

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Generalidades y Particularidades del Cultivo de la Yaca
(*Artocarpus heterophyllus* Lam.): El Árbol de la Fruta de los Sabores
Combinados

Por:

JOSÉ MANUEL ELÍAS SOTO

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Generalidades y Particularidades del Cultivo de la Yaca
(*Artocarpus heterophyllus* Lam.): El Árbol de la Fruta de los Sabores Combinados

Por:

JOSÉ MANUEL ELÍAS SOTO

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor

Dr. Juan José Galván Luna

Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón y con mucha fe a Dios nuestro señor y la virgencita de Guadalupe, por permitirme llegar a este día, por ser la guía en mi camino y nunca desampararme en mis momentos difíciles.

Agradecimiento muy en especial a mi Asesor principal de este trabajo Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, gracias deberás por brindarme la confianza en la realización de esta monografía.

De la misma manera a mis Coasesores Dr. Víctor Manuel Reyes Salas y Dr. Juan José Galván Luna por su valiosa aportación a la revisión y aprobación de este trabajo realizado.

Agradezco con mucho respeto a mi querida Alma Mater “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO” (LA NARRO), por permitirme ser uno de los afortunados en ser formado como un gran Buitre INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA en sus instalaciones por sus excelentes catedráticos.

Agradezco a grandes amigos que hice en la Narro: Ing. Miguel Castillo Rodríguez, Ing. Julen Adrián Abundes Sánchez, Ing. Noé González Cabrera y al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente, más que amigos ya los considero parte de mi familia, y sin duda alguna influyeron en mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mi familia

Mi esposa Esther Guadalupe Interino Candelas y mis hijos Alison y Manuelito, cada paso que doy y decisión que tomo pienso en ustedes y en su bienestar, hemos formado un hogar maravilloso y quiero tomar el ejemplo de mi abuelo y seguir siendo esa gran familia que somos, los amo.

A mi abuelo

José Antíoco Elías Partida que Dios nuestro señor lo tenga en su santa Gloria, tus consejos y apoyo nunca los voy a olvidar, fuiste y seguirás siendo un ejemplo de persona, noble, humilde, y sobre todo muy trabajador, todo el tiempo al pendiente de tu familia que siempre fue tu prioridad.

A mis padres

Oscar Saúl Elías Pérez y Ma. Claudia Soto Franquez, quienes siempre apoyaron mis decisiones de todas las maneras habidas y por haber, mi amor y mis respetos siempre lo tendrán.

A mis hermanas y mi hermano

Lizhette, Belén, Meli, Ximena, Keylin y Mateo, los quiero mucho y siempre estaré para ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | v |
| ÍNDICE DE CUADROS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| II. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL CULTIVO | 11 |
| III. IMPORTANCIA DEL CULTIVO..... | 14 |
| a. Económica..... | 14 |
| b. Ecológica..... | 15 |
| c. Social | 15 |
| d. Nutricional | 16 |
| e. Nutraceutica..... | 18 |
| IV. TAXONOMÍA DEL CULTIVO | 20 |
| V. BOTÁNICA DE LA PLANTA | 21 |
| a. Hojas..... | 21 |
| b. Tallo | 21 |
| c. Flor | 21 |
| d. Fruto..... | 22 |
| e. Semilla..... | 23 |
| VI. VARIEDADES..... | 24 |
| VII. FENOLOGÍA DEL CULTIVO..... | 25 |
| VIII. REQUERIMIENTOS EDOFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO..... | 27 |
| a. Suelo..... | 27 |
| b. Clima | 27 |
| IX. MANEJO AGONÓMICO DEL CULTIVO | 28 |
| a. Propagación | 28 |
| b. Trazado de la huerta..... | 28 |
| c. Riego..... | 29 |

| | |
|---|----|
| d. Poda..... | 29 |
| e. Abonado y fertilización..... | 29 |
| f. Control de plagas y enfermedades | 30 |
| X. COSECHA Y MANEJO POSCOSECHA | 32 |
| XI. COMERCIALIZACIÓN | 35 |
| XII. LITERATURA CONSULTADA | 37 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1: Distribución de la yaca por municipio en el estado de Nayarit..... | 12 |
| Cuadro 2: Valor Nutricional de la yaca en 100 g..... | 17 |
| Cuadro 3: Clasificación taxonómica del cultivo de la yaca..... | 20 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Huerta de yaca en San Blas, Nayarit..... | 13 |
| Figura 2: Árbol de yaca con frutos, en las calles de San Blas, Nayarit..... | 22 |
| Figura 3. Corte longitudinal de un fruto de yaca que muestra las semillas..... | 23 |
| Figura 4: Huerta de yaca variedad Agüitada, en San Blas, Nayarit..... | 24 |
| Figura 5: Productos a base de yaca con valor agregado, (pulpa fresca, pulpa deshidratada y enchilada y néctar), en San Blas, Nayarit..... | 35 |
| Figura 6: Venta de frutos de yaca en uno de los muchos puestos al costado de la carretera en San Blas, Nayarit..... | 36 |

I. INTRODUCCIÓN

El nombre de yaca o jaca (Jackfruit en inglés) proviene del termino malasio tsjaka o chakka. Entre muchas especies en el mundo *Artocarpus heterophyllus* Lam. es una de las de mayor importancia. En México, el cultivo de yaca cuenta con una superficie establecida de 1,750.70 ha y una producción anual de 23,994.80 t. Por volumen y extensión, el estado de Nayarit es el principal productor al concentrar el 92.91% de la producción nacional.

La yaca es un fruto exótico tropical desconocido por mucha de la sociedad mexicana, lo que provoca una comercialización muy baja en territorio nacional en comparación con el mercado internacional, actualmente la mayoría de la producción del fruto de la yaca se exporta a los Estados Unidos de América. Sin embargo, es un cultivo que cuenta con gran potencial para exportarse a otras partes del mundo y se puede utilizar no solo como alimento al obtener ricos y nutritivos frutos, sino por su fina madera, como planta medicinal contra el cáncer y en la elaboración de harinas y otros productos a partir de sus semillas.

El presente trabajo tiene la finalidad de conjuntar información valiosa para toda aquella persona interesada en el cultivo, además expone las bondades del cultivo como una alternativa productiva en las zonas tropicales en nuestro país digna de considerar.

Esta monografía es el resultado de una ardua investigación bibliográfica en artículos científicos, páginas de internet, libros, videos y de un recorrido de

campo. Y en ella se expone desde el origen y distribución geográfica del cultivo en México y el mundo, así como la importancia del cultivo, la taxonomía y botánica de la planta, las distintas variedades existentes en el mercado, los requerimientos edafoclimáticos y de manejo agronómico del cultivo para lograr una buena producción y finalmente aspectos de cosecha, manejo poscosecha y comercialización de la fruta.

II. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL CULTIVO

El nombre de yaca fue resultado del termino malasio tsjaka o chakka. Existen muchas especies de yaca distribuidas principalmente en países orientales, donde se pueden encontrar de manera silvestre, siendo *Artocarpus heterophyllus* Lam. una de las de mayor importancia (Cervantes, 2018).

Es originaria de la India y se cree que se originó en la selva tropical de Ghats occidental. Además de India, también se cultiva en Bangladesh, Myanmar, Malasia, Nepal, Tailandia, Vietnam, China, Filipinas, Indonesia y Sri Lanka. La yaca también se encuentra en países de América Latina y África Oriental excepto en la región templada, la yaca se encuentra en toda la India (Medranda y Peña, 2019).

En la india, se cultivan aproximadamente 102,552 hectáreas, siendo Kerala el área principal donde se establece este cultivo, sin embargo, se estima que cerca de 100,000 árboles se cultivan en patios traseros y como cultivos intercalados con otros cultivos comerciales como el café (Cervantes, 2018).

En México, el cultivo de yaca cuenta con una superficie establecida de 1,750.70 ha y una producción anual de 23,994.80 t. Por volumen y extensión, el estado de Nayarit es el principal productor al concentrar el 92.91 % de la producción nacional con 22,324.14 t. distribuidas en 1,626.70 ha de las cuales 1,306.70 ha están en producción y 320 ha en desarrollo vegetativo (Cuadro 1) (SIAP, 2018).

Cuadro 1. Distribución de la yaca por municipio en el estado de Nayarit.

| MUNICIPIO | SUPERFICIE (HA) | | PRODUCCIÓN (TON) | PROMEDIO (TON/HA) |
|--------------------|-----------------|---------------|------------------|-------------------|
| | ESTABLECIDAS | COSECHADAS | | |
| SAN BLAS | 869 | 799 | 14,451.35 | 18.09 |
| COMPOSTELA | 695 | 446 | 6939.75 | 15.56 |
| SANTIAGO IXCUINTLA | 25 | 25 | 305 | 12.20 |
| BAHIA DE BANDERAS | 16 | 15 | 325 | 21.67 |
| TEPIC | 10.45 | 10.45 | 183.08 | 17.52 |
| XALISCO | 5 | 5 | 80.25 | 16.05 |
| TECUALA | 4 | 4 | 27.2 | 6.80 |
| ROSAMORADA | 1.25 | 1.25 | 7.11 | 5.69 |
| AMATLAN DE CAÑAS | 1 | 1 | 5.4 | 5.40 |
| TOTAL | 1626.7 | 1306.7 | 22,324.14 | 17.08 |

Fuente: (SIAP 2018).

El cultivo de la yaca *Artocarpus Heterophyllus* Lam. en el estado de Nayarit se inició específicamente en el municipio de San Blas en 1985, ya que este municipio cuenta con las condiciones climáticas óptimas para la producción de este cultivo, además siendo una excelente alternativa al cultivo de Plátano (*Musa paradisiaca*) (Cervantes, 2019).

Según el primer productor nayarita de yaca y dirigente del sector, Carlos Sánchez López, fueron los norteamericanos Nicholas Wildberry y Robert Grand, quienes trajeron de manera ilegal plantas de yaca a la región para experimentar su adaptación a la tierra y si era viable la producción, de esta manera se comenzó con la producción de yaca a escala comercial por parte de productores del municipio (MEXICAMPO INTERNACIONAL, 2016).

En la Figura 1 se observa una imagen de una huerta en etapa de producción en el estado de San Blas Nayarit.



Figura 1: Huerta de yaca en San Blas, Nayarit.

III. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

a. Económica

La yaca es un fruto exótico, que es desconocido por mucha de la sociedad mexicana, lo que provoca una comercialización muy baja en territorio nacional en comparación con el mercado internacional (*Cervantes, 2018*).

Actualmente, la mayoría de la producción del fruto de la yaca del estado de Nayarit se exporta a los Estados Unidos de América. Una gran parte de la misma no cumple con los estándares de calidad, los cuales están principalmente relacionados con el tamaño y forma de la fruta. Por lo tanto, se deben tomar cartas en el asunto en la comercialización en fresco, tanto a nivel regional o nacional o bien para su transformación en productos industrializados (*Ulloa et al., 2017*).

La madera de esta especie es muy popular en la fabricación de muebles y marquetería por su fuerte coloración amarilla, así como también en la construcción y fabricación de instrumentos musicales. Adicionalmente, el látex caliente se emplea en las casas como cemento para la reparación de porcelana y loza y para calafatear embarcaciones. De igual manera, debido a su alto contenido el aserrín o virutas de la madera, cuando se hierven se obtiene un rico colorante amarillo el cual es usado para teñir la seda y el algodón en las túnicas de los sacerdotes budistas (*Correa et al., 2004*).

El precio de la fruta en el mercado internacional es de entre seis y siete dólares por kilogramo, lo que nos da entender la gran importancia económica de esta fruta y su enorme proyección en los mercados internacionales (*MEXICAMPO INTERNACIONAL, 2016*).

Entre 2011 y 2016, el volumen exportado de yaca se incrementó 114%. Actualmente, las divisas por su venta son 2.5 veces mayor a las obtenidas en 2011. Las exportaciones mexicanas de yaca generaron 7 millones 346 mil dólares en divisas durante 2016 (*SIAP, 2016*).

b. Ecológica

El árbol de yaca se mantiene verde todo el año y está considerado dentro de los de mayor producción de las especies frutales y amplio uso comestible, ya que se puede consumir crudo o cocido, en estado maduro e inmaduro (*Cervantes., 2018*).

c. Social

La yaca es de gran importancia tanto en la cultura como en la agricultura de la India, en donde de manera coloquial se le conoce como la fruta del hombre pobre. En Bangladesh, la gran importancia socioeconómica llega al punto de ser el segundo fruto en producción después del mango (*Cervantes, 2018*).

El municipio de San Blas del estado de Nayarit se considera el de mayor producción de yaca en el país, sin embargo y aun siendo la entidad con mayor aporte a la comercialización y exportación de este fruto a los mercados de

Estados Unidos, Canadá, así como a algunas naciones europeas, estas condiciones no reflejan en la entidad una mejora en la calidad de vida de sus habitantes (*Cervantes, 2018*).

d. Nutricional

Los frutos tienen diversos compuestos, como taninos, flavonoides, esteroides, carotenoides, y algunos otros, los cuales le aportan propiedades anticancerígenas, además pueden aliviar úlceras e indigestión. Las hojuelas de frutos maduros tienen 0.8% de minerales, 30 IU de vitamina A y 0.25 mg100 g⁻¹ de tiamina y valor energético alto pues se ha calculado que la pulpa provee energía de hasta 2 MJ·kg⁻¹ en peso húmedo (*APAARI, 2012*).

Se ha reportado que contiene abundantes nutrientes, antioxidantes, facilita el equilibrio celular porque contiene suficiente potasio y mejora la digestión por su alto contenido de fibras (Cuadro 2) (*Linares, 2003*).

Las semillas están rodeadas de una cubierta carnosa (arilo) a los que se les llama bulbos, mismos que se secan y se fríen en aceite para comer con sal como aperitivo; igualmente son fermentados y destilados para producir licor. Las semillas también se pueden consumir asadas, tostadas, hervidas y molidas, empleándose para hacer una harina que se mezcla con la harina de trigo para elaborar postres (*Herrera, 2015*).

Cuadro 2. Valor Nutricional de la yaca en 100 g.

| Componente | Valor medio |
|-----------------------|-------------|
| Humedad (%) | 76.20 |
| Energía (cal) | 88.00 |
| Proteína (g) | 1.90 |
| Grasa (g) | 0.10 |
| Fibra (g) | 1.10 |
| Carbohidratos (g) | 19.80 |
| Potasio (mg) | 107.00 |
| Calcio (g) | 20.00 |
| Fosforo (mg) | 41.00 |
| Hierro (mg) | 0.56 |
| β Caroteno (mg) | 175.00 |
| Tiamina (mg) | 0.03 |
| Riboflavina (mg) | 0.13 |
| Niacina (mg) | 0.40 |
| Vitamina C (mg) | 7.00 |

Fuente: (Priya et al., 2014).

Las semillas de yaca son ricas en proteínas, carbohidratos y minerales con cantidad moderada de fitoquímicos y grandes propiedades antioxidantes. El contenido de grasa de las semillas es insignificante por lo que es un buen

constituyente de una dieta libre de grasas. Se podrían usar semillas de yaca en dietas equilibradas y alimentos funcionales que se puede consumir de forma segura sin ninguna preocupación riesgo de salud. En países con alta población donde las necesidades alimentarias no están siendo cumplidas con verduras de temporada, las semillas de yaca se pueden utilizar como un buen sustituto. Como las semillas de yaca tienen una vida útil más corta, se desperdician durante el exceso estacional. Por lo tanto, la harina de semillas puede ser un producto alternativo, que se puede almacenar ser utilizado, para agregar valor (*Gupta, 2011*).

e. Nutraceutica

El consumo de yaca ha crecido en los últimos años porque diferentes partes de la planta contienen una cantidad importante de fotoquímicos que benefician la salud. El consumo de yaca fresca o en suplementos ayudan a prevenir úlceras gástricas, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, en la salud bucal y la salud de la piel (*Baslingappa et al., 2012*). Así mismo, la yaca se utiliza en medicina tradicional como antiasmático, antidiarreico, en el tratamiento de conjuntivitis, diabetes, antihelmíntico, otitis, eliminación de verrugas y tratamiento de la hipertensión arterial (*Correa et al., 2004*).

La yaca contiene compuestos funcionales que tienen la capacidad de reducir diversas enfermedades como la presión arterial alta, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y pérdida de masa ósea. También es capaz de

mejorar la función muscular y nerviosa, reduciendo los niveles de homocisteína en la sangre.

La yaca también es una buena fuente de vitamina C, que protege la piel del daño que se produce como consecuencia del proceso de envejecimiento natural y la exposición prolongada al sol. La vitamina C también es esencial para la producción de colágeno, da firmeza y fuerza a la piel (*Ranasinghe et al., 2019*).

Los resultados de un estudio realizado por *Ruiz et al., 2014* sugirió que la yaca posee compuestos con propiedades quimioprotectoras para reducir la mutagenicidad de aflatoxina B1 (AFB1) y la proliferación de células cancerosas y la yaca contiene compuestos que pueden ser muy efectivos para ayudar a prevenir o tratar el cáncer de linfoma.

IV. TAXONOMÍA DEL CULTIVO

La yaca se clasifica como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Clasificación taxonómica del cultivo de la yaca.

| | |
|-------------|----------------|
| Reino | Vegetal |
| Subreino | Embriophyta |
| División | Antophyta |
| Subdivisión | Angiospermas |
| Clase | Dicotiledóneas |
| Orden | Urticales |
| Familia | Moraceae |
| Género | Artocarpus |
| Especie | Heterophyllus |

Fuente: (Prakash *et al.*, 2019).

V. BOTÁNICA DE LA PLANTA

a. Hojas

Las hojas son de color verde oscuro, alternas, enteras, simples, brillantes, coriáceas, rígidas, grandes (hasta 16 cm de largo) y de forma elíptica a ovalada. Las hojas son a menudo profundamente lobuladas cuando son juveniles y en brotes jóvenes.

La forma del dosel generalmente es cónica o piramidal en los árboles jóvenes y se extiende en los árboles más viejos. El árbol proyecta una sombra muy densa. La ramificación lateral pesada generalmente comienza cerca del suelo. Todas las partes del árbol exudan látex blanco y pegajoso cuando se lesionan (*Prakash et al., 2019*).

b. Tallo

El tallo de esta planta es recto y áspero, mientras que la corteza es verde o negra, de 1.25 cm de grosor, exudando látex lechoso (*Prakash et al., 2019*).

c. Flor

Esta especie es monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas (o "espigas") en el mismo árbol. Las espigas masculinas y femeninas se llevan por separado en tallos cortos y robustos que brotan de las ramas más viejas y el tronco. Las espigas masculinas se encuentran en las ramas más jóvenes sobre las espigas femeninas. Las espigas masculinas son densas, carnosas, cilíndricas en forma de masa, y miden hasta 10 cm de longitud. Las flores son pequeñas,

de color verde pálido cuando son jóvenes, y se vuelven más oscuras con la edad. Las flores femeninas son más grandes, elípticas o redondeadas, con un cáliz tubular. Según los informes, las flores son polinizadas por insectos y viento, con un alto porcentaje de polinización cruzada (*Prakash et al., 2019*).

d. Fruto

El fruto de yaca es un fruto compuesto, ya que el fruto se forma a partir de la unión de los ovarios de múltiples flores o de una inflorescencia, lo cual origina una apariencia de panal en la superficie del fruto; cada flor está representada en un pequeño polígono. El fruto está dividido en tres regiones muy marcadas: a) el centro del fruto el cual está formado por células laticíferas y no es comestible; b) el perianto, representa el mayor porcentaje del fruto y es la parte comestible y la región media fusionada (formando el anillo del sincarpo) y la región externa córnea no comestible de color verde y amarillo al madurar; y c) las semillas que se desarrollan desde el carpelo del ovario y está rodeado por el perianto fresco (Figura 2) (*Ong et al., 2006*).



Figura 2: Árbol de yaca con frutos, en las calles de San Blas, Nayarit.

e. Semilla

La semilla es de 2-4 cm de largo y 1.25-2 cm de espesor y es de color blanco y nítido en su interior. Puede haber 100 o hasta 500 semillas en una sola fruta. Son recalcitrantes y se pueden almacenar hasta un mes en condiciones frescas y húmedas (Figura 3) (*Prakash et al., 2019*).

La semilla está compuesta de nuez comestible (80%), cáscara leñosa (20%) y cutícula apergaminada.



Fuente: Flickr.

Figura 3: Corte longitudinal de un fruto de yaca que muestra las semillas.

VI. VARIEDADES

En el mundo existen muchos genotipos y variedades de yaca distribuidas a lo largo y ancho del planeta, de las cuales destacan en la India variedades como “Muttam” y “Varikka”, en Singapur “Chompa Gob”, “Handia”, “Khaja” y “Safeda” y “Badaya”, Tailandesas “Dang Rasimi”, “Golden Pillow”, “Chompa Grob”, “Malaysia”, “Mastura”, “NS1”, “J33”, “J31”, “J30” y “J29”, Australia ‘Black Gold’, ‘Gold Nugget’, ‘Honey Gold’, ‘Lemon Gold’, ‘Cochin’, ‘Kun Wi Chan’, ‘Leung Bang’, ‘Bostworth’ ‘Galaxy’, Fitzroy y ‘Nahen’ (Love y Paull, 2011).

En Nayarit actualmente existen varietales sin registro, pero con características muy específicas en el árbol y fruto que hacen rentable el cultivo, a estos varietales se les conoce como, **Agüitada** (Figura 4), **Buchona**, **Romina**, **Carlita**, **Ponciana**, **Clemente**, **Lisa**, **Bolonga**, **R-15** y **Yesi**. Se observan básicamente algunas diferencias entre los materiales del fruto, como tamaño, firmeza, densidad de protuberancias, presencia de látex y calidad de la pulpa (Khan et al., 2010).



Figura 4: Huerta de yaca variedad Agüitada, en San Blas, Nayarit.

VII. FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Kishore (2018) menciona que *Artocarpus Heterophyllus* Lam. es una especie que crece rápidamente teniendo sus variaciones dependiendo del nivel del mar en el que se cultive, su floración y por ende el origen de sus primeros frutos se prolonga entre 6 y 10 años y si el árbol es cultivado por el método de injertos por lo regular dará origen a su primera floración aproximadamente a los 3 o 6 años.

En las etapas de crecimiento fenológico del fruto de yaca se consideran una serie de etapas de desarrollo las cuales se dan anualmente y se dividen en cuatro fases:

- 1.- Emergencia de la floración
- 2.- Floración
- 3.- Desarrollo de la fruta
- 4.- Maduración de la fruta

Las inflorescencias pueden tener alrededor de 5,000 flores masculinas y femeninas; los estigmas presentan su mayor receptibilidad en un periodo de 15 a 28 días posteriores a la emergencia; cada planta puede emitir de 8 a 103 inflorescencias femeninas al año y el proceso de maduración de los frutos tarda de 81 a 137 días desde antesis (*Luna et al., 2018*).

El árbol tiene flores prácticamente todo el año; sin embargo, los picos de floración coinciden con el periodo más seco (*Pushkumara, 2006*). En el estado de Nayarit

la estacionalidad más fuerte se encuentra de mayo a septiembre y disminuye de octubre a enero.

VIII. REQUERIMIENTOS EDOFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

a. Suelo

Requiere un suelo bien drenado pero húmedo, con un pH de 4.3 a 8.0 y con una fertilidad media del suelo.

b. Clima

La mejor adaptación del cultivo de la yaca se da en clima tropical en regiones en que las temperaturas son cálidas la mayor parte del año. El fruto crece desde el nivel del mar hasta los 1524 msnm, siendo el intervalo ideal de 152 a 213 msnm en donde la calidad del fruto maduro es la mejor (*Crane y Balerdi, 2000*).

IX. MANEJO AGONÓMICO DEL CULTIVO

a. Propagación

La propagación la yaca puede ser de dos formas sexual es decir por medio de la semilla y asexual por medio de injertos. Las semillas deben ser sembradas inmediatamente después de ser sacadas de la fruta ya que esta no tiene un periodo latente, por lo que, si se requiere ser trasladada, deben empacarse en un medio húmedo para su conservación, tal es el caso del aserrín (*Cervantes, 2018*).

Cuando la yaca se propaga a través de semillas, se da una amplia variación entre sus progenies. Por lo que se recomienda la propagación vegetativa.

Para la propagación vegetativa se utiliza el método de injerto de hendidura en plántulas (patrones o porta-injertos) de dos meses de edad con vástagos (varetas) de 3-4 meses. Para la obtención de porta injertos la semilla debe sembrarse inmediatamente después de la extracción, algunas variedades que se utilizan para obtener los patrones son: Rudrashshi y *A. hirsuta* (*Priya et al, 2014*).

b. Trazado de la huerta

El método de plantación utilizado varía según la variedad y puede ser de 12 a 14 metros entre árboles, lo que nos da un aproximado de 49 a 60 árboles·ha⁻¹, si se va a realizar la plantación en suelos muy compactos es necesario hacer labores de subsoleo profundo e incorporar materia orgánica para facilitar el desarrollo radicular de los árboles de yaca (*Cervantes, 2018*).

Priya *et al.* (2014) menciona que la yaca puede plantarse a una distancia de 6 a 8 metros entre árboles, haciendo el pozo de plantación de 1 metro cúbico y rellenarlo con tierra mezclado con fertilizante. El árbol de yaca ya injertado se planta en los centros de los pozos en los meses de junio a septiembre.

c. Riego

Aunque la yaca se cultiva en condiciones de altas temperaturas, es muy sensible a la sequía. Por lo tanto, el riego debe administrarse según el tipo de suelo, la estación, etc., de modo que no haya estrés por humedad, especialmente durante la floración y fructificación. Del mismo modo, demasiada humedad del suelo afectará la calidad de la fruta. Los carpelos desarrollarán un sabor insípido cuando haya exceso de humedad en el suelo (Priya *et al.*, 2014).

d. Poda

Los árboles de yaca en desarrollo se podan en un solo tallo, quitando las ramas laterales bajas con el fin de que se desarrolle un tronco liso uniforme a una altura de 1.5 - 2 m posteriormente se permite que surjan las ramas laterales. Los botones florales aparecen en el tronco, que deben mantenerse libres de crecimiento vegetativo buscando el óptimo crecimiento de los frutos (Priya *et al.*, 2014).

e. Abonado y fertilización

Los análisis de suelos de algunos países de donde se cultiva esta fruta de manera intensiva nos ayuda a tomar una referencia y de esa manera dar una idea de las

necesidades nutricionales de esta especie, sin embargo, es de suma importancia realizar análisis de suelo en el lugar donde se va a establecer la huerta (Cervantes, 2018).

Cervantes (2018), menciona algunas recomendaciones básicas antes de realizar alguna aplicación de fertilizantes:

- 1.- El suelo debe ser buen drenado con la finalidad de que las raíces se desarrollen de manera óptima y reciban la oxigenación adecuada, además de que facilita el no estancamiento del agua.
- 2.- Se deben incorporar al suelo materia orgánica suficiente, tales como material vegetal que faciliten la asimilación de nutrientes por parte de la planta.
- 3.- El pH debe estar en un rango de 5.5 a 7.0 ideal para que los nutrientes minerales estén disponibles para la planta.
- 4.- Los nutrientes deben estar asimilables para la planta en los primeros 30 a 50 cm del suelo, esto debido a que la gran mayoría de los arboles tropicales tiene su sistema radicular superficial.

f. Control de plagas y enfermedades

En Florida se han reportado algunas plagas que atacan a la yaca, tales como insectos barrenadores que se alimentan de troncos y ramas dañadas o muertas, (*Elaphidion mucronatum*, *Nyssodrysinia haldemani*, *Leptostylopsis terraecolor*), así como escamas (*Pinnaspis strachani*, *Aspidiotus destructor*, *Protopulvinaria*

mangiferae, *Protopulvinaria pyriformis*) y cochinillas que atacan hojas y frutos. En relación con las enfermedades, las flores masculinas y femeninas son susceptibles al ataque de *Rhizopus artocarp*i y *Botrytis cinérea*. Se presenta también pudrición de raíces provocada por *Pythium splendens*, *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., y *Rhizoctonia* sp., sobre todo en condiciones de inundación. Las hojas pueden ser atacadas por *Gloeosporium* sp. y *Phyllosticta artocarp*i (Crane y Balerdi, 2000).

La plaga y la enfermedad más común y su control se muestran a continuación:

Gorgojo pardo: (*Ochyromera artocarp*i) afecta los brotes tiernos y frutos.

Manejo cultural: Destruir frutos y brotes caídos, recolección y destrucción de larvas y adultos.

Control químico: aplicación de monocrotofos (0.035%) a árboles (Priya et al., 2014).

Podredumbre de la fruta: (*Rhizopus artocarp*i) Causa prematuramente la caída de las frutas jóvenes debido a la podredumbre y puede provocar una gran pérdida de rendimiento en condiciones muy húmedas.

Control químico: Pulverización de Dithane M.45 (0.2%) o Bavistin (0.05%) o Fytolan (0.2%) a intervalos de 15 días durante el crecimiento del fruto (Priya et al., 2014).

X. COSECHA Y MANEJO POSCOSECHA

La mayoría de las variedades comienzan a producir en los primeros tres a cinco años, tomando en cuenta que en el rango de los seis a los doce años es cuando se obtiene los rendimientos más alto en frutos, por lo general los frutos los podemos encontrar todo el año en los árboles, sin embargo, los meses de cosecha y comercialización son de abril septiembre (*Cervantes, 2018*).

Cervantes (2018), menciona que una investigación realizada en el municipio de San Blas en el estado de Nayarit, México en una huerta bien atendida da un promedio de 300 kg al año por árbol, lo que a su vez significan 45 toneladas por hectárea, ya que la densidad de plantación es de 150 árboles por hectárea.

Los factores a tomar en cuenta para una buena selección del fruto a la hora de la cosecha son los siguientes:

- 1.- La hoja del pedúnculo de la fruta se torna café o amarillo.
- 2.- Se hace un rayado en el pedúnculo de la fruta el cual consiste en hacer un corte con el cual se origina un fluido de látex, cuando esto no suceda en abundancia es síntoma de sazonomiento de la fruta.
- 3.- Se comienza a percibir un aroma dulce muy característico de la planta.

El fruto de yaca es climatérico, con alta intensidad respiratoria llegando a reportar picos respiratorios de 330 y 200 mL·kg⁻¹·h⁻¹ al inicio y al final del proceso de maduración, y picos de etileno muy bajos de entre 1.0-1.5 y 0.7-0.12 µL·kg⁻¹·h⁻¹ en el mismo orden, a 25-30 °C (*Worrel y Sean-Carrington, 1997*).

En los frutos de yaca predominan el ácido málico y cítrico, y en cantidades menores también se encuentran los ácidos succínico y oxálico (*Ong et al., 2006*). Los sólidos solubles totales alcanzan los 20 °Bx (Brix) o más, siendo la sacarosa el azúcar que más predomina, con alrededor de 5% en fruto maduro; 0.33-0.40% de fibra cruda, y 1% de cenizas. En relación con los carotenoides, algunos materiales de yaca presentan tonalidades de amarillo a naranja; de hecho, las semillas contienen β -caroteno, α -caroteno, β -zeacaroteno y β -caroteno-5,6 α epóxido, y carotenoide dicarboxílico y crocetina (*Chandrika et al., 2004*); además, se han encontrado más de 20 compuestos volátiles que contribuyen al aroma complejo del fruto y cuya concentración varía a lo largo del proceso de maduración.

Luna *et al.* (2018), publicó que en el estado de Nayarit en particular se realizan las siguientes actividades poscosecha, una vez cosechada toda la fruta tiene que ser transportada al empaque a granel, cada fruta dividida con cartón para que no se golpeen entre frutos. Una vez en el empaque se realiza la selección de frutos tomando en cuenta que reúnan los requisitos de calidad (frutos sanos, uniformidad e índice de madurez).

Ya seleccionados los frutos son limpiados con aire comprimido, con lo cual se eliminan ácaros, polvo o algún material físico. Se procede a pesar los frutos y lavar en una solución de hipoclorito de calcio; se escurren y se realiza otra inmersión en solución fungicida.

Por último, los frutos son secados y se sella el pedúnculo con oxiclóruo de cobre para evitar que aparezcan hongos y no permitir el lixiviado de látex. Según el tamaño del fruto de yaca se pueden colocar de 1, 2 o 3 frutos por caja de 40x50x25 cm, que a su vez cada caja está construida con aberturas para la correcta circulación de aire en el contenedor. La temperatura óptima durante el transporte es de 12-14 ° C, ya que el fruto es sensible a las bajas temperaturas.

XI. COMERCIALIZACIÓN

La yaca se puede comercializar en fresco siendo el peso, tamaño, color, grados de dulzura y proporción de pulpa y gajo las principales características de la fruta a tener en cuenta para este tipo de presentación al mercado, además se le puede dar un valor agregado a la yaca transformándola en diferentes productos como mermeladas, cajeta, pan, nieve, etc. (Figura 5).



Figura 5: Productos a base de yaca con valor agregado, (pulpa fresca, pulpa deshidratada y enchilada y néctar), San Blas, Nayarit.

En el año 2016, México exportó 16 mil 798 toneladas de yaca. Nueve de cada 10 toneladas de la fruta se comercializan en el exterior, principalmente con los Estados Unidos de América (SIAP, 2016). Mientras que para mercado nacional se comercializa principalmente en centrales de abasto en la ciudad de México, Monterrey y Guadalajara o con venta al menudeo en mercados locales en mercados en Nayarit y a orillas de la carretera (Figura 6).



Figura 6: Venta de frutos de yaca en uno de los muchos puestos al costado de la carretera en San Blas, Nayarit.

XII. LITERATURA CONSULTADA

APAARI. 2012. Jackfruit improvement in the Asia-Pacific Region a status report. Asia-Pacific Association of agricultural Research Institutions Bangkok, Thailand. 182 p.

Baslingappa S.S., Thakor N.J., Haldankar P.M. y Kalse S.B. 2012. Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. Comprehensive Reviews. In food Science and Food Safety. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1541-4337.2012.00210.x>

Cervantes J. J. 2018. La cadena del valor de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en el municipio de San Blas; Nayarit, 2018. Universidad Autónoma de Nayarit. P.64.

Chandrika U. G., Jansz E. R., Warnasuriya N. D. 2004. Analysis of carotenoids in ripe jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) kernel and study of their bioconversion in rats. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 186–190.

Correa A. M. D., Galdemes C. y Stapf M. 2004. Cat. Pl. Vase. Panama 1-599. Smithsonian Tropical Research Institute, Panama.

Crane J.H., Balerdi C. F. 2000. La Jaca en Florida. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IFAS). Fecha de primera publicación: octubre 2000. Repasado octubre 2005. Revisado diciembre 2018. Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). Documento HS1038, revisado en septiembre 2020. 9 p.

Gupta D., Mann S., Sood A., Gupta R. 2011. Phytochemical, Nutritional And Antioxidant Activity Evaluation Of Seeds Of Jackfruit (*Artocarpous heterolphyllus* Lam.) University School of Biotechnology, GGS Indraprastha University, Dwarka, New Delhi 110075, India. This article can be downloaded from www.ijpbs.net P - 336

Herrera E. E. 2015. La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), una fruta muy singular y sus usos tradicionales. Unidad de Recursos Naturales Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY). pp. 169-171.

Khan R., Zerega N., Hossain S., Zuberi M.I. 2010. Jacfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Diversity in Bangladesh: Land use and artificial selection. *Economic Botany* 64 (2):124-136.

Kishore K. 2018. Phenological growth stages of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) according to the extended BBCH scale. Central Horticultural Experiment Station, ICAR-IIHR, Bhubaneswar, India. DOI:10.1111/aab.12427.

Linares J.L. 2003. Listado comentado de los árboles nativos y cultivados en la república del Salvador. *Ceiba* 44 (2): pp. 105-268.

Love K., Paull E.R. 2011. Jackfruit. *Fruits and Nuts*. College of tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. F-N-19.

Luna E., Alejo S., Ramírez G. L., Arévalo G., Lourdes Ma. 2018. La yaca *Artocarpus Heterophyllus* Lam. Un fruto de exportación. Unidad Académica de

Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Km 9 Carretera Tepic-Compostela, Jalisco Nayarit. pp. 66-70.

Medranda G. N., y Peña A. D. 2019. "Propuesta para la elaboración de bebidas alcohólicas artesanales a base de frutas exóticas no tradicionales como la Cocona (*Solanum sessiliflorum*), Jack Fruit (*Artocarpus heterophyllus*) y Salak (*Salacca zalacca*). Universidad de Guayaquil. p. 140.

MEXICAMPO INTERNACIONAL. 2016. Fomentan el cultivo y la exportación de yaca Nayarita. Consultado el 26 de mayo del 2020 en <https://www.mexicampo.com.mx/tag/internacional/>.

Ong B.T., Nazimah S.A.H., Osman A., Quek S.Y., Voon Y.Y., Mat Hashim D., Chew P.M., Kong Y.W. 2006. Chemical and flavor changes in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 40: 279-286.

Priya S., Talaulikar S., Gupta, M.J., Thangam, M., Singh, N.P. 2014. A Guide on Jack Fruit - Cultivation and Value Addition. Technical Bulletin No. 41, ICAR (RC), Goa.

Pushkumara D.K.N.G. 2006. Floral and fruit morphology and phenology of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moracea). *Sri Lanka Journal Agriculture Science* 43:82-106.

Prakash O.R., Anurag M., Rajiv G. 2019. *Artocarpus heterophyllus* (Jack fruit): An Overview. *Phcog Rev.* 3 (6) 353-358.

Ranasinghe R. A. S. N., Maduwanthi S. D. T., and Marapana R. A. U. J. 2019. Nutritional and Health Benefits of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): A Review. Hindawi International Journal of Food Science, Article ID 4327183, 12 pages.

Ruiz G., Burgos A., Santoyo M. 2014. "Screening antimutagenic and antiproliferative properties of extracts isolated from Jackfruit pulp (*Artocarpus heterophyllus* Lam)," Food Chemistry, vol. 175, pp. 409–416.

SIAP 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 16 de mayo del 2020.

SIAP. 2016. Boletín de exportaciones Jackfruit. Consultado en <https://www.gob.mx/siap/documentos/boletin-de-exportaciones-106883> .el 18 de mayo del 2020.

Ulloa J. A., Rosas-Ulloa P., Flores J. R., Ulloa-Rangel B.E., Escalona H. 2017. Comportamiento del color en bulbos del fruto de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) autoestabilizados en frascos de vidrio por la tecnología de obstáculos color Behavior in Jack fruit (*Artocarpus heterophyllus*) bulbs self stabilized in glass jars by hurdle technology, Cyta- Journal of Food, 5:5, 372-378, DOI: 10.1080/11358120709487715

Worrel D.B., Sean-Carrington C.M. 1997. Breadfruit. In: Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits (ed. S.K. Mitra) pp. 347-363.