tabla 1. Información relacionada con antecedentes de siembra y manejo del cultivo de malanga en Actopan, Veracruz.**

| Aspectos de la producción   | Descripción  | Productores |       |
|-----------------------------|--|-------------|-------|
|                             |  | Núm.        | %     |
| Antecedentes del cultivo    | No tiene fecha de siembra definida   | 22          | 91.7  |
|                             | Ocho años cultivando   | 8           | 33.0  |
| Obtención de insumos        | Usa fertilizantes químicos   | 22          | 91.7  |
|                             | Utiliza hijuelos de otros productores  | 18          | 75.0  |
|                             | Control químico y manual   | 17          | 70.8  |
| Establecimiento del cultivo | La siembra es manual   | 24          | 100.0 |
|                             | No lleva registro del origen de los hijuelos   | 23          | 95.8  |
|                             | Alrededor de caña y mango  | 22          | 91.7  |
|                             | No realiza análisis de suelo   | 21          | 87.5  |
|                             | Cultiva la variedad Coco   | 11          | 45.8  |
| Control de plagas           | Plaga principal: el ratón ( <i>Apodemus sylvaticus</i> )                               | 24          | 100.0 |
|                             | No lleva registro de aplicación de plaguicidas   | 24          | 100.0 |
|                             | Presencia de araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ) y pulgones ( <i>Aphis</i> spp.) | 22          | 91.7  |
|                             | Aplica fungicida, sin identificar el patógeno  | 15          | 62.5  |
|                             | Número de aplicaciones:  |             |       |
|                             | Dos veces  | 19          | 79.2  |
|                             | Tres veces   | 2           | 8.3   |
|                             | Frecuencia de aplicación:  |             |       |
| Cuando se presenta la plaga | 16   | 66.7        |       |
| Mensual                     | 5  | 20.8        |       |
| Manejo y uso del agua       | Fuente: río Actopan  | 24          | 100.0 |
|                             | Cuenta con permiso para el uso del agua  |             |       |
|                             | Utilizan sistema de riego rodado   |             |       |
| Cosecha                     | Depende de la empacadora   | 24          | 100.0 |
|                             | No lleva registro de las ventas  |             |       |
|                             | No realiza análisis de residuos  |             |       |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2018).

El sistema de riego rodado en surcos o melgas puede ser un factor determinante para el desarrollo de enfermedades (Domínguez-Torres y Aguilar-Arrieta, 2000), principalmente de pudriciones. Este tipo de riego puede estar relacionado con la pudrición que se presenta en la malanga en la región de estudio.

Todos los productores presentan el mismo patrón de cosecha. El encargado de la empacadora es el responsable de la cosecha, el encostado y el transporte del producto del campo a la empacadora, para iniciar el proceso de empaque. Por lo anterior, los productores no realizan análisis de residuos de plaguicidas al cormo. Además, no existe una norma que exija este procedimiento. Costa Rica cuenta con un reglamento que indica los límites máximos de residuos (LMR) de los plaguicidas aplicados en malanga, según el Decreto N°35031-MAG-MEICS, (2009). Una opción para realizar los análisis de LMR y microbiológicos para la malanga, sería a través de la certificación en los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC) del SENASICA; para ello, los productores deberían cumplir cabalmente con los

criterios establecidos por ciclo productivo, desde el proceso de producción primaria, cosecha y empaque del producto. Los SRRC promueven las buenas prácticas agrícolas (BPA), para evitar, principalmente, la contaminación del agua de riego y suelo, además de tener un buen manejo en el uso de los agroquímicos, la inocuidad y sanidad de los alimentos (CIAD, 2002; IICA, 2008).

#### **Declaración de los encargados de las empacadoras**

##### **Recepción e ingreso de la materia prima (malanga).**

No obstante que existe un convenio “a la palabra” entre el productor y la empacadora para que ésta realice la cosecha, el 87.5% (7) de los entrevistados indicó conocer a los proveedores de malanga, mientras que el 12.5% (1) no conoce quiénes proveen la materia prima debido a que se entrevistó al encargado de personal. El 75% (6) lleva un registro de sus proveedores; sin embargo, solo el 50% (4) cuenta con datos básicos (nombre y peso) de registro de sus proveedores. Las principales localidades de donde proviene la malanga son Santa Rosa, Los Ídolos, La Esperanza, Paso de

Varas, Buenos Aires, El Diamante y La Bocanita. Una vez que los cormos llegan a la empacadora, éstos se mezclan para completar el cargamento y se pierde su origen o trazabilidad del producto, elemento fundamental para procesos de inocuidad.

**Limpieza y selección.** Para la limpieza de la malanga, los trabajadores son responsables de traer su herramienta (cuchillo, cepillo, delantal). Para otros insumos de limpieza como jabón o cloro, 87.5% (7) de los encargados indicó desconocer quiénes proveen los insumos, debido a que ellos no realizan las compras; por lo tanto, no cuentan con un inventario al respecto. Sólo 12.5% (1) registra el nombre, dirección y teléfono de sus proveedores; no obstante, el encargado no se basa en una norma específica para el control del inventario.

**Lavado, desinfección y secado.** El agua que se utiliza para el lavado proviene del río Actopan. La mayoría de los entrevistados (62.5%) no realizan análisis microbiológico del agua; por lo tanto, es probable que el agua no cuente con el grado de potabilización, pues se desconoce si alcanza los límites permisibles del patógeno *E. coli* que indica la NOM-127-SSA1-1994. En el proceso de lavado del cormo, la mayoría añade cloro y sal al agua, mientras que para la desinfección utilizan ácido acético, cuaternario de amonio y enzimas de origen vegetal. El secado se realiza a la intemperie, con o sin ayuda de un ventilador, o a través de una línea de secado.

**Selección del cormo para el mercado.** Los cormos de exportación deben estar enteros, de color blanco y pesar entre 0.5 y 5.0 kg. La diversidad de tamaño da pauta para establecer categorías de calidad; sin embargo, no existe una norma internacional para el género *Colocasia*, pero se puede recurrir a la norma internacional CODEX STAN 224-2001, como lo hacen en Costa Rica para el tiquisque lila (*Xanthosoma violaceum* Schott) y el blanco (*Xanthosoma sagittifolium* L.) (FAO y OMS, 2007). En este mismo país, se ha evaluado la calidad del cormo de *C. esculenta*, con base en esta norma internacional (Segura *et al.*, 2003). La malanga que no cumple con las características de exportación se destina al mercado nacional.

**Proceso de embalaje.** Este proceso involucra el empaque y empalleteado. Para el empaque se utilizan arpillas de plástico de colores variables. El empalleteado consiste en apilar las arpillas sobre pallets de madera y cubrirlas con una película plástica para evitar su caída. Cada pallet contiene, en promedio, 60

arpillas de 18 kg. Las empresas mexicanas que distribuyen los pallets deben de contar con un registro, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-144-SEMARNAT-2012, que establece las medidas fitosanitarias reconocidas por la norma internacional para medidas fitosanitarias (NIMF) número 15.

La información contenida en la etiqueta para la exportación de malanga es incipiente; incluye el logotipo de “Hecho en México”, la dirección de la empacadora, el nombre y el peso del producto. A diferencia de la exportación del vino en Italia (Stranieri *et al.*, 2018), hongos en China (Frag y Diang-Ming, 2018), hortalizas en España (Pizzuti *et al.*, 2012) y harina de trigo (Quian *et al.*, 2017), las empacadoras de malanga no cuentan con algún software para la trazabilidad del producto.

El 87.5% (7) de los encargados desconoce los peligros y riesgos de contaminación durante el proceso de empaque; uno (12.5 %) mencionó que existe la posibilidad de contaminación por hongos o bacterias. A pesar de ello, 62.5% (5) de los encargados no realiza análisis microbiológico al cormo; 37.5% (3) si lo realiza, pero no periódicamente. De acuerdo con la Ley FSMA (2015), para exportar malanga a EUA se debe realizar un análisis de coliformes fecales *Salmonella* spp. y *E. coli*, y demostrar la ausencia o los límites permisibles de dicha ley.

**Almacenamiento.** El 25% (2) de los encargados indicó disponer de un cuarto frío para el resguardo del producto, pero no llevan registro de las condiciones de almacenaje (temperatura, humedad, días). El inmueble tiene una capacidad de acopio de entre 20 y 40 t, con un tiempo de almacenamiento de 10 a 72 h. El resto de las empacadoras envía el producto inmediatamente después del embalaje.

**Carga y salida de la malanga.** La salida de la mercancía es una actividad que se debe evidenciar a través de un registro de las condiciones del contenedor para conservar fresco el producto, el cual debe de estar limpio y a temperatura de 4.4 °C. Durante el traslado, el transportista debe llevar la Carta de Porte o una carta de entrega de recepción. Al 62.5% (5) de los encargados les han devuelto cargamentos por no cumplir con los estándares de calidad. Casos similares han sucedido con papaya (SENASICA, 2017), melón (Castañeda-Ruelas *et al.*, 2014) y brócoli (CDC, 2018). El último eslabón de la CS de malanga en México para la exportación es el empaque; esto implica la carga de la materia prima en el contenedor. La responsabilidad del vendedor (empacador) termina cuando el producto

es entregado en el puerto de carga convenido, por lo regular, en el puerto marítimo de Coatzacoalcos, Veracruz, bajo los términos de contratación internacional de mercancías (INCOTERMS) del tipo FOB; es decir, la responsabilidad del vendedor termina cuando el producto es entregado sobre la propia embarcación (Cisneros, 2019). Entonces, el FOB permite que el proceso de trazabilidad se transfiera al importador sin responsabilidad para el exportador.

La exportación de malanga de México se limita principalmente a EUA y Canadá; no obstante, de 2016 a 2018 se exportó a Costa Rica, Reino Unido, Honduras y Puerto Rico (SIAVI, 2018; SIAP, 2018). No es claro el origen de estas exportaciones, pero pudieron ser de los estados de Nayarit, Tabasco, Oaxaca o Veracruz. De éste último, las exportaciones posiblemente son de Cotaxtla o Úrsulo Galván (SIAP, 2017), municipios con poca superficie cultivada de malanga.

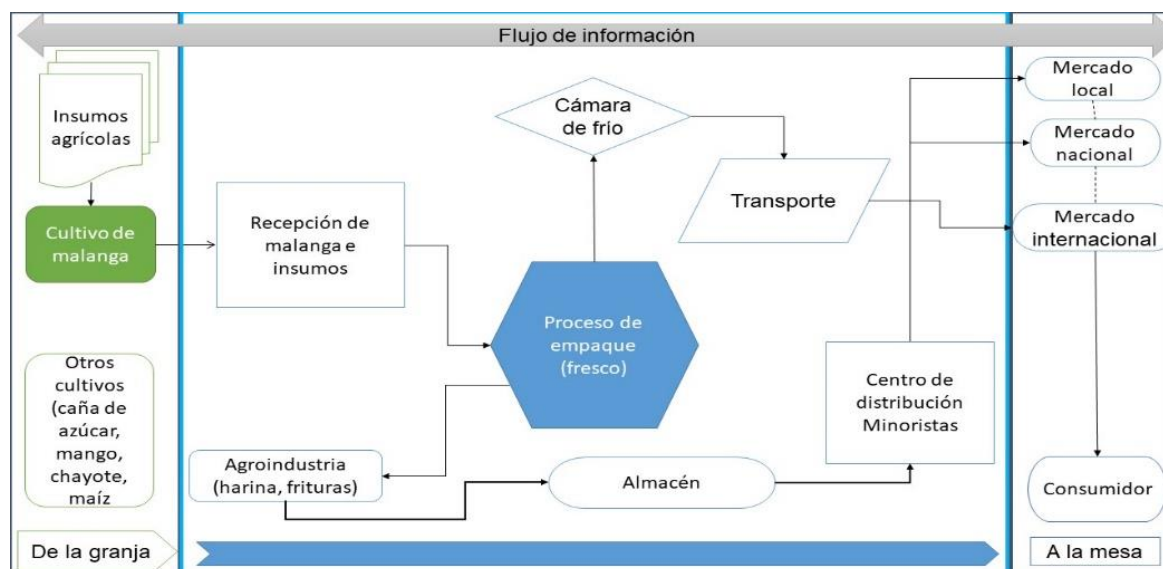
### Propuesta del modelo de trazabilidad en la cadena de suministro de la malanga

Con base en la información recabada en campo, se determinó que el análisis de la cadena de suministro en Actopan, Veracruz, incluya los eslabones de producción y empaque (Figura 1) que permiten conocer sus principales actividades y actores, e identificar los puntos de riesgo y contaminación, así como establecer las medidas correctivas al

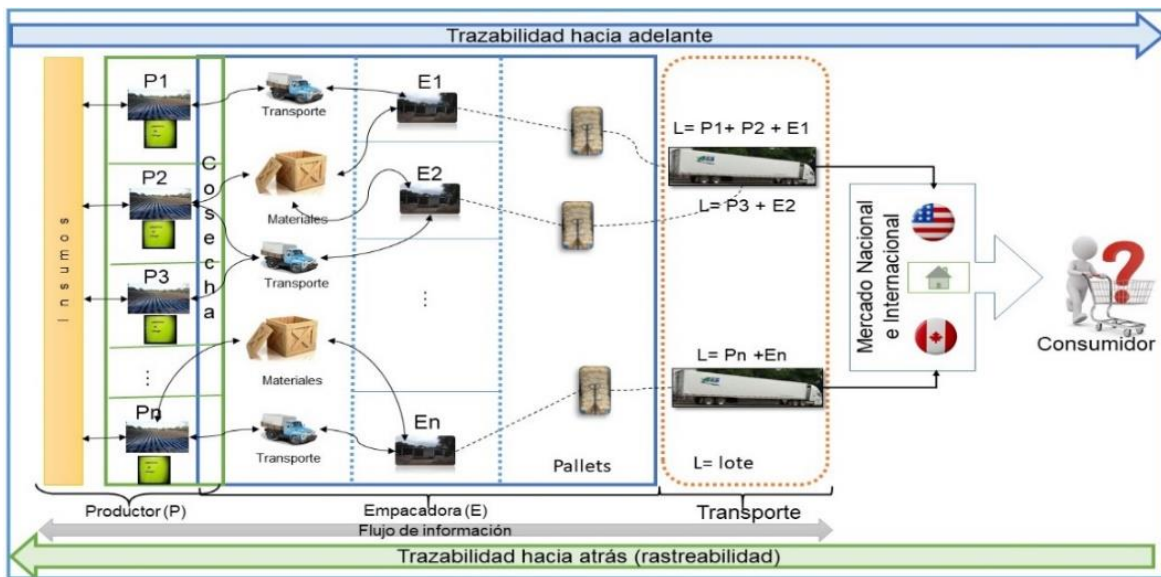
implementar un sistema de trazabilidad (Briz y de Felipe, 2015; Foras *et al.*, 2015). Esta investigación se limitó hasta el proceso de empaque por la importancia de actividades que se realizan (lavado, empaque, embalaje, almacenamiento, y carga en el contenedor); sin embargo, en futuras investigaciones, se recomienda incluir estudios de trazabilidad en el centro de distribución del país importador, así como de venta al menudeo.

Según lo descrito en la metodología y en el mapeo de la cadena de suministro de malanga (Figura 1), se propone un modelo general del sistema de trazabilidad para la malanga en Veracruz, México (Figura 2). El modelo base inicia en el eslabón de insumos que se utilizan para la producción, entrada y salida del producto en fresco de la empaedora, almacenamiento y carga en el contenedor para su transportación al puerto de embarque o frontera terrestre. El sistema propuesto registra información detallada de las actividades de los eslabones de la CS. Tanto a los productores como a las empaedoras, se les asignará un código único e intransferible para efectos de trazabilidad en la cadena.

El productor (P) involucrado tendrá la información sobre el cultivo de malanga (M), desde la siembra hasta antes de la cosecha. Dicha información incluye el historial del terreno (cultivos previos y superficie), aplicación de fertilizantes y plaguicidas durante la siembra y el desarrollo del cultivo (nombre, dosis,



**Figura 1.** Mapeo de la cadena de suministro de la malanga en Veracruz, México.



**Figura 2.** Modelo de trazabilidad propuesto en la cadena de suministro de malanga en Veracruz, México.

fecha, frecuencia y equipo de aplicación) y venta de la producción (número de costales, nombre de la empacadora, placa de transporte y el código del productor). Este código estará conformado por el productor (P); número de productor (001...n); nombre del producto, en este caso malanga (M); inicial del nombre del estado donde se produce la malanga, en este caso Veracruz (V); e inicial del municipio de producción, ejemplo, Actopan (A). De esta manera, el código para los productores de malanga en el municipio de Actopan sería: P001MVA.

La empacadora (E) deberá de registrar el código del productor al momento de ingreso de la materia prima y llevar un registro de los insumos y materiales utilizados para el proceso de lavado, secado, envase y embalaje. El código que se le asignará a las empacadoras, deberá estar conformado por la empacadora (E); número de empacadora (01...n); clave del estado de producción, ejemplo, Veracruz (30). De esta manera, las empacadoras de malanga en el municipio de Actopan, Veracruz tendrían el código siguiente: E0130.

Para la salida del producto de la empacadora, éste debe estar conformado por lotes (L) que equivalen al volumen de los contenedores (20 a 40 t). Cada lote puede estar conformado por el producto de uno o varios productores. Los pallets que conforman cada lote deben etiquetarse con los códigos de los productores y de las empacadoras, con el fin de identificar cada cargamento. El transporte puede ser por vía terrestre o marítima y tendrá como destino el mercado nacional o internacional.

## CONCLUSIONES

La presente investigación permitió determinar los eslabones que integran la cadena de suministro de malanga en Actopan, Veracruz, México. En virtud de que en México no existe una regulación que implemente un sistema de trazabilidad en los productos agrícolas, por primera vez se propone un modelo de trazabilidad para la malanga en México que permitirá, en caso de presentarse algún problema relacionado con la calidad, identificar el origen y el agente, y evitar problemas que afecten la salud de los consumidores. No se identificaron los posibles peligros de contaminación en el empaque, aunque en la producción los involucrados no realizan análisis físico-químico de suelo, microbiológico de agua y del cormo, y de residuos de plaguicidas al cormo.

La implementación del sistema de trazabilidad requiere evaluar los costos de capacitación, actualización permanentemente de los involucrados e inversión en tecnologías de información y comunicación (TIC). Además, es imprescindible el apoyo de las instituciones gubernamentales apropiadas en el proceso. Con estos elementos, este sistema de trazabilidad propuesto puede ser aplicable para la distribución nacional e internacional de la malanga. Previo a un análisis de inversión, se contempla el desarrollo de una plataforma (blockchain) para el registro de la trazabilidad de malanga.

## Agradecimientos

**Financiamiento.** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT proyecto 265427, convocatoria 2015-3 por el financiamiento e información de campo. Productores y emparadoras del municipio de Actopan, Veracruz, por la información y recorridos de campo.

**Conflicto de intereses.** Se declara que los autores no presentan conflicto de intereses.

**Cumplimiento de estándares de ética.** Se han cumplido todos los estándares éticos.

**Disponibilidad de datos.** Los datos están disponibles con la autora de correspondencia, previa solicitud a su correo electrónico:

## REFERENCIAS

- Arce-Castro, B. A., Birke-Biewendt, A. B. 2017. Malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) por mango 'Manila' (*Mangifera indica* L.): Cambios en el sistema agrícola de la cuenca central del río Actopan, Veracruz. *Agroproductividad* 11: 94-99.
- Cisneros, G., D. J. 2019. Derecho aduanero mexicano. Editorial Porrúa, 3ª edición. Ciudad de México.
- Barrera, I., D., Chalita, T., L. E. 2013. Metodología para el análisis de mercados agropecuarios. La Gaya Ciencia, 2ª edición. Texcoco, Estado de México.
- Briz, J., De Felipe, I. 2015. Seguridad Alimentaria y Trazabilidad. Universidad Politécnica de Madrid. [https://www.researchgate.net/publication/265012284\\_SEGURIDAD\\_ALIMENTARIA\\_Y\\_TRAZABILIDAD](https://www.researchgate.net/publication/265012284_SEGURIDAD_ALIMENTARIA_Y_TRAZABILIDAD) [Consultado 20 de Febrero 2019].
- Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L. M., Aguirre-Medina, J. F., Sánchez-García, P. 2005. Estudio de los síntomas asociados a la pérdida de color del chayote. *Revista Chapingo Serie de Horticultura* 11: 309-316.
- Cao, Y., Liu, X., Guan, C., Mao, B. 2017. Implementation and Current Status of Food Traceability System in Jiangsu China. *Procedia Computer Science* 122: 617-621.
- Castañeda-Ruelas, G., Eslava-Campos, C., Castro-del Campo, N., León-Felix, J., Chaidez-Quiroz, C. 2014. Listeriosis en México: importancia clínica y epidemiológica. *Salud Pública de México* 56: 654-659.
- CDC (Center for Disease Control and Prevention) 2018. FDA Investigation of Multistate Outbreak of Cyclospora Illnesses Linked to Del Monte Vegetable Trays Ends <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/fda-investigation-multistate-outbreak-cyclospora-illnesses-linked-del-monte-vegetable-trays-ends#Info> [Consultado 21 de junio 2018].
- CIAD (Centro de Investigación y Desarrollo, A. C.). 2002. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas.
- CP (Colegio de Postgraduados). 2018. Informe técnico del proyecto aprovechamiento de la diversidad genética y desarrollo de tecnología sustentable de producción, beneficio y manejo de postcosecha de malanga. Etapa 1. Fondo CONACYT-SAGARPA 2015-03-265427.
- Dávila M., A., Herrera I., L., Folgueras M., M., Espinosa C., E. 2016. Patogenicidad de especies fúngicas presentes en los rizomas de malanga (*Xanthosoma* y *Colocasia*). *Centro Agrícola* 43: 49-58.
- Del Villar-González, D. 2000. Principales vertebrados plaga en México: Situación actual y alternativas para su manejo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6: 41-54.
- Domínguez-Torres, T., Aguilar-Arrieta, A. 2000. Diagnostico de la Unidad de Riego Puente Nacional, Veracruz, México. *Terra* 4: 345-354.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Frutas y hortalizas frescas. Primera edición. Roma, Italia. pp:121-125 [https://books.google.com.mx/books?id=q\\_LefvdAOAMC&pg=PP8&lpg=PP8&dq=C CODEX+STAN+224-001&source=bl&ots=dtk\\_KsJCpD&sig=ACfU3U34h6zORi0nF-poX2SzYUL0DPAw7w&hl=es-9&sa=X&ved=2ahUKEwjNhJuDhY3gAhUOiqwKHd-OBMAQ6AEwAXoECAUQAQ#v=onepage&q=CODEX%20STAN%20224-2001&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=q_LefvdAOAMC&pg=PP8&lpg=PP8&dq=CODEX+STAN+224-001&source=bl&ots=dtk_KsJCpD&sig=ACfU3U34h6zORi0nF-poX2SzYUL0DPAw7w&hl=es-9&sa=X&ved=2ahUKEwjNhJuDhY3gAhUOiqwKHd-OBMAQ6AEwAXoECAUQAQ#v=onepage&q=CODEX%20STAN%20224-2001&f=false) [Consultado 30 de Agosto 2018].



- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y OMS (Organización Mundial de la Salud), 2009. Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos. Roma Italia. pp. 1-116.
- Farag, A. S., Diang-Ming, H. 2018. How to trace the geographic origin of mushrooms? Trends in Food Science & Technology 78: 292-303.
- Foras, E., Thakur, M., Solem, K., Svarva, R. 2015. State of traceability in the Norwegian food sectors. Food Control 57: 65-69.
- FSMA (Food Safety Modernization Act). 2015. Reglas y Regulaciones. <https://www.fda.gov/food/food-safety-modernization-act-fsma/fsma-final-rule-produce-safety> [Consultado 30 de Agosto 2018].
- Galvez J., F., Mejuto J., C., Simal-Gandara, J. 2018. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. Trends in Analytical Chemistry 107: 222-232.
- Gómez I., A., Hernández, A., Ascanio M., O., Sánchez M., E., Durán J., L., Benítez, L., Villegas, R., Ponce de L., D., López, M. 2010. Grupos de suelos y su distribución en las áreas del Ingenio Central Motzorongo, Veracruz, México. Cultivos Tropicales 31: 32-36.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2008. Tegucigalpa, Honduras. Buenas Prácticas Agrícolas. pp. 5-58.
- INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). 2017. Manual del Protagonista Raíces y Tubérculos. INATEC. Nicaragua, Nicaragua. 47 p.
- López S., Y., Arvizu B., E., Asiain H., A., Mayett M., Y., Martínez F., J. L. 2018. Análisis competitivo de la actividad productiva de la malanga: Un enfoque basado en la teoría de Michael Porter. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. 8: 16-35.
- López-López, R., Ramírez-Guillermo, M. A., Inzunza-Ibarra, M. A. 2017. Productividad del agua en el cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) con riego por aspersión en Tabasco, México. III Congreso Nacional COMEII 2017. Puebla, Puebla. pp. 1-8.
- Mazariegos-Sánchez, A., Águila-González, J. M., Milla-Sánchez, A. I., Espinosa-Zaragoza, S., Martínez-Chávez, J., López-Sánchez, C. 2017. Cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en Tuxtla Chico, Chiapas, México. Agroproductividad 10: 75-80.
- McNamara, A. M. 2000. The president's food safety initiative. Irish Journal of Agricultural and Food Research 36: 213-220.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). 2018. Instructivo Técnico del Cultivo de la Malanga en Cuba. Dirección de Agricultura de la República de Cuba. La Habana, Cuba. pp.1-29.
- Moltoni, L. A., Moltoni, A. F. 2015. Trazabilidad: El rol de la información en el marco del nuevo paradigma de la calidad. Agroalimentaria 21: 79-96.
- Olgún-Palacios, C., Álvarez-Ávila, M. C. 2011. La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) bajo un enfoque de investigación-desarrollo. Agroproductividad 1: 26-33.
- Olsen, P., Borit, M. 2013. How to define traceability. Trends in Food Science & Technology 29: 142-150.
- Pizzuti, T., Mirabelli, G., Gómez-González, F., Sanz-Bobi, M. A. 2012. Modeling of an Agro-Food Traceability System: The Case of the Frozen Vegetables. En: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul, Turkey. pp. 1065-1074.
- Quian, J., Fan, B., Wu, X., Han, S., Liu, S., Yang, X. 2017. Comprehensive and quantifiable granularity: A novel model to measure agro-food traceability. Food Control 74: 98-106.
- Rodríguez M., J., Rivadeneyra R., J. M., Ramírez R., E. J., Juárez B., J. M., Herrera T., E., Navarro C., R. O., Hernández S., B. 2011. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. Ciencia y Mar. 43: 37-47.
- Rodríguez-Manzano, A. 2006. Revisión de la clasificación infraespecífica de *Colocasia esculenta* (Araceae) en Cuba. Revista del Jardín Botánico Nacional 27: 15-21.
- Ruiz C., V., Peña L., E. G., Lau V., S. C., Maldonado M., F., Ascencio R., J. M., Guadarrama O., M. A. 2004. Macronutrientes de fitorecursos alimenticios de especies aprovechadas por grupos étnicos en tabasco, México. Universidad y Ciencia 1: 27-31.
- Sandoval-Legazpi, J. de J., Figueroa-Rangel, B. L., Pérez M., J. G. 2017. Manejo de escenarios mediante clima y suelo en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) 2010-2020: Valle del Grullo-Autlán, Costa Sur de Jalisco. Revista Iberoamericana de

- las Ciencias Biológicas y Agropecuarias 6: 1-16.
- Schwägele, F. 2005. Traceability from a European perspective. *Meat Science* 71: 164-173.
- Segura, A., Saborío, D., Sáenz M. 2003. Algunas normas de calidad en raíces y tubérculos tropicales de exportación de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27: 49-61.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016a. Planes de trabajo de Estados Unidos. <https://www.gob.mx/senasica/>. [Consultado 30 de mayo 2018].
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016b. Registro de plaguicidas agrícolas. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/registro-de-plaguicidas-agricolas?state=published> [Consultado 30 de Agosto 2018]
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2017. Protocolo de actuación para la exportación de papaya mexicana. <https://www.gob.mx/senasica/> [Consultado 30 de mayo 2018].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/es> [Consultado 30 de noviembre 2018].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Consulta por fracción arancelaria. <https://www.gob.mx/siap/es> [Consultado 20 de febrero 2019].
- SIAMI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet). 2018. Estadísticas anuales. <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Consultado 21 de febrero 2019].
- Stranieri, S., Cavaliere, A., Banterle, A. 2018. The determinants of voluntary traceability standards. The case of the wine sector. *Wine Economics and Policy* 7: 45-53.
- Tun-Canto, G. E., Álvarez-Legorreta, T., Zapata-Buenfil, G., Sosa-Cordero, E. 2017. Metales pesados en suelos y sedimentos de la zona cañera del sur de Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 34: 157-169.
- Wang, J., Huili, Y., Zhou, Z. 2017. An improved traceability system for food quality assurance and evaluation based on fuzzy classification and neural network. *Food Control* 79: 363-370.