

Description of the support structure for the crop of chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz), and proposal of a new model

Descripción de la estructura de soporte para el cultivo de chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz), y propuesta de un nuevo modelo

Rosas-Calleja, D.¹; Debernardi de la Vequia, H.¹; Ortiz-Laurel, H.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, km 348 Carr. Fed. Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. 94946. México.

*Autor para correspondencia: hlaurel@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Verify the tapanco's structural strength when producing chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), which gives footsteps to innovate for an original installation that should accomplish functionality and ease handling for crop management. It should include a design for a unique pole for substituting the wood's poles.

Design/methodology/approach: Review construction stages, the required items and processes for raising the tapanco. Look into early designs, which are a copy without major changes from close by installations. Identify those challenging areas according to design and structural strength. Formulate innovations on the construction and upright support units.

Results: Stability of traditional construction is granted to the entire outer limits line. A modular construction is grouped by a succession of small modules; their minimum size should be able to cover a single chayote's plant, capable of resisting a volume of foliage generated from a sole plant and its potential production of fruits.

Limitations on study/implications: The alternative support pole has been designed and when manufactured it should profile just one piece. A production factory that handles polymers is making a feasible assessment to manufacture the poles and its final cost.

Findings/conclusions: A modular structure is ease to assemble; load is distributed into segments, stability is not affected and the production plot can be enlarged by bringing together one or several modules, just bordering an origin module and size from an irregular land is optimized. Benefits of modular tapanco are associated to using the novel support pole.

Keywords: innovation, assemblage, mini-tapanco, posts, chayote production.

RESUMEN

Objetivo: Validar la resistencia de estructural del "tapanco" para producir chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), que oriente en innovar en una instalación modelo, que ofrezca mayor funcionalidad y operatividad del cultivo, incluya el diseño alternativo de un poste que sustituya a los postes de madera.

Diseño/metodología/aproximación: Revisar las etapas, insumos requeridos y los procesos para erigir el "tapanco". Escudriñar sobre su diseño base; que es una copia sin modificaciones significativas de instalaciones vecinas. Delimitar áreas de impacto en función de su diseño y su resistencia estructural. Formular innovaciones en la construcción y unidades de apuntalamiento.

Resultados: La estabilidad de la construcción tradicional está comprometida sobre todo en la sección perimetral. La construcción modular está configurada por una serie de módulos pequeños, con un tamaño mínimo para abarcar una planta de chayote, que soporte el volumen del follaje que logra generar cada planta y de la producción de frutos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El poste de soporte alternativo ha sido diseñado para ser fabricado en una sola pieza a base de polímero.

Hallazgos/conclusiones: La estructura modular es sencilla de emplazar, distribuye la carga por secciones, sin afectar su estabilidad. La superficie de producción puede ampliarse al ensamblar uno o varios módulos junto al adyacente inmediato y se optimiza la configuración irregular del terreno. Los beneficios del tapanco modular están asociados con la utilización del poste de soporte alternativo.

Palabras clave: innovación, ensamble seccionado, mini-tapancos, postes.

INTRODUCCIÓN

México es el mayor productor de chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz) (Cucurbitaceae) en el mundo, con una superficie sembrada de 2800 ha, para una producción de 178228 t, registrando un rendimiento promedio de 63.68 t ha⁻¹ (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2013). La mayor producción se concentra en los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Estado de México, sobresaliendo Veracruz al registrar hasta 2500 ha (80%) de cultivo (INIFAP, 2017). Debido a sus cualidades gastronómicas, nutricionales, medicinales e industriales (Riviello-Flores *et al.*, 2018), la planta de chayote y en especial su fruto han adquirido especial relevancia para promover su conservación fitogenética, producción y consumo (Cadena-Iñiguez, 2010; Frías-Tamayo *et al.*, 2016; Landa-Reyes *et al.*, 2017; Ramos, 2015).

El chayote es una planta trepadora y muestra un hábito de crecimiento ortotrópico en su primera fase con altura de 2.00 a 2.2. m a partir del sitio de siembra, para pasar posteriormente a un crecimiento plagiotrópico de forma radial cuando su condición es de cultivo (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007), para lo cual requiere una estructura de soporte conocida como tapanco, tarima, emparrillado o tapextle. Normalmente la altura de ésta es de 2.0 a 2.2. m desde el suelo, con lo que se evita que los frutos tengan contacto con el suelo (Figura 1).



Figura 1. Huerta comercial de chayote con su estructura de soporte.

Esa estructura de soporte es un tejido de alambres galvanizados de los calibres 12, 18 y de púa. Usualmente, se utilizan postes de madera sin labrar (rústicos) de varias especies, resaltando las de encino (*Quercus* sp.) con diámetros de entre 20 a 30 cm, los cuales se ubican en el arreglo periférico de la estructura denominándose corona, y se engarzan con alambre de púa. Estos postes de corona se entierran 0.80 m y tienen una altura libre de 2.2. m (3.0 m en total) y llevan una inclinación de 15-20 grados hacia afuera para aumentar la resistencia de la estructura, además cada uno de ellos lleva un tirón de alambre de púa, el cual va anclado con una piedra enterrada. Lo anterior es importante para resistir los embates del aire y tormentas. La distancia de los postes de corona obedece a la distancia de plantación, la cual se sugiere sea en múltiplos, es decir, 5×5 m para una densidad de 100 plantas ha⁻¹, y así sucesivamente. Para ayudarse en la resistencia, se usan postes de menor diámetro ubicados de forma interna llamados puntales que forman los puentes distribuidos longitudinalmente con alambre de púas y alternándolo con alambre galvanizado calibre 12 y ocasionalmente calibre 10. Estos puntales para puentes se entierran 0.40 m y tienen una altura libre de 2.2. m (2.6 m en total) y preferentemente se hacen coincidir con el punto de siembra de cada planta de chayote. Finalmente se ubica un tercer tipo de poste de mucho menor calidad denominado puntal, el cual generalmente no se entierra, es decir se ubica a la altura libre a partir del suelo, y el peso de las plantas con

su crecimiento radial le dan sostén vertical. generalmente son de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth, y *Bambusa oldhamii* Munrosp.).

La construcción de la estructura puede corresponder a una disposición de forma cuadrada o rectangular, con dimensiones referidas a alguna de las configuraciones de 4×4, 6×6 u 8×8 m, para la siembra de las plantas (Figura 2) (IICA, 2016). Por lo anterior, su tamaño y ubicación dependen en gran medida del espacio disponible en el terreno y de la capacidad financiera del productor. Gamboa (2005) sugiere que la extensión del “tapanco” no sea superior a 5000 m² por cuestiones de manejo.

Siguiendo ese modelo de distribución de plantas, también debe ordenarse la ubicación de los postes bajo ese patrón. Así, por ejemplo, siguiendo una configuración de 8×8 para las plantas, podría considerarse un arreglo de 4×4 para los postes. Por lo tanto, en este modelo se requieren alrededor de 650 postes por hectárea. Desafortunadamente, en muchos de los casos los postes utilizados son realmente troncos de árboles, los cuales provienen de los bosques adyacentes a las zonas de producción de chayote, mismos que deben cambiarse entre 2 y 3 años como máximo para asegurar la viabilidad estructural del “tapanco”, debido a su deterioro por su continua exposición a los factores ambientales.

De ahí que, en la actualidad la producción de esta hortaliza es cuestionada en gran medida por el grave impacto ambiental que genera sobre la vegetación arbórea de los bosques, debido a la mayor y frecuente demanda que representa el abastecimiento de los postes y puntales, además de que, en periodos de escasez los proveedores

A partir de lo anterior, se aprecian dos áreas de oportunidad: uno, discernir sobre un sustituto fiable al poste de madera, duradero y de costo accesible, mientras que el segundo, se refiere al diseño y construcción del “tapanco”, ya que su conformación actual restringe o limita el utilizar la mayor superficie de un terreno de forma irregular, que, al igual, restringe maximizar el espacio para la plantación del chayote.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la arquitectura estructural de la construcción tradicional de los tapancos con el propósito de establecer alternativas que ofrezcan mayor funcionalidad y operatividad en el manejo del cultivo, que incluye además el diseño alternativo de un poste que sustituya a los postes de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez suministrados los troncos de madera, se les clasifica en función de su grosor, longitud y potencial resistencia (Figura 4). Esto con el fin de ubicar los mejores en las esquinas y alrededor del perímetro exterior de la estructura. Inclusive, ya se propone un método de instalación tanto de los postes esquineros

como de los orilleros (Corona), los cuales son enterrados de tal manera que adquieran una pendiente hacia el exterior de la estructura, ya que se ha considerado a esta sección, como la de mayor prioridad en la instalación del tejido de alambres aéreo (Figura 5).



Figura 2. Panorámica del arreglo topológico de un huerto comercial de chayote (*Sechium edule*).



Figura 3. Estructura del tapanco sustentada sobre postes de concreto.

necesariamente extienden la zona de suministro, incrementándose los costos.

Una alternativa asumida con celeridad fue la de sustituir los postes de madera con postes de concreto (Figura 3).



Figura 4. A: Selección de postes de reemplazo de la corona. B: Inclínación de los postes de un huerto comercial de chayote (*Sechium edule*).

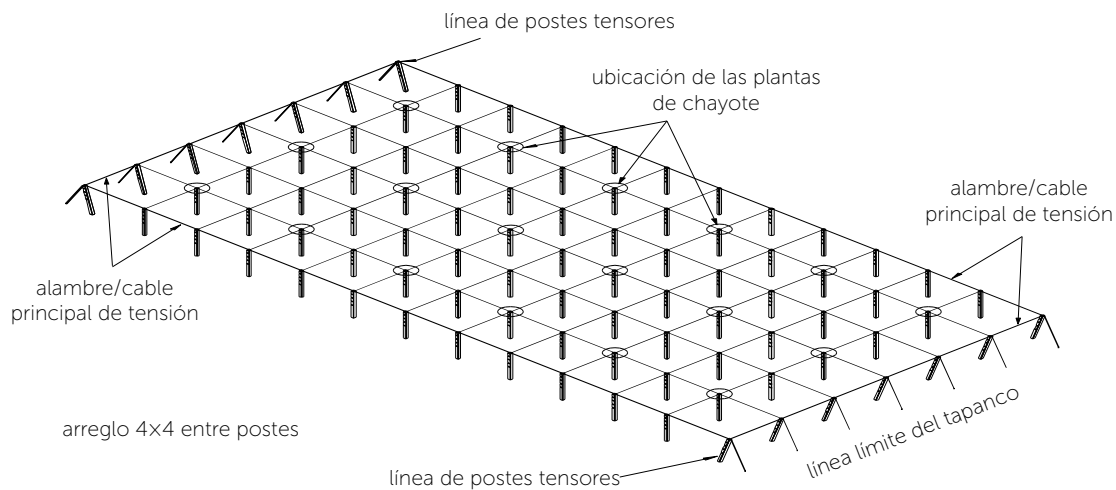


Figura 5. Configuración del tendido principal de alambres de una instalación ("tapanco") para la producción de chayote.

Mientras que los troncos restantes son ubicados en el interior de la estructura, como postes de apoyo. Estos se colocan siguiendo también la configuración de múltiples de acuerdo a la densidad de plantación formando con los alambres un cuadrulado uniforme, muy similar a un andamio de gran extensión (Figura 5). Se hace notar que, ninguno de los alambres que atraviesan el interior de la instalación se afianzan rígidamente con cada uno de los postes interiores que coinciden con su trayectoria. Por lo que, la posición de éstos es de una exigencia limitada, así que frecuentemente, los postes interiores son sustituidos dependiendo de su deterioro por postes de bambú; las cuales se adquieren a un menor costo, pero con una vida útil más breve (Figura 6).

El análisis de la estructura del "tapanco", se ejemplifica al tomar de referencia a los postes de concreto. Estos simulan a las columnas de una edificación, por lo que,

cuando una viga sólida y rígida se apoya sobre sus extremos, éstos son sometidos a una carga vertical que se transmite en la dirección de su eje longitudinal, es decir, ocurre bajo una carga vertical uniformemente distribuida que actúa desde su extremo superior a lo largo de su eje central (Figura 7). La falla típica de este elemento estructural es la fractura en alguna parte de su área transversal a lo largo de su longitud. Esta situación de carga no corresponde con el propósito de "tapanco" para la producción de chayote, por el hecho de que se tendrá una instalación duradera pero costosa.

Mientras que, cuando el poste actúa como soporte del "tapanco" y es sujetado por elementos flexibles; como alambres o cables, su función principal es resistir las cargas laterales que se generan sobre su extremo superior, debido a la variabilidad de las fuerzas ejercidas por el peso de la biomasa (follaje y frutos), originadas



Figura 6. A: Huerto de chayote (*Sechium edule*) donde se utilizan postes de bambú como puntales. B: Líneas de alambre para conformar el diseño reticulado del tapanco.

por efecto de la tensión a que son sometidos los alambres sobre el tejido. Por lo que este elemento estará sujeto a una deflexión, siendo máxima en su extremo superior. Se observa también que, entre mayor sea la separación de los postes de carga extremos, se dificulta mantener una apropiada tensión entre los alambres que unen esos extremos de los postes coincidentes. De ahí que, se tienen limitaciones en la longitud máxima de la instalación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se persigue como objetivo en este trabajo alterar la función que da origen a la instalación de la estructura aérea para la producción de chayote. No obstante, hoy en día esta actividad agrícola está expuesta a críticas por su exigua sustentabilidad, debido principalmente al impacto ambiental generado por su construcción tradicional que contribuye a la deforestación de los bosques adyacentes a las áreas de producción. Por otro lado, esta construcción, así como es concebida está limitada en su seguridad contra el colapso; ya que su estabilidad está comprometida sobre toda la sección perimetral. El riesgo es inminente, en especial durante los periodos de producción de chayote, ya que al estar interconectada toda la superficie del lote, la falla de un poste de carga principal arrastrara consigo a una gran sección de la instalación, con sus respectivas afectaciones económicas. Para garantizar una instalación solidamente confiable, se recurre a sobredimensionar los componentes de resistencia sobre la sección perimetral.

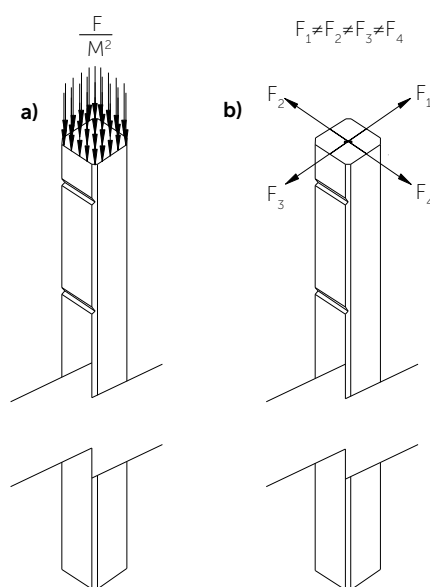


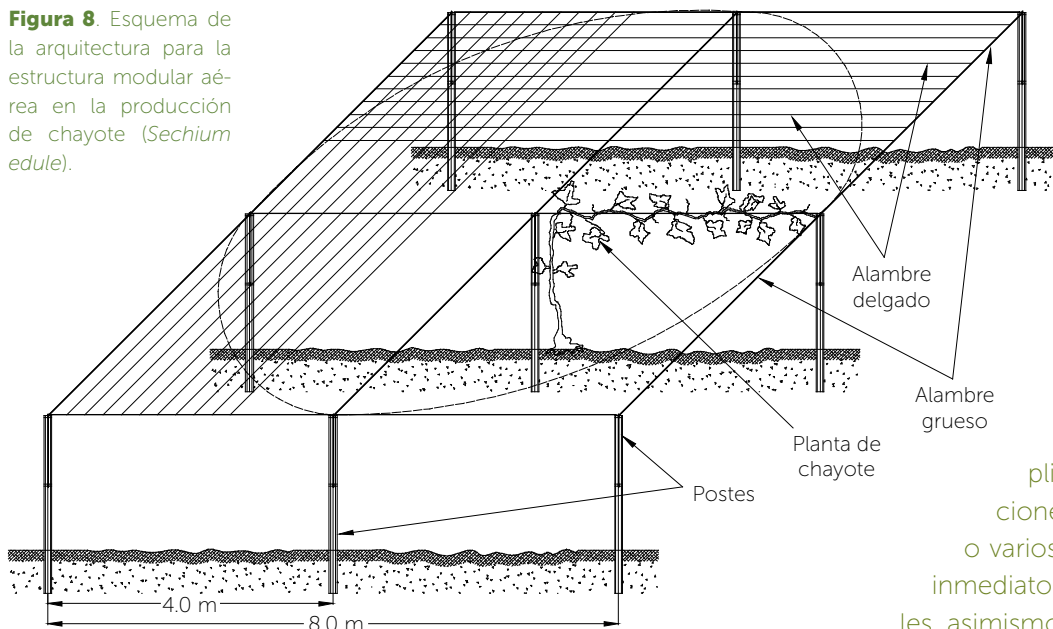
Figura 7. Diferente aplicación de las cargas en postes tipo columna.

La estructura debe mantener su concepción actual, pero debe de exhibir un diseño modular. Este modelo difiere de la construcción tradicional en que, en lugar de disponer de una sola superficie de producción con un único tendido principal de alambres entre los postes extremos de cada lado de la estructura del tapanco, se realice una construcción configurada por una serie de módulos pequeños e iguales. Cada uno de éstos, con un tamaño mínimo para cubrir una planta de chayote, es decir, instalar un “mini tapanco” para soportar la superficie del follaje que logra generar cada planta y de su producción potencial de frutos, todo ello en función de la configuración

de los postes instalados sobre el terreno (Figura 8). Dado el potencial que representa esta diferencia estructural, se encuentra en proceso el trámite de registro de patente de la estructura ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (Ortiz et al., 2018a).

El logro de este objetivo depende del desarrollo de un modelo de poste que aparte de simplemente sustituir a los troncos de árboles como elementos de soporte de carga, optimice además las cualidades de la estructura completa; empleando materiales sintéticos en su manufactura, con un diseño innovador en su sección transversal que ofrezca simultáneamente, resistencia y durabilidad, que sea económico, no contamine y pueda ser reciclado, con posiblemente mayor longevidad (Ortiz et al., 2018b).

Figura 8. Esquema de la arquitectura para la estructura modular aérea en la producción de chayote (*Sechium edule*).



En términos generales, se puede decir que una superficie de producción, de cualquier tamaño que se pretenda instalar, puede irse conformando al ir ensamblando un módulo junto a un adyacente inmediato; lateral o longitudinal y así sucesivamente, en función de los recursos disponibles para invertir del productor (Figura 9). El acoplamiento de uno o varios módulos sobre un módulo inicial puede realizarse utilizando los postes de éste último, puesto que el poste está provisto de acoplamientos para sujetar los alambres primarios de los módulos que se anexan, o éstos se instalan empleando todos sus postes junto a los costados de cualquiera de los ya colocados.

El sistema modular permitirá aprovechar en mayor proporción la configuración irregular de un terreno, además de que se consigue una distribución de la carga relativamente seccionada para toda la superficie del tejido aéreo, contribuyendo a incrementar la estabilidad estructural y a estandarizar los elementos y materiales empleados en la construcción del tapanco.

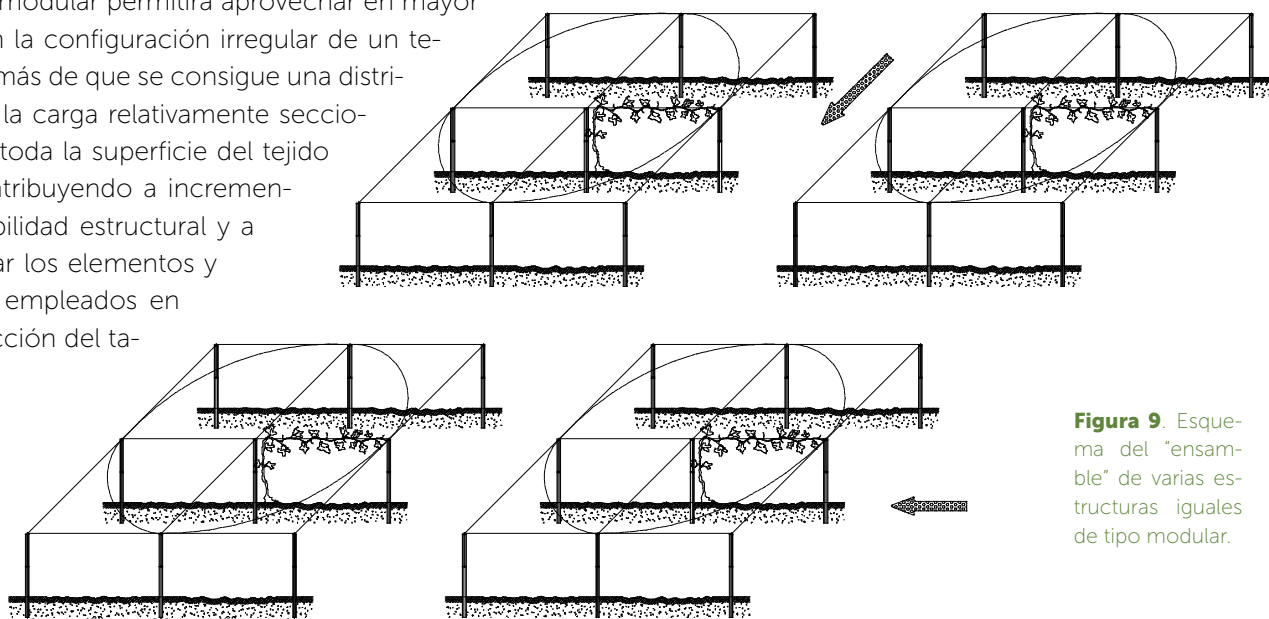


Figura 9. Esquema del "ensamblaje" de varias estructuras iguales de tipo modular.

CONCLUSIONES

El diseño de la estructura modular permite distribuir la carga total ejercida sobre el tejido aéreo por efecto de la biomasa del chayote, lluvia y viento, por secciones, sin comprometer su estabilidad. La instalación es sencilla de emplazar y la superficie de producción puede ampliarse sin grandes complicaciones al instalar o ensamblar uno o varios módulos junto al adyacente inmediato, por cualquiera de sus laterales, asimismo, permite aprovechar en mayor proporción la configuración irregular del terreno. Los beneficios que se consiguen con la implementación del tapanco modular están asociados directamente con la utilización del poste de soporte alternativo, el cual provee de sustentabilidad al sistema de producción y no sólo sustituye al tronco de los árboles, sino que, además, expanda la función básica del soporte.

LITERATURA CITADA

Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L., Avedaño-Arrazate, C.H., Soto-Hernández, M., Ruiz-Posadas, L.M., Santiago-Osorio, E., Acosta-Ramos, M., Cisneros-Solano, V.M., Aguirre-Medina, J.F., Ochoa-Martínez, D. (2007). Production, Generics, Postharvest Management and Pharmacological Characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Fresh Produce, Global Science Books. 1: 41-52.

- Cadena I. J. (2010). GISem: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica. Volumen 1. Chayote. GISem / Colegio de Postgraduados. 17 p.
- Cadena I. J., Avedaño A. C.H., Cisneros S. V.M., Arévalo G. Ma.L.C., Aguirre M. J.F. (2013). Modelo de mejoramiento genético participativo en chayote (*Sechium* spp). Colegio de Postgraduados. México. 69 p.
- Frias-Tamayo J, Ramirez-Peña G, de-la-Paz-Lorente C, Herrero-Pacheco C, Acosta-Campusano Y. (2016). *Sechium edule* (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. Medisur 14(6): 664-670.
- IICA. (2016). Guía Técnica del Cultivo de Tayota (*Sechium edule*). Proyecto PRESAAC/Programa de Apoyo al Mejoramiento de la Productividad y Competitividad de la Tayota y Frambuesa. CONIAF. Ministerio de Agricultura de la Republica Dominicana. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 22 p.
- INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, SAGARPA. México. 25-28.
- Landa-Reyes P., Sánchez-Méndez D.L., Olguín-Medina J.M., Pérez-Cruz A., Torres-Becerra R.Z. (2017). Perspectivas de la industrialización y comercialización Caso: El Chayote en Veracruz. Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo. Tec Lerdo 3(3): 199-206.
- Ortiz L. H., Rosas C. D., Rössel K., E.D. (2018a). Arquitectura de la estructura aérea para la producción de chayote. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Dirección Divisional de Patentes. Exp. MX/a/2018/013267. Patente en trámite. Solicitud: 30 de octubre de 2018. Folio: MX/E/2018/080817.
- Ortiz L. H., Rosas C. D., Rössel K. E.D. (2018b). Elemento estructural de soporte de la instalación aérea en la producción de chayote. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Dirección Divisional de Patentes. Exp. MX/a/2018/013266. Patente en trámite. Solicitud: 30 de octubre de 2018. Folio: MX/E/2018/080816.
- Ramos L. (2015). La papa del aire (*Sechium edule*) un aporte saludable en la alimentación. Grupo Sistema de Producción y Economía. Proyecto PROHUERTA. Estación Experimental Agropecuaria Paraná. INTA. Argentina. 24 p.
- Riviello-Flores, M.L., Arévalo-Galarza, M.L., Cadena-Iñiguez, J., Soto-Hernández, R.M., Ruiz Posadas, L.M., Gómez-Merino, F.C. (2018). Nutraceutic characteristics of the extracts and juice of chayote (*Sechium edule* (Jacq) Sw.) fruits. Beverages, 4(37): 2-11.

