

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Cultivo Emergente
en el Estado de Chiapas

Por:

MARIO HERNÁNDEZ PÉREZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Cultivo Emergente
en el Estado de Chiapas

Por:

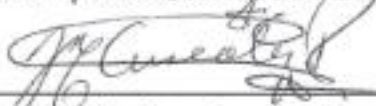
MARIO HERNÁNDEZ PÉREZ

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. Marco Antonio Bustamante García

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2016

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por ser mi principal guía, por darme la fuerza y salud necesaria para salir adelante y poder así realizar mis metas y de lograr haber terminado mi carrera universitaria. También por haber cuidado de mi familia cuando estaba lejos.

A mi "**ALMA MATER**" por brindarme la oportunidad de lograr mis objetivos y por prepararme como Ingeniero Agrónomo en Horticultura.

A la **Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez** por su asesoría, tiempo e interés para la presentación de este trabajo. Además, por sus valiosos consejos, orientación y su colaboración incondicional mostrado su calidad como docente e investigadora.

A los **profesores, secretarias, laboratoristas, intendentes y trabajadores de campo del Departamento de Horticultura** por su excelente trabajo.

DEDICATORIAS

Con todo mi amor a mis queridos padres

Jesús Hernández Hernández

y

Petrona Pérez López

Por ser los pilares más importantes de mi vida, quienes día a día me demuestran su amor, cariño y entrega incondicional. Además, por enseñarme a luchar con los altibajos de la vida y a ser responsable. Solo les digo que los quiero mucho y tengo suerte de tener unos padres como ustedes.

A mis abuelos

Manuel Hernández Pérez

y

Rosa Hernández Gómez

Porque me enseñaron a ser humilde de corazón, a ser una persona de bien y a nunca decir "no se puede". Como olvidar los cuentos, historias, leyendas y mitos que el abuelo nos contaba de niños. Sobre todo, sus propias experiencias de la vida que aunque las repitiera nunca me cansaría de escuchar, siempre aprendo más cuando estoy con él.

A mis hermanos (as) y hermanitos (as)

John, Marce, Vicky, Hilary, Mann, Eus y Lupy.

Por ser los mejores amigos, hermanos y porque en cada periodo de vacaciones disfruté estar con ustedes. Mi hermano Juan por su gran apoyo incondicional.

A

Petrona Gómez Hernández

Por haber influido directamente en mi vida durante mi carrera universitaria, por brindarme apoyo incondicional y ánimo para lograr mis metas. Sin importar donde esté le deseo el mejor de los éxitos.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
OBJETIVO	vii
I. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	1
II. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS DEL CULTIVO.....	20
III. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	47
IV. COSECHA Y MANEJO DE POSTCOSECHA	61
V. COMERCIALIZACIÓN DE LA GRANADILLA.....	74
VI. SITUACIÓN EDAFOCLIMATICA, SOCIOECONÓMICA Y PRODUCTIVA EN EL ESTADO DE CHIAPAS Y MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS LARRAINZAR	75
VII. CONCLUSIÓN	80
VIII. LITERATURA CITADA	81
IX. APÉNDICE.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.1. Valor nutricional por cada 100 g de granadilla.....	8
Cuadro 1.2. Especies de <i>Passifloras</i> de la familia <i>Passifloraceae</i>	18
Cuadro 2.1. Parámetros de calidad del agua.....	26
Cuadro 2.2. Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para el cultivo de granadilla.....	27
Cuadro 2.3. Requerimientos de nutrientes de <i>Passiflora edulis</i>	28
Cuadro 8.1. Clasificación por diámetro.....	85
Cuadro 8.2. Clasificación por peso.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Usos de la Granadilla.....	5
Figura 1.2. Descripción botánica de la Granadilla	15
Figura 2.1. Síntomas de deficiencias nutricionales.....	31
Figura 2.2. Principales plagas que atacan a la Granadilla	37
Figura 2.3. Enfermedades y fisiopatías de la Granadilla	46
Figura 3.1. Métodos de propagación.....	51
Figura 3.2. Sistema de producción y Manejo del cultivo.....	59
Figura 4.1. Cosecha y Postcosecha de la Granadilla.....	72
Figura 6.1. Estado de Chiapas.....	75

RESUMEN

El origen de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es en América Tropical, por lo que se puede encontrar en forma silvestre desde México hasta Venezuela, y de Perú a Bolivia. Actualmente se le puede encontrar en Hawaii, India y Nueva Zelanda. Los países productores más importantes son: Colombia, Ecuador, Perú, Australia, Sudáfrica, y Estados Unidos (Hawaii y Florida).

La Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es una planta vigorosa de hábito trepador por su alto contenido nutricional su fruto se usa para consumo en fresco, procesado; la flor en la industria de la perfumería y como planta medicinal en la industria farmacéutica. Su cultivo está distribuido solo en algunos Estados del de la República Mexicana debido a que solo crece donde se reúnen las condiciones climáticas y edáficas favorables. Es por ello que en estos últimos años diferentes Dependencias del Gobierno Federal (CDI, SAGARPA e INAES) han financiado recursos de diferentes giros de proyectos productivos como; agrícola, pecuaria, comercio, servicio y agroindustria. Para el caso de granadilla se ha dado importancia ya que se considera como una fruta exótica. La granadilla, solo tiene una única variedad que es conocida como la amarilla. A pesar de esto, el fruto en si posee una gran variabilidad genética en sus características internas de número de semillas, calidad de pulpa y grosor de la cascara; y en sus características externas hay variabilidad en el color de la cáscara el cual puede ser amarillo, amarillo precoz a anaranjado y en la forma del fruto puede ser redondo u ovoide (elipsoidal).

En el estado de Chiapas el cultivo de granadilla ha despertado el interés del gobierno, se encuentra en una condición emergente y se considera como un cultivo alternativo para pequeños productores. Además, hay una gran demanda en el mercado y poca producción.

Palabras clave: Granada china, granada de moco, frutales tropicales.

OBJETIVO

Realizar una revisión exhaustiva del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y determinar su importancia como un cultivo emergente en el estado de Chiapas.

Correo electrónico; Mario Hernández Pérez, Danny-yoo@hotmail.com

I. GENERALIDADES DEL CULTIVO

Origen y antecedentes

El origen de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es en América Tropical, por lo que se puede encontrar en forma silvestre desde México hasta Venezuela, y de Perú a Bolivia (Cerdas y Castro, 2003). Actualmente se le puede encontrar en Hawaii, India y Nueva Zelanda.

La granadilla se conoce en Colombia, México y Costa Rica, como Parcha en Venezuela, Guayan en Ecuador, Tintín y Aapincoya en Perú, Maracuyá dulce en España, Maracuyá doce en Portugal, Sweet passion fruit en países de habla inglesa y Susse passion frucht en países donde se habla alemán (Rivera *et al.*, 2002).

Etimológicamente, el término *passiflora* procede del latín *passio*, que significa pasión, y *flos*, que traduce flores; de ahí que algunos autores denominan la flor de las *Passifloras* como la flor de la pasión (Fischer *et al.*, 2010). Las flores vistosas de estas especies llamaron la atención de los primeros misioneros españoles quienes vieron en ellas la representación de los elementos de la pasión de Jesús, de donde deriva el nombre técnico de las especies que lo integran la familia *Passifloraceae*. En el proceso de transculturación, los españoles debido a sus escasos conocimientos sobre las ciencias naturales, recurrieron, para denominar a las especies de las tierras que conquistaron a la utilización de diminutivos, tal es el caso de la granadilla, con relación al fruto de la granada (*Punica granatum* L.) especie que nada que ver en la clasificación botánica con la especie *Passiflora ligularis* Juss (Benalcázar *et al.*, 2001).

Importancia del cultivo

La granadilla, es una de las frutas de clima templado, con excelentes características nutritivas y propiedades medicinales, estos cultivos

proporcionan un suministro permanente de fruta durante todo el año. Estas características relacionan con una gran aceptación a nivel comercial y le ha proporcionado una participación en el mercado internacional (Carrero, 2013). En México estos últimos años su importancia ha crecido debido a la buena aceptación en el mercado regional y nacional, reflejándose en el incremento de un mayor número de plantaciones sin que se conozca con exactitud su superficie cultivada (Andrés *et al.*, 1997).

El sabor y el aroma son característicos de la fruta, y su color puede variar desde el verde hasta el amarillo rojizo, dependiendo de su estado de madurez.

Usos de la granadilla

Diversas *passiflora* son sembradas por sus frutos comestibles, al igual que como plantas de ornato o por sus propiedades medicinales (Fischer *et al.*, 2009) (Figura 1.1.a).

El principal uso es consumo en fresco (no procesada), también el refresco y helados de pulpa de granadilla son exquisitos; el contenido de varias granadillas se licúa a poca velocidad (para que no se destruyan las semillas), posteriormente se pasa por un colador grueso que detenga las semillas y se agrega agua y azúcar al gusto (Cerdas y Castro, 2003). También se prepara jalea y mermelada, opciones agroindustriales que permiten emplear las frutas sanas, con características de apariencia externa no recomendada para el mercado de consumo en fresco. El único inconveniente de este proceso, es que se necesitan muchas frutas, así por ejemplo para obtener el mismo volumen de pulpa de 100 frutas de maracuyá se requieren por lo menos 300 frutas de granadilla criolla (Cerdas y Castro, 2003).

La cantidad promedio de jugo que contiene la granadilla fluctúa alrededor del 36% del contenido, lo cual nos indica que se necesitarían 2.78 kg de fruta para obtener 1 kg de extracto de granadilla (Benalcázar *et al.*, 2001).

Aguilar *et al.*, (2014) procesaron 7.92 kg de granadilla (*Passiflora ligularis*) y obtuvieron 3.005 kg de pulpa refinada. El rendimiento de pulpa de granadilla refinada obtenida fue de 37.94%, esto se debe a diferentes factores tales como la variedad del fruto, clima, condiciones edafológicas, prácticas agrícolas y temporadas de cosechas, que pueden influir en el rendimiento y las características físicas y organolépticas.

Las proporciones de 23.55% de albedo y 12.82% de sacarosa presenta las mejores características sensoriales del cremogenado (Aguilar *et al.*, 2014).

La aromática se define como un producto líquido, dosificado en empaque flexible, que al adicionarlo en agua caliente se obtiene una bebida agradable de características frutales con aroma y sabor a granadilla. Entre los requerimientos que deben cumplir este tipo de productos se tiene: No se permite la presencia de materias extrañas objetables como: receptáculos, pedúnculos, hojas, semillas, cáscaras o piel y defectos, en niveles mayores a 20 puntos negros de máximo 2 mm cada uno, en 10 g de muestra reconstituida a su grado brix natural. En los concentrados de frutas que tienen semillas pequeñas, se permite la presencia de estas. Deben de estar libres de insectos, restos, larvas o huevos de insectos, no se permite el uso de colorantes, se permite la adición de edulcorantes y de antioxidantes como el ácido L-ascórbico de acuerdo con las BPM. No se permite el uso de conservantes en los concentrados de frutas congelados o esterilizados, pero si en los concentrados de frutas no congelados y en los edulcorados.

El néctar se define como el producto constituido por jugo o puré de frutas frescas o reconstituidas a partir de concentrados naturales. Puede estar adicionado con agua, edulcorantes naturales y ácidos permitidos, sometidos a un tratamiento de conservación adecuado. Debe estar libre de materias y sabores extraños, poseer color uniforme y olor semejante al de la fruta de que fue elaborado. El mínimo contenido de sólidos solubles debe ser de 10° Brix, pH mínimo de 2.5 y acidez titulable de 0.2% expresada como ácido cítrico. El contenido mínimo de pulpa debe estar entre el rango de 10% y

40% en peso. Se permite la utilización de ciertos conservantes (ácido benzoico o sórbico y sus respectivas sales de calcio, potasio y sodio en cantidad máxima de 1.000 mg/kg), estabilizantes (alginatos de amonio, calcio, potasio propilenglicol, carboximetil celulosa, carragenina, goma xantana, pectina, en cantidad máxima de 1.5 g/kg), colorantes (de acuerdo con Resolución N° 10593 de 1985), acidulantes (ácido cítrico, tartárico, málico o fumárico) y antioxidantes como el ácido ascórbico, limitados por las buenas prácticas de manufactura, BPM (García, 2008) (Figura 1.1. b).

Perfumería

Por su parte, la flor de la granadilla debido a su alto contenido en néctar, se utiliza en la perfumería y el polen para el consumo humano (Benalcázar *et al.*, 2001).

Propiedades medicinales

Es un diurético muy útil para el control de cálculos y malestares del sistema urinario e intestinal, depura la sangre. Con la cocción de flores, hojas y/o raíces se obtiene una bebida tranquilizante y relajante para dormir (Cerdas y Castro, 2003). Su consumo es recomendado para pacientes afectados por úlceras gastrointestinales, hernia discal, así como para niños y ancianos por su fácil digestión. Contiene sustancias cicatrizantes y es un activador del timo; tiene acción terapéutica en pacientes con hernia discal. Por ser rica en vitamina C, ayuda a fortalecer el sistema inmunológico. El principio activo de la planta es la passiflorina, un alcaloide activo que se emplea en la preparación de tónicos nerviosos. El jugo fresco de las hojas en agua azucarada es una bebida muy eficaz en los casos de fiebre. La infusión de las flores es recomendable para la epilepsia (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 1.1. c).

Contenido total de fenoles, taninos y flavonoides

El extracto pulpa de fruta con acetona registro los fenoles totales más altos (647.70 mg GAE/g de extracto) en comparación con otros extractos de

disolvente. Además de ello, el extracto con acetona también registró el máximo contenido de tanino (214.30 mg GAE/g de extracto) y flavonoide (387.33 mg RE/g de extracto). Los fenoles a partir de plantas de alimentos constituyen uno de los principales grupos de compuestos que actúan como antioxidantes primarios o exterminadores de radicales libres (Saravanan y Pirimelazhagan, 2014).



Figura 1.1. Usos de la Granadilla a) fruto para consumo en frescos, b) néctar de granadilla, c) suplementos alimenticios.

Actividad quelatante

El hierro en la naturaleza se puede encontrar ya sea como ferroso (Fe^{2+}) o férrico (Fe^{3+}), con el ion férrico abunda en los alimentos. La quelatación del ion ferroso (Fe^{2+}) puede tener importantes efectos antioxidantes retardando la oxidación del metal catalizado. Los iones ferrosos (Fe^{2+}) son los más poderosos pro-oxidantes entre las diversas especies de ion metal. Minimizando el ion ferroso (Fe^{2+}) puede ofrecer una protección contra daños oxidativos por la inhibición de la producción de (ROS) y la preoxidación de lípidos. El extracto de pulpa de fruta fue evaluado por su habilidad para competir con ferrozina para el hierro ferroso en la solución. En este ensayo la pulpa de fruta interfirió con la formación de complejo ferroso y ferrozina, lo que sugiere que tienen actividad quelatante y son capaces de atrapar hierro ferroso antes de ser ferrozina (Saravanan y Pirimelazhagan, 2014).

Captación de radicales libres

El extracto de pulpa de fruta de *P. ligularis* con acetona puede contener una cantidad enorme de moléculas hidrogeno donantes la cual puede reducir la producción de radicales libre (Saravanan y Pirimelazhagan, 2014).

Inhibición de la actividad de alfa amilasa

El pancreático alfa amilasa, es una enzima clave en el sistema digestivo está involucrado en la descomposición del almidón en disacáridos y oligosacáridos y finalmente liberan glucosa la cual más tarde es absorbido por la circulación de la sangre. El extracto con acetona y metanol inhibe la enzima alfa amilasa de una dosis de dependiente manera (75-125 $\mu\text{g}/\text{ml}$) (Saravanan y Pirimelazhagan, 2014).

Actividad antimicrobiana

La extracción con acetona la pulpa de fruta de *P. ligularis* exhibe un efecto inhibidor potente contra toda bacteria especialmente *S. paratyphi* (28mm), *S.typhi A.* (31mm), *S. typhi B.* (32mm), and *K. pneumonia* (32mm). La asombrosa zona de inhibición indica la asombrosa actividad antibacterial y antifungi que tuvo el extracto. El extracto de pulpa de fruta de *P. ligularis* tiene un alto contenido de efecto inhibidor contra dos bacterias y hongos, ambas bacterias son Gram-positivo y Gram negativo (Saravanan y Pirimelazhagan, 2014).

Contenido nutricional

La granadilla es una fruta la cual es muy apreciada por sus características organolépticas de sabor y color, por su valor nutritivo, alto contenido de fósforo y niacina. Tiene además propiedades medicinales, es un fruto hipoalérgico y laxativo; esto último constituye una de las propiedades más conocidas (Benalcázar *et al.*, 2001). Aunque los valores del contenido de la fruta cambian de acuerdo con el índice de madurez (Fischer *et al.*, 2010) (Cuadro 1.1.).

Principales países productores y exportadores de granadilla en el mundo

Los países productores más importantes de esta fruta son: Colombia, Ecuador, Perú, Australia, Sudáfrica, y Estados Unidos (Hawaii y Florida). Colombia y Ecuador son además los principales países exportadores del mundo.

Colombia registró una producción que llegó a las 43.885 toneladas en el 2007 y 52.305 toneladas en el año 2008. Entre tanto, países como Perú y Ecuador son países que se encuentran dentro de los principales productores de granadilla. Debido a que en Ecuador el cultivo de granadilla es un cultivo

no tradicional. Y en el Perú no está considerado como un cultivo primario (Ríos, 2012).

También se cultiva en Venezuela, República Dominicana, El Salvador, Costa Rica, Puerto Rico, Cuba, Chile y México, aunque en este último país se produce en baja escala (Becerra *et al.*, 2014). En México, la granadilla se encuentra cultivada sobre todo a nivel de hueros familiares o asociados con tres frutales y pocas veces como monocultivo (Andrés *et al.*, 1997).

Cuadro 1.1. Valor nutricional por cada 100 g de granadilla.

Energía	98 kcal 410 kJ
Carbohidratos	23.38 g
• Azúcares	11.20 g
• Fibra alimentaria	10.4 g
Grasas	0.70 g
Proteínas	2.20 g
Agua	72.93 g
Retinol (vit. A)	64 µg (7%)
Tiamina (vit. B1)	0.000 mg (0%)
Riboflavina (vit. B2)	0.130 mg (9%)
Niacina (vit. B3)	1.500 mg (10%)
Vitamina B6	0.100 mg (8%)
Vitamina C	30.0 mg (50%)
Vitamina E	0.02 mg (0%)
Vitamina K	0.7 µg (1%)
Calcio	12 mg (1%)
Hierro	1.60 mg (13%)
Magnesio	29 mg (8%)
Fósforo	68 mg (10%)
Potasio	348 mg (7%)
Sodio	28 mg (2%)
Zinc	0.10 mg (1%)

Fuente: Granadillas, crudas en la base de datos de nutrientes de USDA.

Principales países consumidores

Los principales países consumidores de esta fruta son Holanda, Alemania, Francia. Según Ríos, (2012) los principales importadores de la granadilla en el mundo son la Unión Europea, Canadá y Estados Unidos de América a la vez algunos de los países de la Unión Europea realizan la reexportación de esta fruta llegando a tener un precio de hasta 4.3 Euros.

Localización y zonas productoras de granadilla en México

La granadilla es una especie nativa de nuestro país, por lo que es necesario realizar estudios que permitan su mejor aprovechamiento. La evaluación de sus características sensoriales es importante para facilitar su uso en jugos, cócteles y dulces, entre otros (Franco *et al.*, 2008). En varios estados de nuestro país esta especie se ha cultivado desde hace muchos años a nivel de huertos familiares, y el producto se ha destinado principalmente para el autoconsumo, sin embargo, en los últimos años ha cobrado mayor interés en su plantación ya que puede captar mejores ingresos por la venta de su fruta que otros frutales, incluyendo al aguacate, debido a lo cual su cultivo ha venido ampliándose (Andrés *et al.*, 1997).

En México se pueden localizar en los estados de Chiapas, Colima, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz (Muñoz *et al.*, 2014).

En el estado de Michoacán la granadilla ha sido cultivada desde hace muchos años en huertos de traspatio y en huertos mixtos. Han sobresalido por su producción de comunidades de San Felipe de Los Alzati en Zitácuaro y Tingambato en el mismo municipio del mismo nombre. Durante los últimos cinco años su cultivo ha venido incrementándose en Tingambato y Tacámbaro a consecuencia de los problemas de comercialización y la baja rentabilidad del cultivo de aguacate, en este sentido, la granadilla y el chile perón ofrecen mejores alternativas de mercado para pequeños productores (Andrés *et al.*, 1997).

Diferentes dependencias del gobierno federal (CDI, SAGARPA, INAES) han financiado recursos de diferentes giros del proyecto productivo como; agrícola, pecuaria, comercio, servicio y agroindustria. Para el caso de granadilla se ha dado importancia ya que se considera como fruta exótica.

Descripción botánica del cultivo

La granadilla es una planta perenne, de hábito trepador (por medio de zarcillos) y de rápido crecimiento. Esta especie es un ejemplo de las adaptaciones de los vegetales en su búsqueda de la luz y el espacio. Son plantas que, sin mucho gasto de energía, sin desarrollar grandes troncos que las eleven hacia la luz, pueden situar en poco tiempo, sus hojas por encima de las sombras, trepando sobre otros vegetales, muros o rocas. Las plantas trepadoras tienen un rápido crecimiento en longitud, que apenas va acompañado del engrosamiento de la planta, son incapaces de mantenerse erguidas por sí mismas y necesitan elementos a los cuales fijarse para crecer sin caer al suelo. Los mecanismos utilizados para trepar son muy diversos y constituyen otro interesante ejemplo de convergencia adaptativa, ya que especies procedentes de grupos taxonómicos muy distintos han desarrollado técnicas semejantes (Rivera *et al.*, 2002).

Sistema radicular

El sistema radicular de la granadilla es superficial, aproximadamente del 50% al 60% de las raíces se localizan a profundidades no superiores a 35 cm y más del 60% de las raíces se localizan en un radio de 150 cm alrededor de la base del cuello de la planta (Benalcázar *et al.*, 2001). La especie *P. ligularis* presenta raíces fibrosas; la raíz es pivotante, de escaso crecimiento, de la cual se deriva un gran número de raíces secundarias y terciarias (Fischer *et al.*, 2010). Este patrón se da en desarrollo de raíces, se da en un suelo descompacto y con suficiente materia orgánica. La

información mencionada es útil para evitar el daño mecánico durante el control de malezas y para hacer una adecuada colocación de los fertilizantes químicos u otros químicos (Benalcázar *et al.*, 2001) (Figura 1.2. a).

Hojas

Las hojas de la granadilla son de forma acorazonada, verde intenso, alternas y con nervaduras bien definidas en el envés. Su tamaño es de 10 a 25 cm de largo con un ancho de 10 a 15 cm (Benalcázar *et al.*, 2001). Hojas anchamente ovadas, cordadas, de margen entero, el peciolo con tres a seis glándulas liguliformes a filiformes (Esquerre *et al.*, 2014). Son alternas, de color verde por el haz y un tono grisáceo con reflejos morados por el envés; se insertan al tallo mediante el peciolo y hacen unión con las lígulas (Figura 4) (Fischer *et al.*, 2010). Hacia las axilas de las hojas, crecen estipulas pareadas, oblongo-lanceoladas (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 1.2. b).

La flor

La flor es exótica y atractiva, de agradable aroma y conocida como la "flor de la pasión (Fischer *et al.*, 2010). La flor de esta fruta tiene características muy especiales, a tal punto que la llaman la "**flor de la pasión**" por tener semejanza con algunos signos de la pasión de Jesucristo, entre los que están: tres estigmas que simulan los clavos con lo que lo clavarón en la cruz, cinco anteras suman las llagas que le ocasionaron, 12 pétalos es el número de discípulos y la corona de filamentos la comparan con la corona de espinas (Cerdas y Castro 2003). Según Rivera *et al.*, (2002) los conquistadores españoles encontraron semejanza entre los órganos de esta planta y los instrumentos de la pasión de cristo: representaron los sarcillos como los látigos: la corona floral de color morado y blanco como la corona

de espinas salpicadas de sangre y las cinco anteras y tres pistilos como las cinco personas que acompañaron a Cristo, como símbolo de la crucifixión.

Las flores se encuentran en pares, la maduración de las flores en cada par tiene una pequeña diferencia de edad, aspecto que favorece el ingreso constante de polinizadores, que son atraídos por la segregación periódica de néctar, aromas atrayentes y polen (Cerdas y Castro, 2003).

Son de color violeta de 7 a 10 cm de diámetro el pedúnculo mide 4 cm. Usualmente vienen dos en un nudo y están sostenidas por pedúnculo axilar de 4 cm, la cual se adhieren brácteas que asemejan hojas (Rivera *et al.*, 2002). La apertura de la flor se inicia entre 1:30 y 2:00 am alcanza la apertura total a las 4:00 am del mismo día, a partir de las 14 horas se inicia el cierre de la flor haya sido o no polinizado (Cerdas y Castro, 2003) (Figura 1.2. c).

Los **sépalos** son de color blanco en el haz y verdes con márgenes blancos en el envés de forma lanceolada y miden 4 cm de largo por 2 cm de ancho. Los **pétalos** son tubulares blancos rosáceos y moteados con pintas de color azul púrpura, que forman una corola de dos series con 43 pétalos al interior y al exterior, simulando una corona. **Brácteas** ovadas, minutamente aserrado-glanduladas, connadas en la base. **Corona** con cinco a seis series de filamentos, cada serie de color blanco con bandas púrpuras a violetas. **Estambres** la flor tiene 5 estambres unidos por su base; las **anteras** son planas, extrosas y se unen hacia la mitad del filamento, con dehiscencia longitudinal. Los **pistilos** son de tres carpelos cubiertos y unidos en un ovario unilocular, superoblogoso, ovoide con numerosos óvulos, **estilos** aplanados y divididos en tres ramas, cada uno con estigmas capitados en que se alinean en forma horizontal (Rivera *et al.*, 2002). **Opérculo** no plegado, membranoso, ligeramente incurvado, de margen denticulado, blanco, rojo púrpura en el margen. **Nectaroteca** blanquecina. **Limen** cupuliforme. **Androginóforo** de blanco a verdoso. **Tróclea** conspicua. **Ovario** ovoide, verde (Esquerre *et al.*, 2014) (Figura 1.2. g).

El fruto

El fruto es una baya ovoide o elipsoidal de 6 – 8 cm de diámetro con un pedúnculo de 6 a 8 cm de largo. Presenta una cubierta dura de color verdoso o ligeramente amarillento cuando se acerca la maduración. La granadilla tipo colombiana es ovoide, de cascara gruesa y quebradiza, mientras que la criolla es elipsoidal de cascara delgada y flexible (Cerdas y Castro, 2003) (Figura 1.2. d).

El fruto posee en su interior un promedio de 200 – 250 semillas envueltas en un arilo grisáceo traslúcido, mucilaginoso y acidulado que constituye la parte comestible, las semillas están unidas a una placenta blanca que corresponde al mesocarpio del fruto.

Exocarpio es duro, firme, pero es frágil ante presión o impacto. Está formado por varias capas de células cortas y de paredes muy gruesas y amarillas, y aunque miden menos de 1mm de espesor le da una gran solidez a la fruta (Benalcázar *et al.*, 2001). El fruto presenta 6 carpelos que se unen formando cicatrices y se observan en la cascara del fruto, la cual es quebradiza (Rivera *et al.*, 2002).

El mesocarpio es esponjoso y blando de 5mm de espesor y favorece el almacenamiento (Rivera *et al.*, 2002).

Endocarpio está compuesto por una fina membrana blanca que contiene 200-250 semillas recubiertas por un arilo o pulpa jugosa, transparente, dulce y aromático de sabor agradable (García *et al.*, 2008).

El epicarpio es una cubierta natural delgada de consistencia cerosa que protege el fruto de cambios bruscos de temperatura y le da la apariencia lustrosa que tiene; la remoción de esta cera favorece una rápida oxidación (Rivera *et al.*, 2002).

Semilla

Las semillas son negras de 5 a 6 mm de largo, planas en forma de escudo y presentan pequeñas zonas hundidas circulares y son relativamente pequeñas y de testa dura (Rivera *et al.*, 2002). Cada semilla está dentro de un envoltorio transparente, que se llama arilo, que contiene la parte jugosa y comestible, o sea la pulpa, la cual es muy sabrosa (Cerdas y Castro, 2003) (Figura 1.2. e).

Tallo

El tallo de la granadilla es herbáceo y leñoso hacia la base, cilíndrico, voluble; le da soporte a la planta y almacena agua. El tallo y las ramas presentan nudos cada 12 o 15 cm; en cada uno de estos se encuentran siete estructuras: una hoja, dos brácteas o estipulas, dos yemas florales al interior de las brácteas, una yema vegetativa y un zarcillo (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 1.2. f).

Brácteas: La función de las brácteas es proteger las dos yemas florales.

Zarcillos: los zarcillos son estructuras filamentosas en forma de espiral que se presentan en las axilas de las hojas para que la planta pueda adherirse y sostenerse para su tutorado (Fischer *et al.*, 2010).

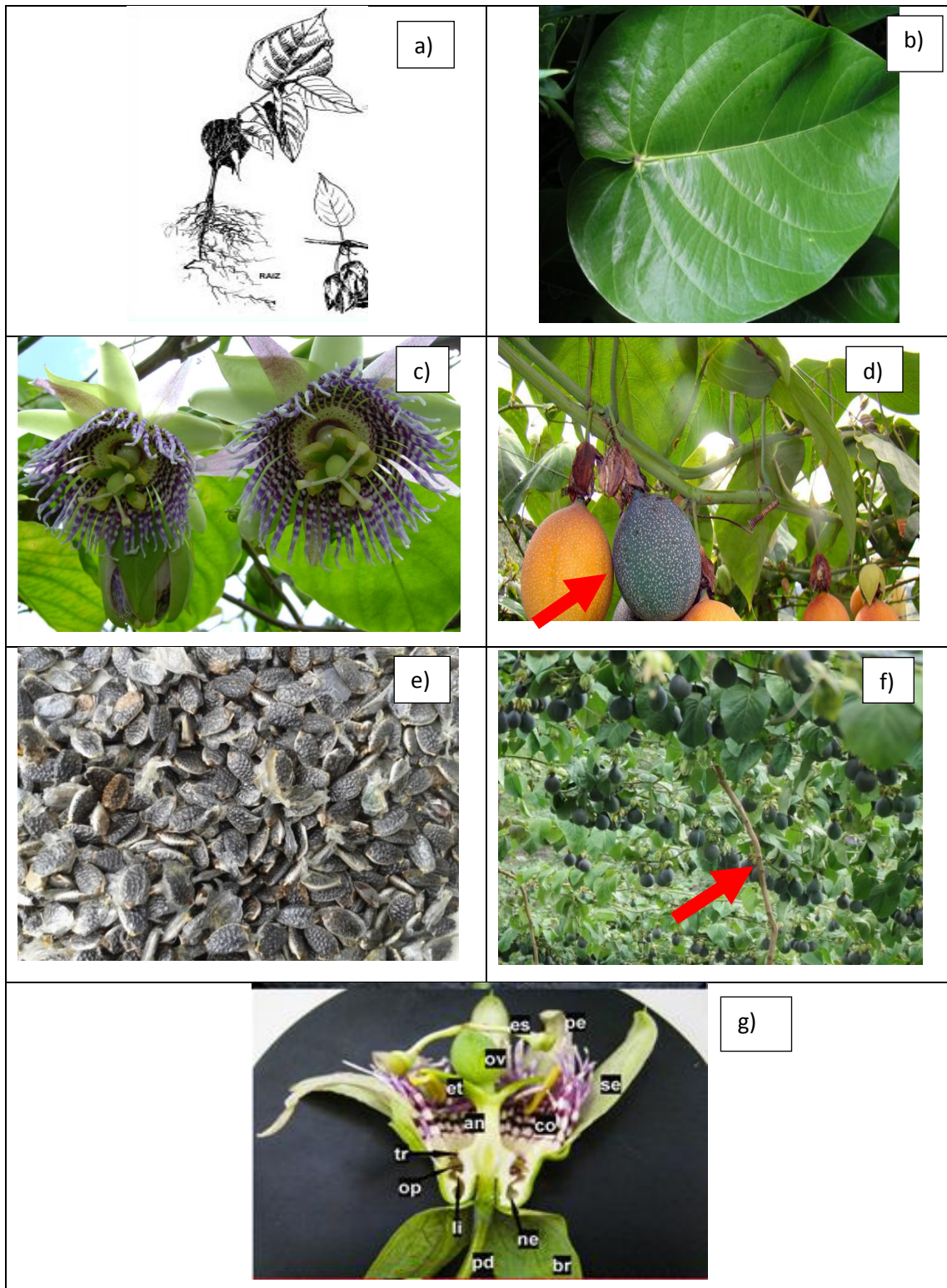


Figura 1.2. Descripción botánica de la granadilla a) raíz, b) hoja, c) flor, d) fruto, e) semilla, f) tallo y g) estructura de la flor: an: androgínóforo, br: bráctea, co: corona, es: estilo, et: estambre, hi: hipanto, li: limen, ne: nectaroteca, op: opérculo, ov: ovario, pe: pétalo, pd: pedúnculo, se: sépalo, tr: tróclea.

Taxonomía del cultivo

Nombre común: Granadilla, Granada china, granada de moco.

Reino: plantae

Subreino: spermatophyta

División: angiosperma

Clase: dycotiledonea

Subclase: Archiclamydae

Orden: parietales

Suborden: flacaurtiineas

Familia: passifloraseae

Género: passiflora

Especie: ligularis Juss

Nombre científico: *Passiflora ligularis* Juss

Variedades de passiflora

Debido a que la especie es de polinización cruzada, se presenta una alta variabilidad genética que impide definir variedades en el estricto sentido de la palabra. Los cruzamientos naturales han permitido el desarrollo de distintos tipos de granadilla que se conocen actualmente en los mercados (Ríos, 2012).

La granadilla, solo tiene una única variedad que es conocida como la amarilla. A pesar de esto, el fruto en si posee una gran variabilidad genética en sus características internas de numero de semillas, calidad de pulpa y grosor de la cascara; y en sus características externas hay variabilidad en el color de la cascara el cual puede ser amarillo, amarillo precoz a anaranjado

y en la forma del fruto puede ser redondo u ovoide (elipsoidal) (Benalcázar *et al.*, 2001).

Los productores de granadilla utilizan con preferencia un sistema de clasificación relacionado con la procedencia o sitio de cultivo de la semilla.

Criolla: es una fruta grande, redonda y de exocarpio y mesocarpio grueso; posee un peso promedio de 124 g, pero con muy bajo contenido de pulpa (Rivera *et al.*, 2002).

Pecosa: es una fruta mediana con abundantes puntos blanquecinos grandes, redonda achatada, con exocarpio y mesocarpio medio; pesa 110 g y es relativamente pesada en relación con su tamaño (Rivera *et al.*, 2002).

Valluna: es un tipo de fruta mediana, alargada-oval, con exocarpio y mesocarpio delgado; pesa 120 g y tiene alto contenido de pulpa (Rivera *et al.*, 2002).

Urrao: es una fruta grande, redonda-achatada, de corteza gruesa y con un contenido de pulpa menor que la valluna (Rivera *et al.*, 2002).

Las *Passifloras* son especies herbáceas o semileñosas; usualmente presentan zarcillos axilares. La mayoría de las especies agrupadas en esta familia son frutas comestibles. Están distribuidas en Norteamérica y Suramérica, la región Caribe, islas Galápagos, África, Asia, Oceanía, Filipinas y Australia. Nuestro continente es el centro de diversidad del género *Passiflora*, que comprende 95% de todas las especies. En Colombia se encuentra el mayor número de especies del género *Passiflora* (135), siguen Brasil (114), Ecuador (76), Perú (73), México (69) y Venezuela (49) (Fisher *et al.*, 2010). En México se encuentran 11 en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Medina *et al.*, 2007).

El género *Passiflora* es el mayor de la familia *Passifloraceae*, comprendiendo casi 400 especies nativas de regiones tropicales y subtropicales. Algunas de las más reconocidas se mencionan en el (Cuadro 1.2.).

Cuadro 1.2. Especies de *Passifloras* de la familia *Passifloraceae*.

Nombre común	Nombre científico
Granadilla	<i>P. ligularis</i> Juss
Maracuyá morado	<i>P. edulis</i> Sims
Maracuyá amarillo	<i>P. edulis f. flavicarpa</i> Degener
Ñorbo o ñorbuto	<i>P. foetida</i> L. var. <i>Gossypiifolia</i>
Tumbo	<i>Passiflora quadrangularis</i> L.
Luquin	<i>Passiflora manicata</i> (Juss.)
Desconocido	<i>Passiflora mathewsii</i> (Mast.)
Purushko	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir. var. <i>Mollissima</i>
Desconocido	<i>Passiflora</i> Subgénero <i>Decaloba</i>
Ñorbo	<i>Passiflora punctata</i> L.
Desconocido	<i>Passiflora cispiana</i>
Desconocido	<i>Passiflora viridescens</i>
Desconocido	<i>Passiflora suberosa</i> L.
Purushkito	<i>Passiflora sagasteguii</i>
Poroporo	<i>Passiflora tarminiana</i>

Fuente (Esquerre *et al.*, 2014)

Fenología del cultivo

Etapas vegetativas 0 corresponde a la germinación de la semilla y su duración se estima entre 15 y 20 días, dependiendo de la calidad de semillas, del sustrato de siembra y del manejo de riego (Rivera *et al.*, 2002).

Etapa vegetativa 1 corresponde a la emergencia de la plántula y ocurre en las primeras tres semanas después de la siembra de la semilla; es una etapa totalmente desarrollada en el vivero y en ella se hace el primer trasplante a bolsa cuando se ha utilizado el almacigo (Rivera *et al.*, 2002).

Etapa vegetativa 2 corresponde a la fase de trasplante al sitio definitivo y sucede entre los 65 y 75 días después de la siembra. En esta etapa se realiza la eliminación de chupones basales cuando estas se presentan. La labor más importante es el suministro del riego. Algunos productores incluyen practicas adicionales, como la fertilización foliar o la inoculación de hongos micorrizógenos (Rivera *et al.*, 2002).

Etapa vegetativa 3 se denomina el desarrollo totalmente vegetativo debido a que la planta durante los próximos 100 a 120 días, va producir únicamente estructuras vegetativas, principalmente hojas, chupones y zarcillos (Rivera *et al.*, 2002).

Etapa vegetativa 4 se puede considerar como la fase de transición entre la fase vegetativa y la fase reproductiva; termina cuando la mayoría de las plantas empiezan a formar los primeros botones florales (Rivera *et al.*, 2002).

La etapa reproductiva 1 corresponde a la floración propiamente dicha ya que más del 50% de las plantas presentan flores en cartucho y flores abiertas (Rivera *et al.*, 2002).

La etapa reproductiva 2 es la etapa denominada formación de fruto y tiene una duración aproximada de 50-60 días en condiciones agroclimáticas normales. En esta etapa se presentan se presentan una distribución permanente de fotoasimilados por parte de las estructuras foliares hacia los frutos formados (Rivera *et al.*, 2002).

La fase denominada reproductiva corresponde a los procesos de llenado y maduración del fruto y tiene una duración entre 20-25 días. En condiciones agroclimáticas normales, el cultivo de la granadilla se comporta

como semipermanente y presenta una superposición de fases vegetativas y reproductivas (Rivera *et al.*, 2002).

II. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

La granadilla es de clima subtropical, la especie prospera bien en un clima de frío moderado (Benalcázar *et al.*, 2001).

Altitud

El incremento de la altitud determina varias modificaciones en las condiciones climáticas; la temperatura disminuye 0.6°C, por cada 100 metros de elevación; la precipitación disminuye a partir de los 1300m – 1500 m; la radiación, la luz ultravioleta y el infrarrojo se aumentan; la presión atmosférica se reduce y la intensidad de los vientos se aumenta.

A mayor altitud las plantas crecen más lento y presentan entrenudos más cortos y hojas más pequeñas y gruesas para filtrar la luz ultravioleta; la radiación solar es más alta y la calidad del fruto referida a la coloración y al aspecto sanitario (presenta menos fisiopatías) (Rivera *et al.*, 2002).

El cultivo óptimo de la granadilla se desarrolla a los 1800 metros sobre el nivel del mar; con temperaturas entre los 16 y 24 °C; humedad relativa alrededor del 75%, pluviosidad entre los 1500 a 2500 mm anuales (García *et al.*, 2008).

Para la granadilla alturas menores de 1500 msnm causan poca viabilidad del polen. A alturas inferiores de 1700 msnm, es mayor la incidencia de insectos plaga, y el tamaño de los frutos disminuye, obteniéndose un porcentaje superior al 50% de frutas de segunda calidad, lo que reduce significativamente la rentabilidad del cultivo. En las plantaciones

establecidas superiores a los 2500 msnm, si bien se presentan frutos más grandes y el ciclo de producción es más largo, existe una mayor incidencia de enfermedades fungosas como *Nectria* y *Botrytis*. A esta altitud también se disminuye la población de agentes polinizadores naturales (Rivera *et al.*, 2002).

Suelo

La granadilla se desarrolla bien en terrenos no inundables con buen drenaje, preferentemente sobre suelos de mediana fertilidad; se adapta bien en ultisoles, inceptisoles y oxisoles de baja fertilidad natural, provistos de abundante materia orgánica. Suelos sueltos, de textura liviana, de franca a franco arcillosa, bien drenados, profundos y ricos en materia orgánica, profundidad efectiva del suelo debe ser mayor de 30 cm, el drenaje del suelo debe ser superior a 25 cm, y el pH requerido está entre 5.0 y 6.5, siendo el óptimo 5.5 (Ríos, 2012).

En suelos más ácidos se manifiestan deficiencias de boro, calcio, magnesio y zinc, además se presentan niveles elevados de hierro que hacen que este elemento se asocie con el manganeso (Fe/Mn) lo que origina deterioro de las raíces e ingreso de otros patógenos (Cerdas y Castro, 2003). Aunque en Oaxaca se ha visto este frutal creciendo en terrenos con pendientes superiores al 100% (Andrés *at al.*, 1997).

Luminosidad

La duración, intensidad y calidad de la luz está dentro de los factores climáticos más importantes que determinan la calidad del fruto. La radiación solar, por su función en la fotosíntesis además de influir en el tamaño y calidad del fruto, es importante en la coloración y en el contenido de sólidos solubles (índice refractómetro) que presenta el fruto en su madurez.

La luminosidad influye sobre el desarrollo de la granadilla, principalmente sobre la superficie dosel expuesta, interviniendo en procesos como la diferenciación de primordios florales y la coloración del fruto, por la

formación de azúcares y pigmentos siendo indispensable en la síntesis de antocianinas (Rivera *et al.*, 2002).

La luminosidad ideal es de 5 a 7 horas diarias de intensidad y la calidad de la luz.

Riego

El agua es el principal constituyente del fruto (80-95%) y las funciones relacionadas con la obtención de frutos de calidad, como la actividad fotosintética, el transporte y metabolismo de las sustancias (azúcares, ácidos), la estructura (estabilidad, elasticidad), y turgencia (forma y tamaño del fruto), están íntimamente relacionados con su suministro.

En las especies frutícolas como la granadilla, en las que la floración y la fructificación se presentan durante todo el año, la precipitación debe ser bien distribuidas en todos los meses. Cuando falta el agua en fases críticas, como brotación de yemas florales, fecundación, cuajado y llenado, los frutos se quedan pequeños o se caen. El estado de mayor demanda de agua por el fruto es durante su llenado; la maduración se requiere en menor proporción. Un suministro equilibrado de agua asegura un contenido adecuado de carbohidratos y ácidos en el fruto al momento de la madurez y menor velocidad de degradación durante la postcosecha (Rivera *et al.*, 2002).

El cultivo de granadilla requiere 10,000 m³/año, sin descuidar las épocas de floración y cuajado especialmente. Existe buen desarrollo bajo precipitaciones pluviales entre 1000 a 1200 mm, bien distribuidos durante el año.

Para que una planta logre obtener la cantidad de sales minerales necesarias para su desarrollo requiere absorber grandes cantidades de agua. La mayor parte del agua tomada por la planta, después tiene que ser eliminada a través de un proceso de transpiración realizado por las hojas. Sobre este último se puede añadir que, en el estado de Oaxaca, el cultivo en cuestión

prospera bien bajo condiciones de temporal con una precipitación inferior a 1000 mm al año. Consecuentemente se puede indicar que las plantas son tolerantes a sequia (Andrés *et al.*, 1997).

Humedad relativa

En general la humedad relativa influye sobre la temperatura del aire, presencia de vientos, nieblas y llovizna. Disminuye la insolación, dificulta la transpiración, crea un ambiente favorable al desarrollo de enfermedades y disminuye el efecto de las aspersiones agroquímicas. En casi todas las especies frutícolas una humedad relativa entre 60-80% es recomendable para los procesos de polinización y para regular la transpiración. Se recomienda para la granadilla una humedad relativa del 80%, para favorecer la viabilidad del polen y la receptividad de factores importantes para la polinización y fecundación alta y uniforme. Los efectos de una humedad relativa (<40 %), acompañada de vientos calurosos se manifiestan en marchites de flores, deshidratación y disminución de la fotosíntesis por el cierre de estomas y la muerte de brotes tiernos (Rivera *et al.*, 2002).

Vientos

Los vientos excesivos en el cultivo de granadilla afectan en forma indirecta el proceso de floración, ya que las especies encargadas de esta labor (abejas y abejorros), se desplazan mejor en ambientes con poco viento. También pueden ocasionar daños mecánicos en las flores pudiendo desecar prematuramente el estigma y el estilo, reduciendo el desarrollo tubo polínico y la germinación del polen. En ambientes en clima se obtiene un mejor cuajamiento de los frutos. Los vientos secos con temperaturas altas producen aumento en la tasa de respiración, desecación de las hojas y disminución de los índices de crecimiento (Rivera *et al.*, 2002).

Temperatura

La granadilla se comporta muy bien a temperaturas que oscilan entre 14 y 24°C con un óptimo entre 16 y 18°C; las temperaturas superiores aumentan en forma significativa el consumo de agua y fertilizantes, por otro lado, las temperaturas inferiores al óptimo conllevan a una mayor duración de la planta, pero con crecimiento lento y baja producción (Fischer *et al.*, 2009).

Temperaturas menores a 10 - 12°C disminuyen la fecundación e incrementan los abortos florales entre 90 y 95%; además ocasionan el cuarteamiento de los frutos nuevos (Rivera *et al.*, 2002). Sin embargo, llega a tolerar temperaturas extremas, que resiste suficientemente al frío, inclusive resiste a heladas, aunque es dudoso si logra sobrevivir a temperaturas de 2 a 3°C bajo cero. Aunque al respecto se puede agregar que es posible que tolere temperaturas mucho más inferiores puesto que, en el caso del estado de Oaxaca, cuando se presentan las heladas fuertes solamente se ven daños moderados en las hojas más jóvenes (Andrés *et al.*, 1997).

La temperatura afecta de manera indirecta el comportamiento de los agentes polinizadores; temperaturas entre 20-22°C fomenta el vuelo de las abejas, aumentando el número de flores polinizadas, aspecto de vital importancia en la granadilla.

Fertilización

La cantidad de fertilizante que se debe usar depende de la reserva del suelo y los requerimientos de la planta, por tanto, se recomienda, previo a la fertilización, hacer un muestreo y análisis de suelo (Cerdas y Castro, 2003).

Las necesidades y niveles de absorción de nutrientes por el cultivo de granadilla son parcialmente conocidos, no hay información disponible acerca de las etapas del desarrollo del cultivo y su relación con la nutrición, y la fertilización realizada por los agricultores depende de otros criterios. Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un

nutriente y muestra las cantidades de este elemento que son extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción de nutrientes depende del genotipo, la edad y su estado fenológico; así como de factores externos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, la humedad relativa, el brillo solar, la temperatura del suelo, entre otras (Miranda *et al.*, 2015).

Calidad del agua de riego para el cultivo de granadilla

Muchas de las aplicaciones de fertilizantes (disoluciones de fertilizantes en agua, fertirriego, hidroponía, etc.) se pierden debido al desconocimiento de los parámetros de calidad de las aguas empleadas, tanto para el riego como para la mezcla de fertilizantes. Para este análisis, también las técnicas de muestreo son fundamentales dependiendo de la fuente a analizar (agua de reservorio, aljibes, nacimientos, aguas corrientes, entre otras), el recipiente utilizado para coleccionar la muestra, lo mismo que su almacenamiento, el reporte de la muestra y la oportunidad de entrega al laboratorio. De igual manera, son importantes las técnicas analíticas, los parámetros de calidad y la interpretación de los resultados, de acuerdo con el cultivo a regar, fertirrigar o abonar.

De acuerdo con una recopilación de datos sobre análisis de calidad de aguas para lotes cultivados de granadilla los autores proponen los siguientes parámetros de calidad del agua (Cuadro 2.1.).

Los datos de la tabla constituyen una guía de apoyo para los técnicos quienes podrán utilizar la información para ajustar soluciones de fertirriego o aplicaciones de fertilizantes en agua haciendo los balances iónicos respectivos de acuerdo con la información obtenida de los análisis del agua de sus fincas.

Diagnóstico de la fertilidad del suelo para granadilla

Esta actividad es realizada en laboratorios especializados pero sus resultados dependen de la técnica de muestreo en campo, de la preparación de la muestra en el laboratorio, de las técnicas analíticas utilizadas, de la presentación del reporte analítico y de la interpretación del análisis por especialistas con conocimiento del cultivo. El conocimiento de la cantidad total de los nutrientes individuales en los suelos, tiene un valor muy limitado para predecir el suministro de los mismos para el crecimiento vegetal. La disponibilidad de cada nutriente en el suelo, o cantidad efectiva es menor que la total, e incluso está pobremente correlacionada con esta última. En los intentos para caracterizar químicamente los suelos desde el punto de vista del suministro de nutrientes para las plantas, el objetivo es determinar su disponibilidad y no la cantidad total (Miranda *et al.*, 2015) (Cuadro 2.2.).

Cuadro 2.1. Parámetros de calidad del agua

Parámetro	Rango adecuado	Unidades	Método de análisis
Ph	5.5 -6.5	mg L ⁻¹ como CaCO ₃	Potenciométrico
OH ⁻	0.00	mg L ⁻¹	Titulación con H ₂ SO ₄ 0.02
CO ₃ ²⁻	0.00	mg L ⁻¹	Titulación con H ₂ SO ₄ 0.02N
HCO ₃ ⁻	30-50	mg L ⁻¹ (ppm)	Titulación con H ₂ SO ₄ 0.02N
Cl ⁻ (Cloruros)	50-80	mg L ⁻¹ (ppm)	Titulación con AgNO ₃ 0.0141N
SO ₄ ²⁻ (Sulfatos)	30-40	mg L ⁻¹ (ppm)	Método gravimétrico con Cloruro de Bario
PO ₄ ³⁻ (Fosfatos)	5-10	mg L ⁻¹ (ppm)	Valoración colorimétrica con Cloruro estaníoso
NO ₃ ⁻ (Nitratos)	0-1	mg L ⁻¹ (ppm)	Valoración colorimétrica del ácido fenoldisulfónico
Ca ²⁺	20-30	mg L ⁻¹ (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
K ⁺	10-20	mg L ⁻¹ (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
Mg ²⁺	10-20	mg L ⁻¹ (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
Na ⁺	<3.0	mg L ⁻¹ (ppm)	Espectrometría de absorción atómica

NH ₄ ⁺ (Amonio)	0-1	mg L ⁻¹ (ppm)	Nessler, valoración colorimétrica
Boro	<0.30	mg L ⁻¹ (ppm)	Manitol, titulación potenciométrica
CE (Conductividad eléctrica)	<1.5	dS/m	Conductímetro, medición a 25°C
RAS (Relación de adsorción de Na)	2 - 5	RAS (meq/L)	Relación entre el Na y el Ca+Mg
CSR (Carbonato de sodio residual)	1.0-1.25	CSR (meq/L)	= (HCO ₃ ⁻) + (CO ₃ ²⁻) - (Ca ²⁺) - (Mg ²⁺)
Dureza	<14	Grados franceses	mg/L Ca 2.5 + mg/L Mg 4.12

Fuente: (Miranda *et al.*, 2015).

Cuadro 2.2. Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para el cultivo de granadilla.

Características o elemento	Rango adecuado
Ph	5.5 - 6.5
Textura	F, Far, Fa
CE	< 1.5 dS/m
Materia orgánica	2.5 - 5 %
Fósforo	20-30 ppm
Potasio	0.4 - 0.6 meq/100g
Calcio	4-6 meq/100g
Magnesio	1.5-2.5 meq/100g
Azufre	10-15 ppm
Sodio	0 - 3 cmol/Kg
Hierro	40 - 50 ppm
Cobre	1 - 1.5 ppm
Manganeso	5 -10 ppm
Zinc	3 -5 ppm
Boro	0.2 - 0.4 ppm

Fuente: (Miranda *et al.*, 2015).

La mayoría de fórmulas comerciales tienen nitrógeno, fósforo y potasio, que son las fórmulas completas. Aunque en el cultivo de granadilla aún no se tiene información del requerimiento de nutrientes, si los hay en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) que pertenece a la misma familia que la granadilla (Cuadro 2.3.).

Cuadro 2.3. Requerimientos de nutrientes de *Passiflora edulis*.

NUTRIENTE	CANTIDAD/HA
Nitrógeno	205 kg
Potasio	184 kg
Calcio	151 kg
Azufre	25 kg
Fosforo	17 kg
Magnesio	14 kg
Manganeso	2.81 kg
Hierro	779 g
Zinc	216.9 g
Boro	295 g

Fuente (Cerdas y Castro, 2003).

Síntomas de deficiencia

Nitrógeno. Se muestran síntomas típicos de deficiencias de Nitrógeno en plantas adultas de granadilla. Se observa clorosis generalizada de las hojas maduras y menor tamaño de la lámina foliar (Figura 2.1. a).

Potasio. Se muestran síntomas típicos de deficiencias de K en plantas de granadilla (hojas y fruto) cultivadas en campo. Los síntomas en la hoja se presentan en hojas maduras de la planta y se caracterizan por clorosis marginal de la hoja y posterior necrosis de la nervadura central. En los frutos se observa malformación de forma irregular profunda, con una cicatriz de forma irregular con necrosamiento del tejido que impide su crecimiento en el área afectada (Figura 2.1. b).

Fósforo. Se muestran síntomas típicos de deficiencias de P en plantas de granadilla cultivadas en campo. Se observa caracterizado por una coloración oscura de la hoja con abultamientos en la zona intervenal; posteriormente estas zonas se tornan de un verde intenso y después se tornan moradas. Los bordes de la lámina foliar son ondulados y el tamaño de la lámina es reducido (Figura 2.1. c).

Calcio. Se muestran hojas y frutos de granadilla con síntomas típicos de deficiencias de Ca en plantas cultivadas en campo. Se observa deformación de los bordes de la lámina foliar y necrosis de las hojas nuevas que son de menor tamaño. Los zarcillos son más cortos y delgados que en plantas normales. En los frutos se observan cuarteamientos de la corteza poco profundos muy posiblemente debidos a rompimientos de las paredes celulares debido a la deficiencia (Figura 2.1. d).

Magnesio. Se muestran síntomas típicos de deficiencias de Mg en plantas de granadilla cultivadas en campo. Se observa clorosis intervenal, con una franja estrecha de tejido verde rodeando las nervaduras ocasionando amarillamiento posterior de la lámina foliar (Figura 2.1. e).

Azufre. Se muestra deficiencia severa de Azufre en plantas cultivadas en campo. Debido a la movilidad intermedia del azufre en la planta se observan síntomas de la deficiencia en hojas nuevas, la coloración de las hojas es amarillo claro y con los bordes de las hojas cerrados (Figura 2.1. f).

Boro. Se muestran frutos de granadilla con síntomas típicos de deficiencia de B. Los síntomas iniciales aparecen en las hojas nuevas de la planta que se tornan de aspecto coriáceo y de menor tamaño que una hoja normal, presentando además ondulaciones en los bordes y con un acortamiento de los entrenudos en la zona terminal de la rama. En los frutos se observan abultamientos y engrosamientos en la corteza y menor tamaño de la cavidad seminal (Figura 2.1. g).

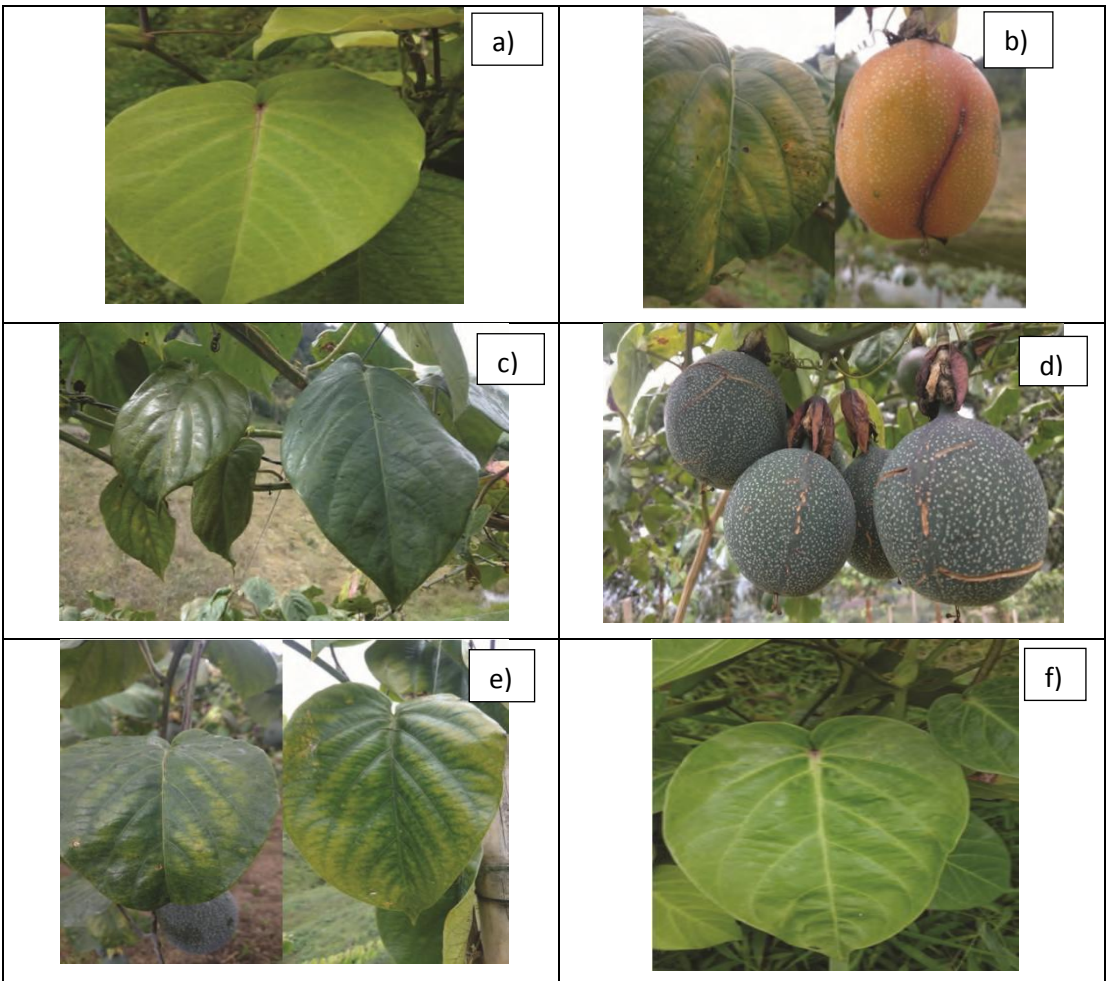
Manganeso. Se manifiesta por clorosis intervenal desde la nervadura central hacia los bordes de la hoja. En estados avanzados de la deficiencia se presenta necrosamiento de las manchas que inicialmente aparecían cloróticas (Figura 2.1. h).

Zinc. Se observa acortamiento en los entrenudos de las ramas, reducción del crecimiento de la lámina foliar que toma una forma ahusada (Figura 2.1. i).

Enmienda recomendada

Encalado. Es una práctica muy apropiada y económica para corregir la acidez del suelo, que consiste en la aplicación de sales básicas, como el carbonato de calcio (CaCO_3). Los suelos de áreas tropicales, con precipitación alta, son ácidos y pobres en nutrientes (Cerdas y Castro, 2003).

El elevado contenido de Ca de la gallinaza genera un efecto neutralizador de la acidez del suelo. Con respecto al P, la gallinaza es una excelente fuente al producir un efecto indirecto sobre las formas de P presentes en el suelo (Rivera *et al.*, 2002).



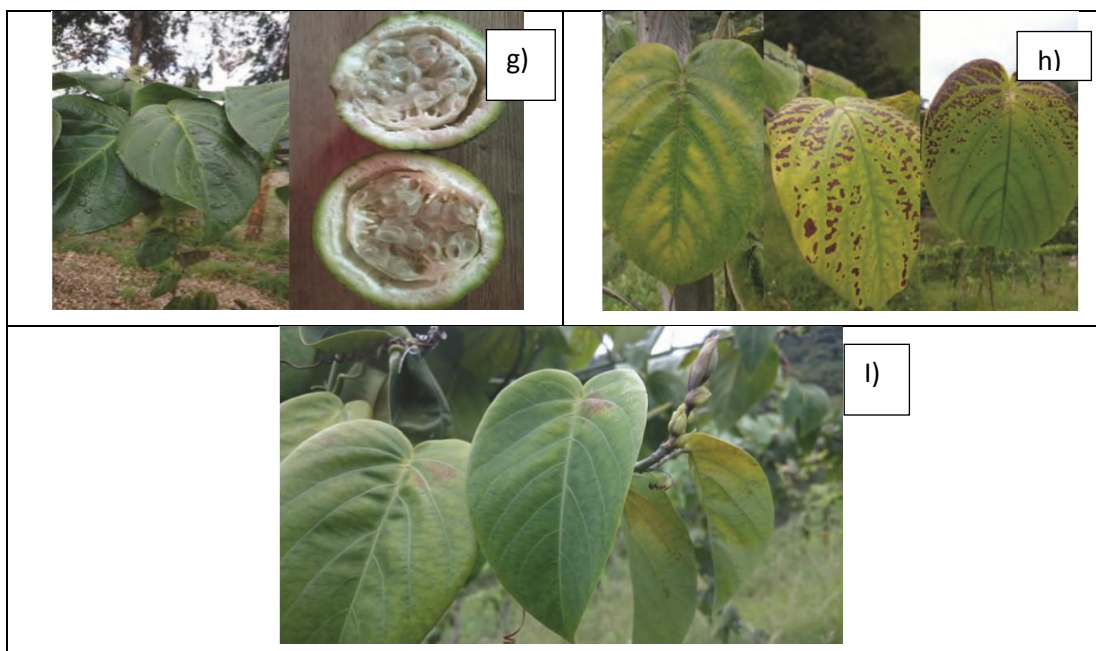


Figura 2.1. Síntomas de deficiencias nutricionales, a) nitrógeno, b) potasio, c) fósforo, d) calcio, e) magnesio, f) azufre, g) boro, h) manganeso y i) zinc.

Plagas y enfermedades de interés económico

La granadilla es susceptible al ataque de plagas, entre las que sobresalen: larva masticadora, las cuales atacan las hojas de la granadilla y pueden producir una completa defoliación y llegar a matar las plantas en el vivero; otra plaga es la araña roja, la cual ataca en los meses de sequía (Benalcázar *et al.*, 2001).

Plagas

Comedores de follaje. Entre los daños más importantes, se encuentran los ocasionados por larvas del orden Lepidoptera y en particular especies como: *Dione juno* (Lepidoptera: Heliconiinae) y *Agraulis vanille* (Lepidoptera: Heliconiinae), que atacan la planta durante toda la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo. Su presencia y distribución se han reportado en cultivos de passiflora en toda Suramérica (Carrero, 2013). Una de las plagas más importantes desde el punto de vista de la intensidad de los daños ocasionados es la larva de la "palomilla". El adulto es un lepidóptero de color rojo-amarillento que aparece durante los meses de

octubre a noviembre y deposita los huevecillos de color oscuro en el envés de las hojas y unos siete días después se desarrollan las pequeñas larvas de color café oscuro, conforme pasa el tiempo crecen hasta unos 3-4 cm y se vuelven más voraces. Estas larvas son de hábito alimenticio masticador y atacan hoja por hoja al inicio de su desarrollo, después se van difundiendo en otras hojas. El daño es producido al comerse las hojas que de no controlarse a tiempo se pueden causar defoliaciones intensas y a la vez se multiplican. Se puede controlar esta plaga con aplicaciones de insecticidas tales como Paratión Metílico en cantidades de 50 a 70 ml por bomba de 20 L (Andrés *et al.*, 1997) (Figura 2.2. a).

Las aspersiones con *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki. Dimetoato o Cipermetrina, reducen las poblaciones de estos insectos (Rivera *et al.*, 2002).

Trips (*Trips* sp.). El daño que causan estos insectos reviste importancia económica debido a que pueden disminuir drásticamente la producción de la fruta, ya que el ataque de los trips se concentra en las yemas florales causando su desprendimiento de la planta. Estos insectos tienen la capacidad de actuar como transmisores de virus. Entre los principales hospederos de trips se encuentran la granadilla y el maracuyá, por tanto, se recomienda un control estricto de estos insectos (Fischer *et al.*, 2010). Los Trips spp. (*Thysanoptera: Thripidae*), los cuales, afectan los puntos de crecimiento de las plantas, provocando en las hojas amarillamiento y encrespamiento, reduciendo el área fotosintética y causando pérdidas en la generación de flores y frutos (Carrero, 2013) (Figura 2.2. b).

Uno de los métodos más utilizados para su control consiste en la colocación estratégica de trampas en el cultivo (ubicados entre 1.2 m de altura), para la captura de adultos.

Como controles biológicos se han registrado parásitos de larvas de *Dasycaphus* sp. Como predadores: *Laucochrysa varia* Sehn. *Chrysopa claveri*. *Paracamus* sp. *Termatophylidea maculosa* Usinger, *Triphelps* sp. Y

Wasmania auropunctata Roter. Como patógeno se han identificado *Beauveria globulifera* y *Cephalosporium* sp. (Rivera *et al.*, 2002).

Mosca de la fruta (*Anastrepha curitis* Stone). Constituye una de las plagas principales de los frutales debido al daño directo que causa a las frutas y a las pérdidas económicas que originan. La larva ataca la fruta, que presenta arrugamiento y posteriormente cae. Es importante realizar control preventivo mediante desinfección del suelo en donde se establezcan los semilleros y almácigos; de igual manera, se recomienda el control de dípteros con trampas antes del ataque a las frutas (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 2.2. c).

Otro grupo de insecto plaga que afecta los cultivos de granadilla son los de la familia *Coreidae* especies de los géneros *Leptoglossus spp.* y *Diactor spp.* Los estados inmaduros y los adultos de estos insectos ocasionan perforaciones en los tallos, hojas, botones florales y frutos (Carrero, 2013).

Mosca del ovario floral (*Dasiops inedulis*). Causa daños en el crecimiento de los botones, flores y frutos, debido a que consume internamente las estructuras de los órganos, imposibilitando el desarrollo completo y causando la caída de todos los órganos y la reducción en la formación y producción del fruto. Debido a que los estados inmaduros de esta mosca ocurren dentro del órgano floral, se presenta una considerable dificultad para el agricultor cuando pretende aplicar cualquier tipo de estrategia para la reducción de poblaciones del insecto (Carrero, 2013). Comienzan a alimentarse del líquido de las anteras inmaduras; el ataque es más severo en los botones florales de tamaños medios entre 1 y 3 cm de longitud y se presenta en promedio hacia los 20 días de edad del botón. Su ciclo es de un mes aproximadamente (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 2.2. d).

El porcentaje de infestación en frutos por *D. inedulis* registró un patrón temporal de tres picos de presencia en los meses de agosto (30%), enero (25%) y julio (43%). En botones se observaron dos picos en los meses de agosto (19.5%) y julio (23%). Aunque, se registró infestación en flores no fue superior el 5% en todo el estudio, por lo que no se tuvo en cuenta para los análisis (Carrero, 2013).

Unas de las prácticas más utilizada para interrumpir el ciclo de vida de *Dasiops spp.* es la recolección de botones florales y frutos caídos o con síntomas de daño e introducirlos en una fosa, cubierta con una capa delgada de cal y posteriormente una capa de tierra de 60 cm. También se ha explorado efectos insecticidas con extractos vegetales contra adultos de *Dasiops spp.* en cultivos de granadilla, teniendo éxito con *Ricinas communis* al 25% con 40% de mortalidad y *Hura crepitans* al 5% con 72,5% de mortalidad de *D. inedulis* en estos cultivos. La mayor presencia de estos depredadores se encontró sobre los órganos vegetativos (botones, flores y frutos) con un 65% seguido de las hojas con un 22% y los tallos con un 13%. Los depredadores más abundantes fueron de las familias Vespidae con 44 % y Chrysopidae con 35.5 % (Carrero, 2013).

Los patógenos son en su mayoría microorganismo, virus, hongos y microsporidia, que adoptan una estrategia de vida para vivir con invertebrados, a los que a final les causan enfermedad y posteriormente la muerte. En este sentido, se recomienda un manejo biólogo con liberaciones de *Pachicrepoideus sp.* (*Pteromalidae*) para el control de pupas de *Dasiops spp.* en cultivos de maracuyá (Carrero, 2013).

Se registró un total de 157 depredadores forrajeros en 358 transectos (20x1m), la mayor presencia de estos depredadores se encontró sobre los órganos vegetativos (botones, flores y frutos) con un 65% seguido de las hojas con un 22% y los tallos con un 13%. Los depredadores más abundantes fueron de las familias Vespidae con 44 % y Chrysopidae con 35.5 %. Aunque no se encontró una relación, se registraron especies como

Polistes sp., *Protopolybia sp* y telarañas de la familia *Nesticidae* en los diferentes órganos de granadilla depredando adultos de *D. inedulis* (Carrero, 2013) (Figura 2.2. e).

Araña roja (*Tetranychus pos mexicanus*). Este acaro se reproduce mediante partenogénesis facultativa: la duración de las diversas etapas varía de acuerdo con las condiciones ambientales. Es un acaro de color rojo que ubica sus colonias en el envés de las hojas más viejas. Cuando las infestaciones son graves se presentan en todas las partes de la planta. Al succionar la savia causan zonas cloróticas y cuando atacan severamente secan las hojas. La diseminación se hace a través de los vientos fuerte (Rivera *et al.*, 2002). Según Andrés *et al.*, (1997) la arañita roja (*Tetranychus mexicanus*) chupa la savia del follaje ocasionando un color blanquecino, y si la incidencia es fuerte, provoca secamiento y caída de las hojas para el control de este acaro se sugiere productos químicos, tales como: Nuvacron (0.1%), Azodrin (0.1%), Agritoato (0.15%), Diazinon (0.15%), Nuvan (0.1%), y Phosdrin (0.2%) (Andrés *et al.*, 1997) (Figura 2.2. f).

Para su control biológico se recomienda *Zetsellia mail*, *Scolothrips longicornis*, *Geocoris sp.*, *Orlus majusculos*, *Anthocoris nemorum*, *Diaphnidia capitata* y *Colomegilla maculata*. Para el control químico se puede hacer con acaricidas, dos o tres veces durante la época crítica por lo general en verano ya que los ácaros presentan resistencia (Rivera *et al.*, 2002).

Además de insectos, existen otros artrópodos como los ácaros que se registran como plaga, causando malformaciones, decoloración, necrosis y finalmente la caída de las hojas. Entre las especies de ácaros reportadas para cultivos de *Passiflora* están *Brevipalpus phoenicis*, y *T. desertoru* (Carrero, 2013).



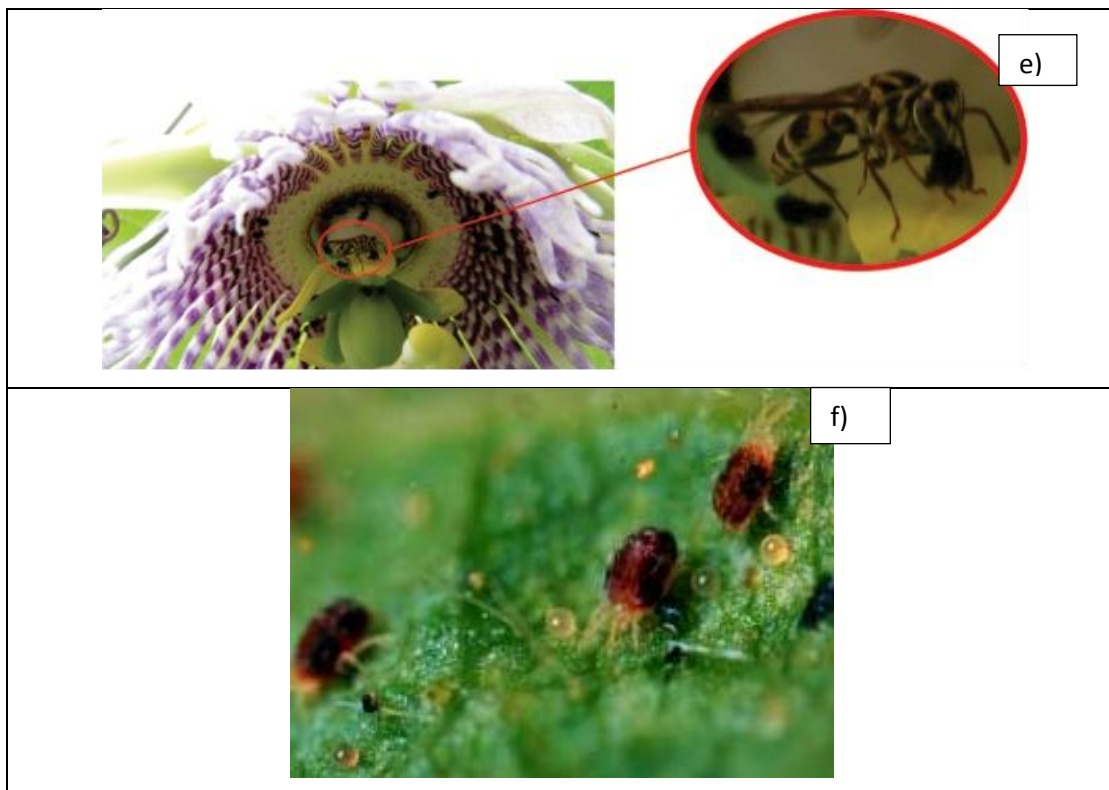


Figura 2.2. Principales plagas que atacan a la Granadilla a) larvas de lepidóptera *Dione juno*, b) daño de botones florales y hojas tiernas caudado por trips, c) *Anastrepha*, d) Evento de ovoposición en ovario floral de *D. inedulis*, e) Depredación de *Protopolybia* sp. a *D. inedulis* en flor de *P. ligularis* y f) Ninfas y adultos de *Tetranychus pos mexicanus*.

Enfermedades

Dentro de las enfermedades que pueden afectar la planta se encuentra el *Oídium*, hongo que se presenta en ocasiones en el follaje tierno de la planta suele aparecer por el mal manejo del huerto o a cambios bruscos de humedad y temperatura del ambiente. Otra enfermedad es el *Botrytis*, que conlleva la pudrición de flores y frutos, se presenta debido a la alta humedad, por encamamiento o alta densidad de las ramas (Benalcázar *et al.*, 2001).

Damping-off (*Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp.). La enfermedad es ocasionada por un complejo de hongos (*Pythium* sp. y *Rhizoctonia* sp.) que

se encuentran en el suelo. El ataque de estos patógenos se presenta en semilleros causando volcamiento y pudrición de las plántulas. La lesión se localiza en el cuello de las plántulas, produciendo necrosis y estrangulamiento del tallo. Cuando la enfermedad se presenta en semilleros, después de la emergencia se recomienda eliminar las plántulas afectadas (Fischer *et al.*, 2010).

Estos hongos son habitantes naturales del suelo, por lo cual su control debe ser preventivo, mediante el tratamiento químico o físico del suelo. La aplicación de Previcur N (Propamocarb) dosis de 1cc/L o Derosal (Carbendazim) en dosis de 0.5 cc/L, dirigido en las calles entre los surcos de las plántulas (Rivera *et al.*, 2002).

Pudrición seca de la raíz (*Nectria haematococca* Berk). La secadera se considera el problema patológico más importante en el cultivo de la granadilla *Passiflora ligularis*. Es una enfermedad fungosa cuyo agente causante es el hongo *Haematonectria haematococca* Berk & Broome y su fase anamórfica es *Fusarium solani*. Este hongo puede sobrevivir por mucho tiempo en el suelo y en residuos de cosecha; generalmente requiere heridas para penetrar a la planta y colonizar sus tejidos. Estas heridas pueden ser cuarteaduras naturales de la corteza, heridas causadas por insectos, nematodos o por el hombre durante las labores culturales de desyerba y trasplante. Cuando esta enfermedad ataca desde la etapa de semillero, las plántulas presentan amarillamiento, crecimiento deficiente y finalmente la muerte (Restrepo *et al.*, 2011)

La infección se presenta en las plantas en diferentes estados de desarrollo. Los primeros síntomas se presentan en plántulas de 20 a 30 días de edad, que genera estancamiento en su desarrollo y produce la caída de las hojas adultas. En el sitio de inserción de la hoja desprendida se observa necrosis de color marrón; a medida que la enfermedad avanza, cubre parcialmente el tallo. Las hojas afectadas presentan quemazón sistémica de color marrón

claro que se extiende sobre las nervaduras; luego las hojas caen. A medida que la enfermedad avanza, se produce la muerte de la planta (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 2.3. a).

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). La antracnosis es una enfermedad muy frecuente en la mayoría de las especies de frutales tropicales; es causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. Afecta hojas, tallos y frutos de la granadilla. Se presenta como manchas necróticas irregulares, principalmente a lo largo de las nervaduras; estas lesiones son oscuras y generalmente avanzan hacia el pecíolo (Restrepo *et al.*, 2011).

El patógeno en la etapa de desarrollo presenta lesiones de tamaño variable y color negro con numerosos acérvulos en el tallo; el micelio se desarrolla densamente y se torna oscuro a medida que envejece. En los frutos, las lesiones son hundidas, redondeadas, secas y de color marrón; se observan puntuaciones negras que corresponden a los acérvulos subepidemiales (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 2.3. b).

Mildeos polvosos y blancos (*Oidium* sp., *Ovulaliosis* sp.). El mildéu polvoso causado por el hongo *Oidium* sp. y el mildéu blanco causado por el hongo *Ovulaliosis* sp. El primero afectó las hojas presentando lesiones difusas individuales de tamaño variable y color blanco en el haz. A medida que la enfermedad avanza, gran parte de la lámina foliar se cubre de una capa blanca constituida por estructuras somáticas y reproductivas del hongo; también afecta los tallos y frutos (Fischer *et al.*, 2010).

Resultados de laboratorio indican que los fungicidas más eficientes son: Manzate, Difolatan, Dithane m-45, Kocide 1001 causando total inhibición en a la esporulación y permitiendo solo 26 % de crecimiento micelial (Rivera *et al.*, 2002).

Moho gris (*Botrytis cinerea*). El hongo *Botrytis* crece rápidamente y produce gran cantidad de micelio gris y esporas sobre las lesiones, por lo cual la enfermedad toma ese nombre. El crecimiento del patógeno es favorecido por la alta humedad relativa y el viento que ayuda a la diseminación de las esporas. Puede sobrevivir en el suelo en forma de estructuras de resistencia llamadas esclerocios, o por el micelio en tejido vegetal en descomposición. La enfermedad empieza como pequeñas manchas pálidas o de tono grisáceo y aspecto húmedo en hojas y sépalos de la flor o lesiones oscuras, hundidas y de bordes definidos en los tallos. En flores y frutos tiernos ocasiona pudrición cubriendo las estructuras con el moho gris. El exceso de sombra favorece el desarrollo de esta enfermedad (Restrepo *et al.*, 2011).

Manejo biológico- Hacer aspersiones foliares con especies del hongo antagonista *Trichoderma*, en dosis de 2 gramos por litro de agua.

Moho negro de los botones florales (*Rhizopus stolonifer*). El hongo ataca a los pedúnculos y las flores desde su formación: en los pedúnculos que sostienen los botones florales ocasiona una lesión color café que avanza por la corona produciendo la caída del botón y en las flores recién abiertas se puede observar micelio color negro. La enfermedad es favorecida en condiciones de lluvias continuas y temperaturas bajas. La enfermedad también se ve favorecida por la presencia de moscas que atacan las flores, dado que las heridas son sitio de entrada para el patógeno (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 2.3. c).

La regulación de la humedad relativa, con prácticas como distancia de siembra adecuada y deshoje periódico que permitan la aireación del cultivo, es la más importante medida de control, al igual que para *Botrytis*. Como la enfermedad se asocia a la presencia de moscas de los botones florales

(insectos que favorecen su diseminación), es necesario controlarlas. Para el control de la enfermedad también pueden utilizarse los fungicidas Carbendazim en dosis de 1 cc/L, Benomyl en dosis de 0.5 g/L, Clorotalonil 2.5 cc/L (Rivera *et al.*, 2002).

Ojo de pollo (*Phomopsis sp.*). Esta enfermedad se presenta en el follaje en forma de manchas circulares de color marrón, concéntricas con el centro más claro y un amplio halo amarillo, características que le dan el nombre a la enfermedad; puede atacar también tallos y frutos, especialmente cuando el tejido es tierno. La enfermedad es causada por los hongos *Phomopsis sp.* y *Diaporthe sp.*, éste último reportado en el departamento de Antioquia En tallos y ramas produce lesiones ovaladas hundidas, color castaño, con anillos sobre los cuales resaltan puntos negros; el tallo principal es únicamente afectado en la etapa de almácigo o durante los primeros cuatro meses de la plantación, luego de la lesión se presenta ruptura del tejido y la planta se parte; por eso se le conoce como “quiebra tallo”. En frutos muy pequeños causa lesiones circulares hundidas y húmedas, en las cuales no se alcanzan a formar estructuras reproductivas ya que el fruto se cae. En el centro de las lesiones foliares se forman puntos negros que corresponden a estructuras del patógeno. La enfermedad se presenta con mayor intensidad entre los 1.800 y 2000 msnm, especialmente en épocas lluviosas, aumentando la caída de botones florales y frutos recién formados (Restrepo *et al.*, 2011) (Figura 2.3. d).

El manejo cultural recomendable para evitar la presencia de Phomosis es:

- Recolectar semanalmente las hojas afectadas para evitar la diseminación del inóculo.
- Establecer el cultivo con alta luminosidad, baja humedad relativa y altitud entre los 1.800 y 2.300 msnm.

- Realizar oportunamente las podas sanitarias y de formación, para permitir la entrada de luz al cultivo y facilitar la mayor circulación del aire.
- Implementar un plan de fertilización balanceado, de acuerdo con el análisis de suelos, el análisis foliar y los requerimientos de la planta.
- Proteger el tercio basal (inferior) de los tallos con pasta bordelesa.

Mancha café o “alternariosis” (*Alternaria* spp.). Dentro de las enfermedades del cultivo de granadilla que pueden incrementarse en época invernal, se encuentran las manchas foliares causadas por especies de hongos del género *Alternaria*, conocida comúnmente como “alternariosis”. Los síntomas consisten en lesiones irregulares en la lámina foliar, las cuales forman halos concéntricos de color marrón; estas manchas se extienden hasta alcanzar dimensiones de varios centímetros. En la superficie de los frutos se presentan lesiones similares, que provocan su deformación y pérdida de valor comercial; el tejido afectado generalmente es colonizado por otros hongos secundarios, cuando la humedad relativa es alta. La “alternariosis” es una enfermedad que ataca principalmente hojas bien desarrolladas y frutos maduros; por esta razón, su manejo tiende a descuidarse, poniendo en riesgo los últimos ciclos productivos de las plantas (Restrepo *et al.*, 2011) (Figura 2.3. g).

Nematodos

Los nematodos principalmente *Meloidogyne incognita*, son gusanos de cuerpo no segmentado que se encuentran en diversos ambientes de la naturaleza. La mayoría de los nematodos fitoparásitos son habitantes del suelo y, por lo tanto, atacan generalmente raíces y órganos subterráneos, afectando el normal desarrollo de las plantas y, sobre todo su capacidad

productiva; dentro de ellos, el género *Meloidogyne* es el más limitante para un gran número de especies vegetales. Las especies del género *Meloidogyne* causan agallas o nudosidades en las raíces, lo que impide la absorción de agua y nutrientes. La planta presenta amarillamiento, menor desarrollo y marchitez, especialmente en horas de alta luminosidad, y puede ser afectada en cualquier estado de desarrollo. Además, las heridas que causan al penetrar y alimentarse del tejido, son el medio de penetración de otros patógenos como hongos y bacterias, igualmente nocivos para la planta, como *Haematonectria haematococca* (Restrepo *et al.*, 2011).

El cultivo de la granadilla se ha visto afectado por el nematodo que produce nódulos y genera engrosamiento y agallas en la parte afectada, lo que impide la absorción de agua y nutrientes. El control de *Meloidogyne sp.* debe ser preventivo en las etapas de semillero y almácigo; en estos últimos se presentan retrasos y los daños se detectan en el momento del trasplante a sitios definitivos (Fischer *et al.*, 2010) (Figura 2.3. f).

Virosis

La sintomatología del virus del mosaico de la soya (SMV), conocida como la enfermedad denominada hoja de la mancha morada, que aparece en las hojas con lesiones irregulares. A medida que la enfermedad avanza, se extiende hacia las nervaduras y venas en las hojas formando manchas de color morado, púrpura o rojizas. También se presenta clorosis y epinastia (Figura 2.3. e).

Los agentes transmisores del virus son los insectos *Aphis gossipii* y *Toxoptera citricida*, al igual que coleópteros y *Chrisomelidae*. Es un virus que pertenece a la familia *Potyviridae* del género *Potyvirus*; su transmisión es no persistente y se requiere un factor de transmisión de naturaleza proteica y codificado por el genoma viral (Fischer *et al.*, 2010).

Para su control biológico en productos hortofrutícolas se han descrito diversos hongos: *Trichoderma spp.*, *Coniothyrium spp.*, *Gliocadium sp.*, *Penicillium spp.*, *Verticillium spp.* (Rivera *et al.*, 2002).

Fisiopatías

Daños por frío

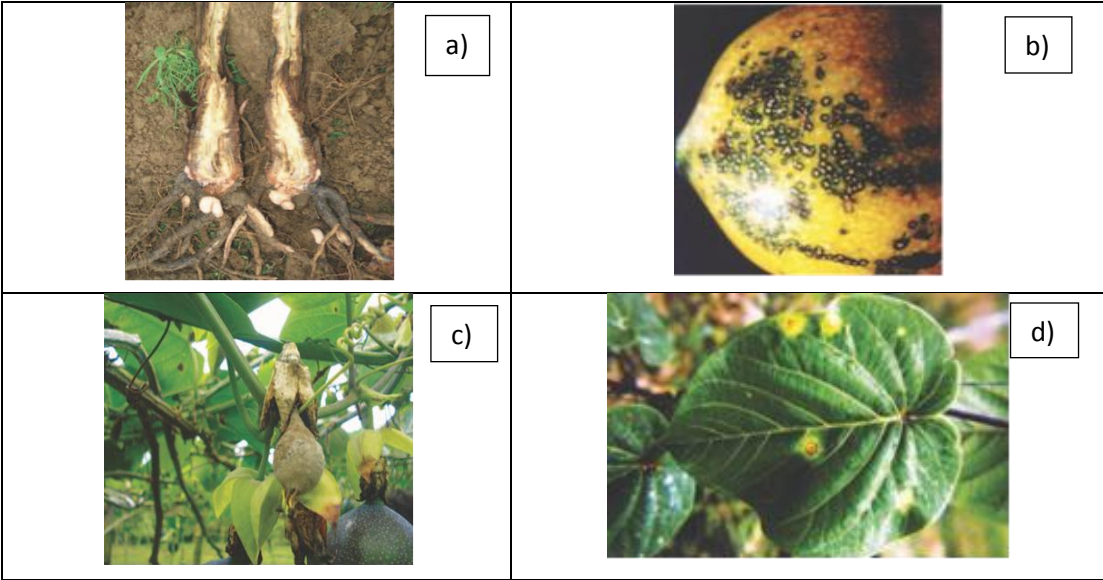
Los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche ocasionan cuarteamiento de los frutos ya desarrollados. Zonas con temperaturas muy bajas (con presencia de heladas), vientos fuertes o granizo no son recomendables para el cultivo de la granadilla, pues ocasionan daños en frutos y caída de flores (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 2.3. h).

Golpe de sol

El golpe de sol se produce cuando los frutos, principalmente en sus últimos estados de desarrollo, son expuestos en un estrés por exceso de radiación UV como la luz visible. El exceso de radiación ultravioleta provoca, fundamentalmente mutaciones irreversibles en el material genético. En el caso de la radiación visible, la fotosíntesis no puede consumir toda la energía absorbida por las clorofilas, razón por la cual hay un exceso de energía almacenada que pueden desencadenar reacciones oxidativas en los centros de reacción del proceso fotosintético. El resultado final es la reducción de la fotosíntesis (fotoinhibición) y en último término, la destrucción de los pigmentos fotosintéticos (fotooxidación) (Rivera *et al.*, 2002).

En este tipo de daño, los tejidos por una rápida desecación adquieren una apariencia parda oscura, cuya coloración contrasta con la corteza sana posteriormente se presentan vesículas superficiales. La aparición de zonas deprimidas, que generalmente son de color blanco grisáceo en los frutos verdes y de un tinte amarillento en los frutos maduros, deterioran la

aparición física y la calidad final del fruto (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 2.3. i).



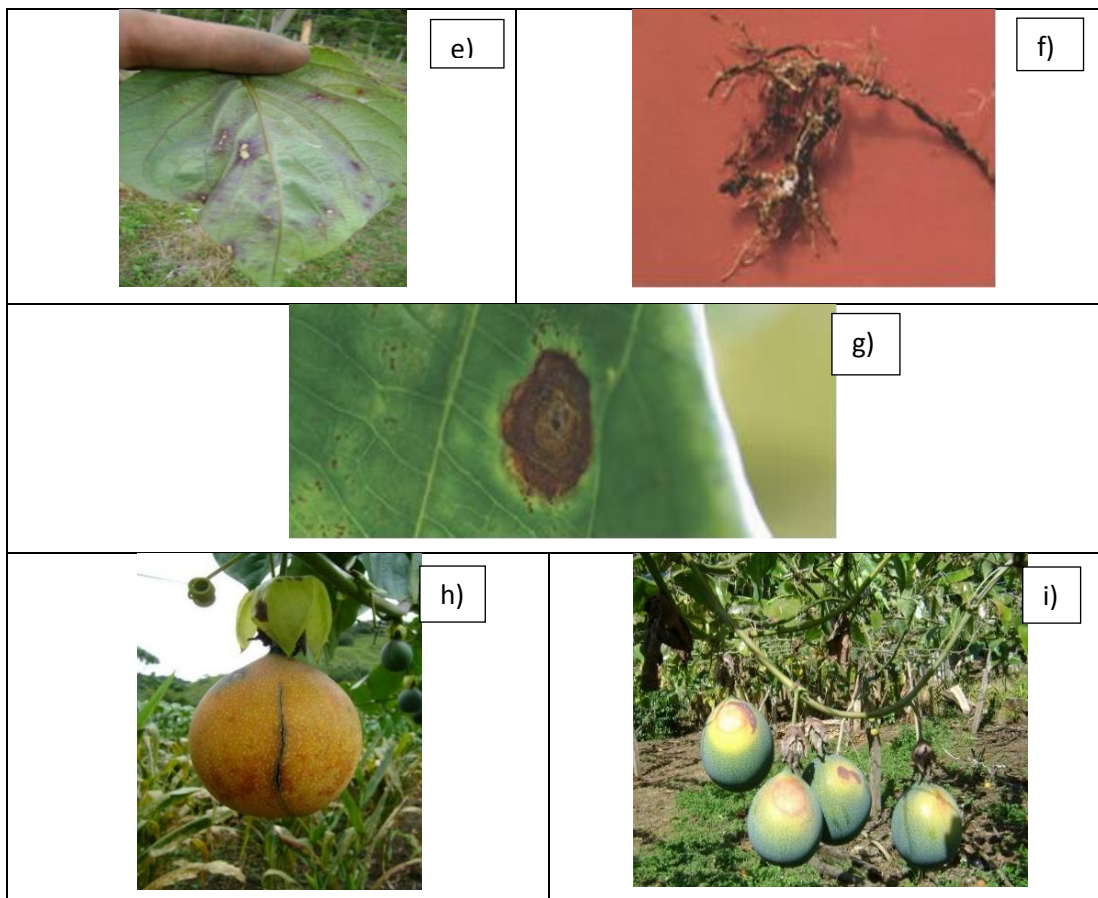


Figura 2.3. Enfermedades y fisiopatías de la Granadilla a) daño por secadera en las raíces y parte basal del tallo, b) antracnosis en fruto, c) moho gris en frutos, d) síntomas de *Phomopsis* sp en hoja con manchas de color amarillo y borde café, e) síntomas de hoja morada causado por virus, f) daño en raíces causado por nematodos, g) hoja afectada por *Alternaria* spp, h) Fruto dañado por cambios bruscos de temperatura y i) golpe de sol.

III. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Propagación

La propagación de la granadilla se puede realizar por dos métodos asexual o vegetativo y por método sexual o por semilla.

Propagación por semilla

Con la reproducción sexual se tiene la oportunidad de contar con plantas de mayor longevidad, es decir más años de vida en producción. Sin embargo, a raíz de que la polinización de la granadilla es cruzada se produce una gran variabilidad en el material reproducido, se obtienen plantas con

características no deseadas que es necesario eliminar. En caso de que se desee obtener semilla de plantas que reúnen particularidades muy deseadas en las frutas, se procede a la polinización manual entre las flores de las plantas seleccionadas (Cerdas y Castro, 2003).

El material utilizado debe ser extraído de plantas sanas y con peso individual de 100 gramos o más. El proceso se inicia el corte de los frutos por la mitad, luego se vacía su contenido en un recipiente con agua limpia y en donde se mantiene en remojo durante 48 horas. Inmediatamente después, la semilla es pasada por un tamiz de un colador hasta que se desprenda completamente del arilo. Luego se procede a secar bajo sombra por unas 24 a 48 horas para obtener la semilla. Posteriormente, esta se pasa por un proceso de almacigado que consiste en sembrar las semillas en tierra o mezclas de diversas con materia orgánica para luego trasplantarlas. Las semillas germinan después de 15 a 20 días. Cabe mencionar que las semillas almacenadas en refrigeración a 4° Celsius, humedad relativa de 75 %, envasados en bolsas de papel, plástico o aluminio pueden mantener su viabilidad hasta por dos años y lograrse un porcentaje de germinación superior al 50 % (Benalcázar *et al.*, 2001).

Comercialmente la propagación se hace por semilla, la cual se debe tratar con fungicidas protectantes. Igualmente se debe hacer tratamiento al suelo y embolsado para garantizar un material sano que asegure un desarrollo vegetativo normal y una estabilidad durante el período de producción. Se deben utilizar bolsas de buen tamaño, colocar el vivero en sitios donde se pueda evitar la humedad, levantando el suelo o en caso contrario aislar con tela plástica el suelo de la bolsa para evitar presencia de malezas y retención de humedad. Para la propagación, la semilla no se debe escoger de frutos que hayan sido almacenados en la bodega o el suelo por el hecho de que tengan buen tamaño y peso. Para un buen desarrollo de la planta se debe tomar la fruta directamente del cultivo teniendo en cuenta algunas características que se deben determinar en el campo y en el laboratorio

(Buen desarrollo de la planta, resistencia a enfermedades, fructificación, producción, sólidos solubles, porcentaje de jugo, etc.) (Ríos, 2012).

Las semillas se extraen del fruto y se dejan en reposo en agua, para luego de 4 – 6 días extraer fácilmente el mucílago. Con este método se puede conseguir germinaciones de hasta el 80% (Ríos, 2012). La germinación de las semillas es relativamente fácil cuando se realiza esta práctica durante primavera-verano, o inclusive durante el invierno bajo condiciones de climas semicálidos o cálidos. Se ha visto que entre más pronto se siembren las semillas extraídas del fruto, mayor porcentaje de germinación se obtiene. Si las semillas se ponen a germinar arriba de los 2000 m de altura durante la estación de invierno, el porcentaje de germinación baja considerablemente y las semillas germinadas tienen un crecimiento inicial muy lento (Andrés *et al.*, 1997) (Figura 3.1. a).

Propagación por estacas

La reproducción asexual o vegetativa consiste en obtener de las mejores plantas trozos de tallos y sembrarlos en bolsas que contengan un buen sustrato. En el caso de la granadilla se debe utilizar material vegetal de varias plantas con el fin de evitar problemas de autoincompatibilidad, que se reflejen en una reducción de la producción.

Las estacas a utilizar deben proceder de plantaciones de 2 años de establecidos y ser seleccionados por diferentes plantas que presentan un buen desarrollo, vigor, alta producción y buen estado fitosanitario con el fin de conservar estas características (Rivera *et al.*, 2002). Con este método de reproducción se busca lo siguiente:

- obtener plantas de granadilla con características deseables
- tener plantas hijas en corto tiempo
- reproducir el material en el momento deseado, de acuerdo al movimiento de la luna y/o etapa de desarrollo de la planta

- contar con una plantación uniforme en tamaño, forma y calidad de la fruta

Las estacas para la propagación deben proceder de ramas maduras, mediamente lignificadas, de 30 a 40 cm de longitud, con 3 o 4 yemas vegetativas sanas, bien formadas y entrenudos no muy largos. El corte debe hacerse con tijeras podadoras, el inferior debe ser horizontal, o 4 cm por debajo de la yema y el superior oblicuo, 3 o 4 cm por encima de otra.

Las estacas se deben desinfectar en una solución que contenga fungicida y tratarse con hormonas de enraizamiento.

Utilizando estacas basales de granadilla sumergidas en Acido Naftalen Acético (ANA) 150 ppm y adicionado Bencil Amino Purina (BAP) 250 ppm, obtuvo enraizamientos hasta del 50%. También la inmersión en una solución en Acido Indolbutirico (AIB), en concentraciones de 2000 a 5000 ppm durante 5 segundos, asegura un alto porcentaje de prendimiento. La siembra de las estacas debe hacerse antes de 48 horas de haberlas extraídos de la planta madre, para evitar su deshidratación (Figura 3.1. b).

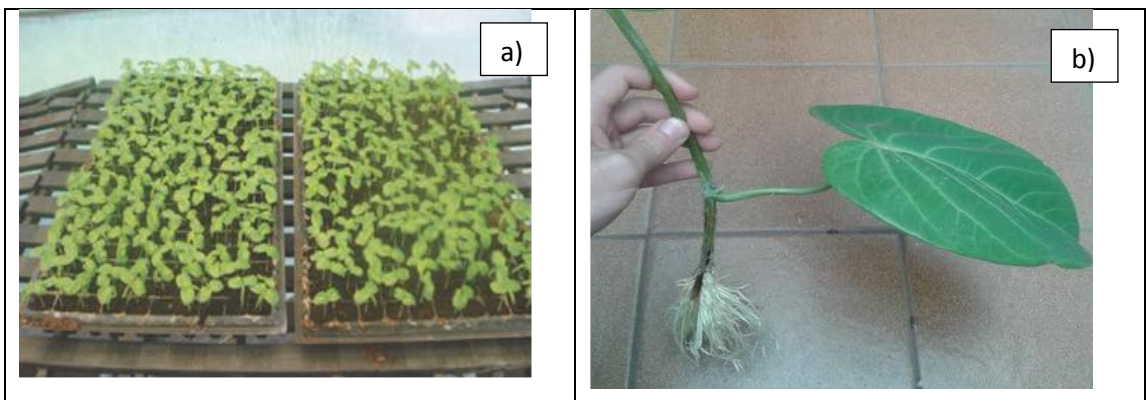
Propagación por injerto

Se tres especies silvestres con resistencia a la secadera (*Nectria haematococca* Mers.), enfermedad que constituye actualmente la mayor limitante del cultivo: *Passiflora maliformis* L. var. *pubescens*: *Passiflora ambigua* Hensl: y *Passiflora serrulata* Hacq. La *Passiflora ambigua* Hensl es altamente resistente al patógeno del genero *Meloidogyne*, es longeva (dura de 25-30 años), rustica y de un excelente vigor de planta, características que la convierten en la especie más promisoras para programas de mejoramiento utilizándola como patrón.

El injerto en este caso de granadilla, debe tener un tallo grueso y fuerte, pero puede ser de menor diámetro que el del patrón; se realiza sobre éste dos cortes diagonales generando una cuña en "V", se retiran todas las ramas dejando solo las yemas, luego, se introduce el injerto dentro del patrón y se adhiere con una buena cantidad de cinta parafinada o con un elástico que permita fusionar firmemente las dos especies. De esta manera quedan fusionados los tejidos conductores de las dos especies. Posteriormente, se va monitoreando que el injerto haya quedado bien hecho y que continúen creciendo las ramas del injerto, y podando las del patrón. El limitante de esta técnica es el costo de la mano de obra para realizar este procedimiento en una finca de grandes extensiones teniendo en cuenta que sólo durará lo que dure el cultivo.

Micropropagación

El uso de técnicas biotecnológicas como el cultivo de tejidos favorece la explotación de este, pues permitiría el establecimiento de plantaciones más homogéneas las cuales contribuirían a mejorar el rendimiento y la calidad del fruto, lo cual proporcionaría mayores posibilidades de competitividad a los productores y el tamaño de la yema que posee la estaca debe ser de 5 mm aproximadamente, ya que más pequeñas no sobreviven (Flores *et al.*, 2005) (Figura 3.1. c).



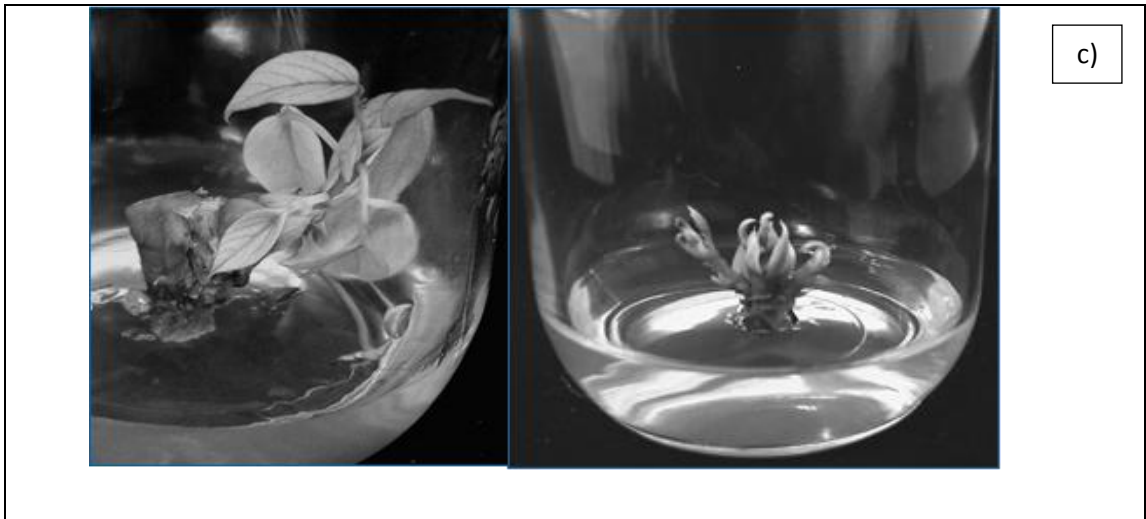


Figura 3.1. Métodos de propagación. a) plántulas de granadilla, b) brotación y desarrollo radical de las estacas en invernadero y c) Micropropagación y desarrollo de la yema in vitro a partir de tejido.

Producción

Por su hábito de crecimiento trepador, anteriormente el sistema de plantación predominante es el uso de tutores vivos, siendo estos generalmente árboles y algunas veces ramas de los mismos que se clavan para sostener las plantas de granadilla, las especies de árboles usadas como tutores más comúnmente son: el aguacate, capulín, tejocote, níspero, durazno, guayaba y otras especies arbóreas que se encuentran dentro y/o a orillas de huerta. A pesar de ser una especie rustica en su adaptación y manejo se puede mejorar su sistema de producción en huertos bien establecidos con manejo apropiado y utilización de estructuras de sostén tipo "enramado", control de plagas y enfermedades y el riego, para obtener mejor calidad y mayor rendimiento de frutos. Su ciclo de vida es de cinco años e inicia su producción al noveno mes, con rendimiento de 10-15 t/Ha/año. Sin embargo, en el estado de Oaxaca existen plantas con más de 20 años en producción y aun no muestran síntomas de envejecimiento (Andrés *et al.*, 1997).

La floración de la granadilla se inicia entre los 7 y 10 meses después del trasplante se obtienen los primeros frutos maduros a los 75- 80 días después de la fecundación reconociendo su madurez por el secamiento de las partes florales. La planta de granadilla generalmente rinde su primera cosecha después del primer año de edad. La época de mayor producción está entre abril y agosto, aunque con un buen manejo técnico de riego y fertilización se puede llegar a producir todo el año. En condiciones óptimas utilizando buena tecnología, la granadilla puede producir hasta 35 ton / ha / año, y utilizando tecnología intermedia se obtienen rendimientos de 17 ton / ha / año (Benalcázar *et al.*, 2001). Desde el punto de vista de mejoramiento genético, lo anterior representa una buena posibilidad para hacer cruces y evaluar su progenie en un tiempo corto (Andrés *et al.*, 1997).

Polinización de la granadilla

La granadilla es de polinización cruzada, es decir la fecundación depende de los polinizadores, por lo tanto, se debe tener en consideración varios aspectos para obtener una buena polinización.

La granadilla presenta el fenómeno llamado el dicogamia en las flores; la viabilidad del polen y la receptividad de los estigmas indican que en granadilla prevalece el fenómeno de protandria. Dos horas antes de la apertura floral, el polen ya es viable, alcanzando su máximo porcentaje en el momento de la apertura. El gineceo por su parte, dos horas antes de la apertura floral, no muestra ninguna receptividad. El máximo porcentaje de receptividad se alcanzó entre dos y cuatro horas después de la apertura floral. El rango de duración de la síntesis fue homogéneo dentro de 10 a 30 minutos. La duración de las flores abiertas oscila entre 30 a 36 horas; en esta fase se presentan los procesos de polinización y fecundación. A partir de este momento la flor se cierra e inicia su proceso de marchitez (Rivera *et al.*, 2002).

Tener cuidado en la selección y uso de insecticidas de lo contrario se puede reducir considerablemente la influencia de avispas (*Trigona* spp.), que son los principales polinizadores o de abejas (*Apis melífera* L.) que también son polinizadores, sobre todo en la granadilla criolla por el pequeño tamaño de la flor, u otros insectos y colibríes que intervienen en la polinización (Figura 3.2. a).

De 10 a 20 avispas (*Trigona spp*) /ha, aseguran una buena producción si es necesario el productor (a) puede colaborar en la polinización de la granadilla. Se recomienda hacer la polinización manual cuando se den las siguientes condiciones:

Nubosidad y clima frío. Pocos polinizadores o cuando se desea reproducir materiales con características deseables, como: buen tamaño de fruto, forma del fruto cilíndrica o elipsoidal color uniforme del fruto.

Emparrado

Existen múltiples formas para construir el emparrado de acuerdo las regiones donde se tienen los cultivos.

El sistema de tutorado en emparrado, de acuerdo a la experiencia práctica es el más utilizado y recomendado en el cultivo de la granadilla, pues permite la disposición natural de las estructuras de las plantas en los alambres, disminuyendo el roce de los frutos. Sin embargo, este sistema tiene el gran inconveniente, de que a medida que transcurre el tiempo, aumentan considerablemente los problemas fitosanitarios, especialmente los ataques por hongos y bacterias, dada alta humedad que se genera en su interior, debiendo los agricultores recurrir a una mayor intensidad y frecuencia de las podas de mantenimiento e incrementado el uso de agroquímicos y por tanto de los costos de mantenimiento. Una forma para modificarlo, consiste en el establecimiento de un Sistema Múltiple Intercalado, que básicamente consiste en la disposición intercaladas de

surcos del cultivo de granadilla, con otro u otros cultivos, bajo este sistema de garantiza una mayor aireación que conlleva a disminuir la humedad concentrada en el interior del emparrado, incremento de la temperatura, mejor exposición a los rayos solares y mayor luminosidad, disminución de la incidencia de hongos y bacterias, obtención de producción de dos o más especies, superar el esquema del monocultivo, crear un hábitat equilibrado para la entomofauna, mayor aprovechamiento de las áreas entre los surcos con cultivos de porte bajo y ciclo corto, establecimiento de arvenses nobles y alelopáticas. El sistema de emparrado resulta más ventajoso en términos de rendimiento que el sistema de espaldera. Facilita la realización de todas las labores técnicas que requiere el cultivo de granadilla, siempre y cuando se construya de manera adecuada con materiales resistentes y durables (Rivera *et al.*, 2002). Como se mencionó anteriormente vid de la granadilla es trepadora y necesita un poste o tutor para su crecimiento (Benalcázar *et al.*, 2001) (Figura 3.2. b).

También está la espaldera, sin embargo, tiene el inconveniente de que se aprovecha menos área productiva, con la consiguiente reducción del volumen de producción (Cerdas y Castro, 2003).

Espaldera

Consiste en colocar postes de madera cada 6 metros de distancia en la misma hilera y cada tres metros entre surcos. En las hileras, uniéndolos los postes, se colocan 4 hilos de alambre lisos calibre 12. La altura de la espaldera es de 2 metros; a 80 cm del suelo se coloca el primer hilo de alambre, luego los tres restantes a 49 cm entre sí. Permite mejor distribución de la plantación y mayor facilidad de manejo y soporta mejor al cultivo hasta 70% de pendiente, mientras que el emparrado no debería utilizarse cuando la pendiente sobrepasa 40% (Rivera *et al.*, 2002).

Uno de los mayores problemas del sistema de espaldera ha sido la mayor incidencia del llamado golpe de sol debido que los frutos quedan muy expuestos a los rayos solares. El sistema no es muy utilizado debido a que se presenta menor desarrollo de las ramas productivas, se dificulta la realización de las podas de producción y se obtienen menor calidad y producción de fruto (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 3.2. c).

Plantación

Diversos autores hacen diferentes recomendaciones sobre las distancias de plantación. Se recomienda utilizar distancias de 4 por 4 metros hasta 6 por 6 metros, siendo la mejor opción escoger unas distancias de siembra de 5 por 5 metros (Figura 50). Antes de hacer la siembra, por medio de un operario, se realiza la actividad de preparación de los hoyos, la cual consiste en agregar y mezclar bien todas enmiendas, micorrizas y materia orgánica junto con el suelo, dejando los hoyos niveles, seguidamente se realiza la siembra, coloque la planta suavemente en el sitio agregándole tierra alrededores y verificando que el tallo quede al mismo nivel de cómo estaba la bolsa (Ríos, 2012). Los hoyos de plantada pueden ser de 50 x 50 x 50 cm (Benalcázar *et al.*, 2001).

También Ríos (2012), recomienda el momento ideal para trasplantar las plantas de granadilla, se presenta cuando ha comenzado a emerger el primer zarcillo, es decir, cuando la planta tiene una altura de 20 centímetros y ha desarrollado entre 4 y 6 hojas verdaderas y es conveniente contar con un 5% de semilla de más en el almacigo, la cual será utilizada en el caso de que se presenten pérdidas de semilla, así puede procederse a realizar una resiembra de forma oportuna.

Podas

Una plantación de granadilla genera una gran cantidad de material vegetativo, principalmente tallos y hojas, que si no tiene un adecuado manejo puede presentar los siguientes problemas (Cerdas y Castro, 2003).

Además, la poda es una labor importante porque favorece el mayor rendimiento por unidad de área y calidad del producto final, y también es la labor cultural que tiene estrecha relación con el manejo de la sombra. Durante la época húmeda, domina el exceso de humedad y a la vez las pocas horas de sol son muy calientes, condición que favorece la quema de las frutas y el ataque de hongos. Por lo tanto, en esta época se recomienda podar para mantener del 40 al 50% de sombra. Contrario de lo anterior, en la época seca los días son muy calientes y escasa humedad y es conveniente mantener protegida las frutas y conservar la humedad del suelo, por lo que se recomienda podar para dejar una sombra del 70 al 80% (Cerdas y Castro, 2003).

Tipos de poda

Poda de formación: consiste en darle forma a la planta desde el almacigo, se eliminan los brotes axilares dejando solo el tallo principal. Posteriormente se despunta a 30 cm por encima del emparrado, esto hace que la planta produzca una serie de brotes vigorosos de las cuales solo se dejan cinco que serán los tallos primarios y posteriormente se podan para generar tallos secundarios de igual manera se despuntan (Benalcázar *et al.*, 2001) (Figura 3.2. d).

Las hojas cercanas al suelo para evitar salpique de agua, medio de transporte de hongos y de bacterias del suelo a las hojas y tallos (Rivera *et al.*, 2002).

Durante el periodo de crecimiento vegetativo durante el cual la planta alcanza el emparrado se utiliza un tutor de fibra para guiar a la planta al

emparrado. Se debe revisar periódicamente que los zarcillos y la fibra no estén ocasionando estrangulamiento a la planta (Rivera *et al.*, 2002).

Poda de producción: consiste en eliminar los tallos improductivos, enfermos o débiles que han perdido la floración. Después de la cosecha podar los cinco tallos primarios a una distancia de un metro con relación al tallo principal (Benalcázar *et al.*, 2001).

Las podas de producción se realizan en las ramas terciarias y cuaternarias: se eliminan las ramas que produjeron, que estén enfermas o las que son muy delgadas. La poda permanente, sumada a la aplicación de fertilizantes y riego, permite planear cosechas constantes y lograr alcanzar precios más altos en aquellos momentos que escasee la fruta. Esta estrategia es altamente efectiva cuando se dispone de volúmenes altos y mercados asegurados. Sin embargo, cuando se trata de producciones atomizadas de pequeños productores, la producción constante y en consecuencia los bajos volúmenes relativos, incrementan los costos fijos de postcosecha y mercadeo. La estrategia para concentrar la producción y obtener picos de cosecha consiste en realizar una poda agresiva y en un corto periodo de tiempo, después de la cosecha (Rivera *et al.*, 2002) (Figura 3.2. e).

Poda de renovación

En la granadilla, la poda de renovación consiste en eliminar todas las ramas secundarias para conseguir una planta joven, se recomienda que se realice cada dos o tres cosechas (Rivera *et al.*, 2002).

Control de malezas

Después de la plantación conviene mantener limpio el terreno de malezas, para evitar la competencia por luz, humedad y nutrimento y en consecuencia evitar retrasos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La forma más común de eliminar las malas hierbas es con "chaponés" con machete durante los meses de mayor crecimiento y abundancia de estas hierbas, lo cual ocurre de julio a septiembre. Se puede usar también azadón para eliminar malezas y a la vez remover el suelo alrededor de plantas de granadilla (Andrés *et al.*, 1997).

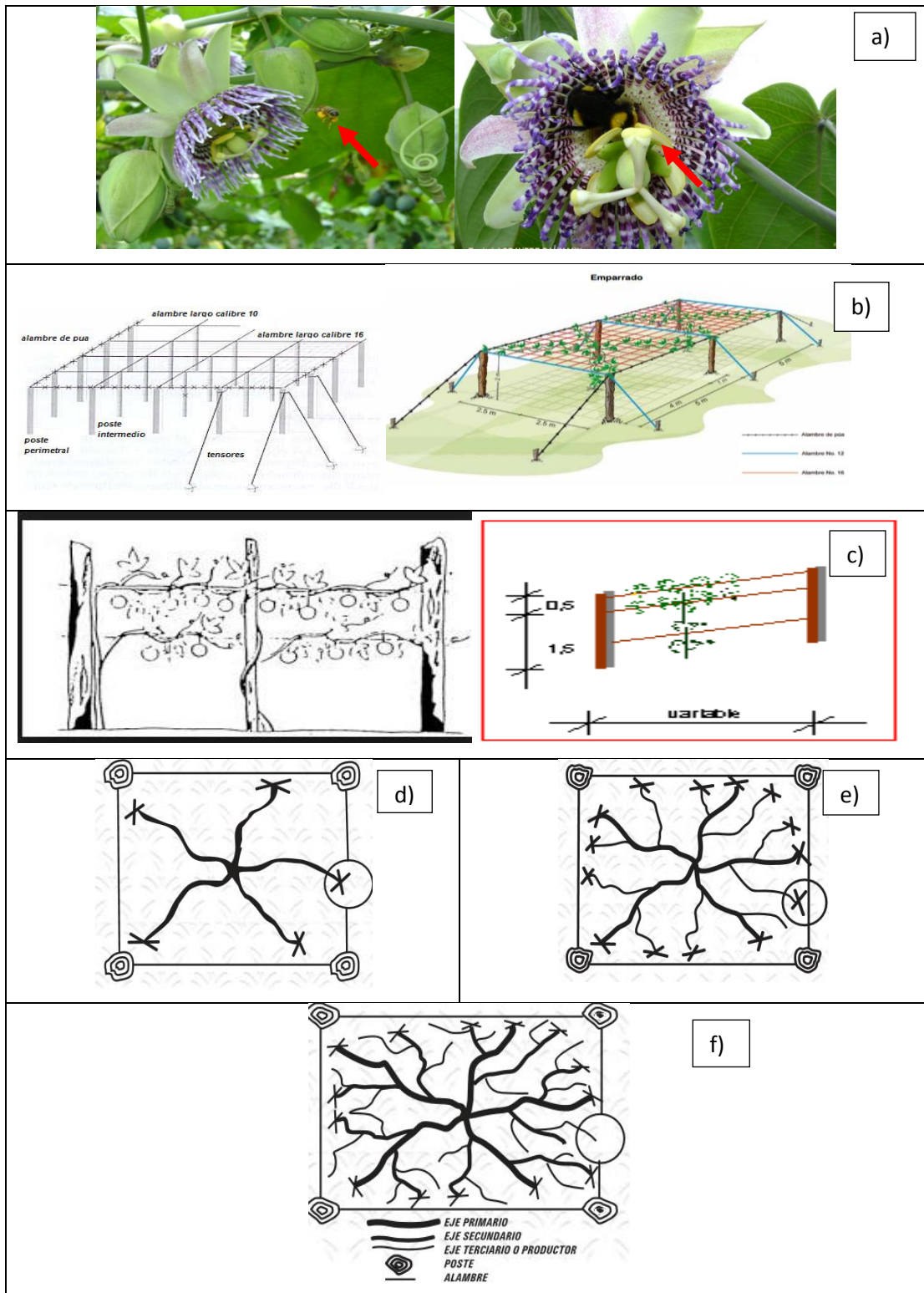


Figura 3.2. Sistema de producción y manejo del cultivo. a) polinización de la granadilla por *Apis mellifera* y *Trigona* spp., b) diseño del emparrado y distribución de las ramas, c) diseño del sistema de espaldera y distribución de ramas, d) poda

del eje primario, e) Poda del eje secundario y f) eje terciario o producción sin podas.

IV. COSECHA Y MANEJO DE POSTCOSECHA

En la cadena de producción y comercialización, la cosecha es una operación de gran importancia que ya constituye el momento en que la fruta es separada de su fuente de alimento y por lo tanto la energía para continuar viviendo debe provenir de las reservas de alimento que la fruta haya podido almacenar.

Para alcanzar tiempos prolongados sin deterioro de su calidad se debe tener en cuenta aspectos inherentes a la fruta como también aspectos logísticos que eliminen o reduzcan las causas de deterioro. Entre los primeros se tiene el patrón respiratorio que presenta es decir si se trata de una fruta climatérica o no climatérica, el grado de madurez y el estado sanitario al momento de la recolección. De otra parte, los aspectos logísticos incluyen todos aquellos relacionados con la planeación de esta actividad de manera que conduzca a la reducción de daños de la fruta durante esta etapa y a procesos eficientes en términos de kilogramo de fruta recolectada por hora-hombre (García *et al.*, 2008).

Se utilizan tijeras de punta roma y cajas plásticas o de cartón con una capacidad hasta de 10 Kg. Se corta el pedúnculo por encima del cáliz en el tercer nudillo, se coloca la fruta en el saco de fondo falso y cuando está lleno se desocupa en la caja para ser llevada al centro de acopio (Ríos, 2012) (Figura 4.1. a).

Momento óptimo de recolección

Para garantizar la entrega al consumidor final de una fruta de alta calidad, en el momento y precio justo, es necesario conocer los requisitos del

mercado y contar con un conocimiento preciso sobre los factores que inciden en la velocidad de deterioro de la fruta. Esta información permite determinar el momento en que la fruta debe ser recolectada y diseñar las estrategias de manejo durante la cosecha y postcosecha, minimizando así las reacciones de deterioro de la fruta y contribuyendo a prolongar su vida útil (García *et al.*, 2008).

Se recolecta con un grado de madurez mínimo del 75%, color externo anaranjado, desarrollo completo de la fruta, sabor característico (Ríos, 2012).

Carácter climatérico

Este factor inherente a la fruta está relacionado con la capacidad de ésta para continuar los procesos de maduración una vez que sea retirada de la planta. Las frutas que tienen esta facultad, son denominadas climatéricas y tienen la ventaja de poder ser recolectadas en etapas tempranas de su madurez. De manera contraria, en las frutas no climatéricas los procesos fisiológicos de maduración (cambio de color, intensificación del sabor dulce y del aroma, reducción de la acidez) se detienen al ser retiradas de la planta, dando paso a las reacciones de deterioro o senescencia de la fruta. Por esta razón este tipo de frutas deben ser recolectadas en estados avanzados de madurez, muy cercanos a los exigidos por el mercado. Bajo este criterio la granadilla está catalogada como una fruta climatérica, por lo cual el momento óptimo para su recolección puede ser planeado con mayor flexibilidad. La granadilla puede ser recolectada desde etapas tempranas de su maduración hasta etapas avanzadas, dependiendo del destino final y las condiciones del mercado (García *et al.*, 2008).

Estado sanitario y mecánico

Otro de los aspectos a tener en cuenta al momento de recolectar la fruta es el estado sanitario y físico de la fruta. Si alguna fruta presenta daño por ataque de microorganismos, ésta puede convertirse en una fuente de contaminación para el resto de la fruta y, dada la alta velocidad de propagación de las enfermedades microbiológicas, toda la fruta recolectada puede verse afectada antes de que alcance el destino final. La calidad física o mecánica también debe ser considerada, pues si presenta algún tipo de corte, impacto, abrasión, o daño similar, además de ser rechazada en el mercado, también acelera los procesos de degradación de la misma y de la fruta circundante. Si se tienen riesgos de heladas, granizo o lluvias no es recomendable postergar la recolección de la fruta, pues estas condiciones climáticas resultan adversas para la fruta tanto por el daño físico que pueda causarle al fruto como por la proliferación de enfermedades que pueda ocurrir si se está en una zona susceptible (García *et al.*, 2008).

Grado de madurez

El grado de madurez de la fruta es un factor clave en la determinación del momento óptimo de recolección. Para determinar el grado de madurez existen unos parámetros conocidos como índices de madurez, los cuales se basan en características físicas (el color de la piel o corteza, el color de la pulpa, el llenado del fruto, la presencia de hojas secas, el secamiento de la planta, la facilidad de abscisión o separación, las dimensiones, la firmeza, el peso seco y fresco, la gravedad específica y la textura), características químicas (sólidos solubles o grados brix, el pH, la acidez y el índice de madurez o relación entre el brix y la acidez), características organolépticas (sabor, aroma, textura y color), características fisiológicas (rendimiento de la pulpa o jugo), la producción de etileno y la intensidad respiratoria (mg de CO₂/kg de fruta por hora) y métodos temporales (tiempo desde la floración o la siembra hasta la maduración, de acuerdo con las unidades de calor, grados/día) (García *et al.*, 2008) (Figura 4.1. c).

El crecimiento y el cambio en longitud y diámetro de la granadilla se dan durante el primer mes, tiempo después del cual no se observan cambios importantes en estas características. Por lo tanto, estas características no deberían considerarse como criterios o indicadores de madurez para determinar el momento de recolección de la fruta. Con respecto a la firmeza, esta característica va reduciéndose a lo largo del periodo de maduración de manera constante. Esta es una característica importante, tanto para el mercado como para la programación del manejo de la fruta, pues en la medida que pierde firmeza la fruta se hace más susceptible al daño mecánico, pero también más apetecida por el consumidor, ya que se hace más fácil de abrir (García *et al.*, 2008).

El contenido de sólidos solubles (expresados como grados brix) de la granadilla aumentan de manera constante hasta los 90 días. Dado que estos sólidos son principalmente azúcares, el sabor dulce de la fruta se acentúa en la medida en que el tiempo avanza y el fruto madura. Esta es una de las características más importantes de la fruta, pues determina en gran medida la aceptación que pueda tener la fruta por parte de los consumidores (Figura 4.1. b).

Hora de recolección

Se recomienda llevar a cabo la recolección durante el periodo del día que presente buena luminosidad, baja temperatura y humedad relativa alta. La luz facilita la recolección en el estado de madurez adecuado, dado que el color es el indicador de madurez más utilizado; la temperatura baja evita el sobrecalentamiento de los frutos, mientras que la humedad relativa alta evita la deshidratación de los mismos también es recomendable utilizar recipientes poco profundos, para evitar el daño por compresión. De otra parte, la granadilla debe ser protegida del contacto con las granadillas contiguas, ya que esta fruta es especialmente sensible a la fricción. La granadilla presenta una película natural de cera que la recubre y la protege

de la deshidratación, por lo cual no debe retirarse. Para evitar su remoción se debe reducir la manipulación excesiva o protegerla con el uso de elementos como el mallalón, los cuales resultan útiles para esta tarea (García *et al.*, 2008) (Figura 4.1. d).

Postcosecha

Al recolectar la fruta interrumpiendo el flujo de sabia se genera un intercambio veloz de los gases con el aire exterior y por lo tanto el contenido interno de oxígeno sube aproximadamente 20%, el efecto de CO₂ se limita y se acelera rápidamente el metabolismo de la fruta consumiendo azúcares produciendo una mayor cantidad de calor expeliendo anhídrido carbónico que se disuelve en el aire sin lograr concentraciones que puedan desacelerar el metabolismo; en este momento que empieza una eliminación enzimática acelerada de la clorofila. Además de esto, se presenta una liberación masiva de etileno, el cual estimula adicionalmente el proceso de maduración; esta activación metabólica promueve un aumento en la síntesis de etileno. Mientras mayor sea la producción de etileno, más rápidamente se presenta en las frutas el clima respiratorio. A las frutas que han iniciado su climaterio no se les puede frenar el metabolismo de manera significativa y por lo tanto no se pueden conservar suficientemente para ser exportadas (Benalcázar *et al.*, 2001).

El etileno acelera los procesos de respiración de la fruta y con ello la velocidad de consumo de las reservas alimenticias, reduciendo el tiempo de vida útil de la fruta. Por lo tanto, para prolongar el tiempo de conservación de la granadilla, la cual es climatérica, es importante mantenerla en ambientes de baja concentración de etileno. Para lograr esto se debe manejar granadilla sana que no presente ningún tipo de daño, manteniéndola a temperatura baja, almacenada sola o con productos vegetales que no presenten alta producción de etileno (García *et al.*, 2008).

Selección

Es la operación que tiene como fin retirar aquellos frutos que no cumplen los requisitos mínimos para su comercialización, por daños por plagas y enfermedades, defectos de tamaño, color, forma, o daños mecánicos. En el caso de la granadilla, el proceso de selección realizada en el lote de producción es muy cuidadosa por lo cual la selección que se realiza en los demás puntos no es tan determinante. En las comercializadoras la fruta que ha sufrido algún tipo de daño en el proceso de transporte o la que no cumple con las especificaciones exigidas por el comprador es retirada (García *et al.*, 2008) (Figura 4.1. e).

Preenfriamiento

La fruta se escurre y seca al medio ambiente con sombra o con aire seco forzado con temperatura media 25°C; luego se realiza el enfriamiento con aire frío hasta 0°C, para controlar la pudrición por *Rhizopus*, moho gris, pudrición parda (Ríos, 2012).

El preenfriamiento es una de las operaciones que favorece en alto grado la preservación de la fruta una vez recolectada, especialmente de productos altamente perecederos. Esta práctica debería ser el primer eslabón en la cadena del frío (mantenimiento de la baja temperatura desde la cosecha hasta el destino final de la fruta). En el caso de la granadilla el preenfriamiento con aire es más recomendable pues el preenfriamiento con agua podría retirar la cera natural que recubre la fruta (García *et al.*, 2008).

El preenfriamiento con aire forzado se utiliza principalmente en forma de túneles de enfriamiento, el aire frío se introduce a las cajas del producto de manera forzada con velocidades de aproximadamente de 100 m/minuto. Los tiempos de preenfriamiento son de aproximadamente de 20 horas. La

desventaja de este sistema en comparación con el hidrogenfriamiento radica en la larga duración de los tiempos de enfriamiento, los altos costos de energía y las altas pérdidas de peso por deshidratación del producto porque mientras más despacio se enfría el producto, mayores son las pérdidas de peso (Benalcázar *et al.*, 2001).

Clasificación

Actualmente existen alrededor de 4 categorías.

Categoría Súper extra más de 100 g.

Categoría Extra de 90 g-100 g. La cual corresponde a granadilla entera, con la forma esférica característica de la granadilla, sana, libre de ataques de insectos y enfermedades, libre de humedad anormal, exenta de cualquier olor y sabor extraño, de aspecto fresco y consistencia firme y exenta de materiales extraños visibles en el producto o en su empaque, pero admite hasta el 5% de fruta con defectos que demerite la calidad del fruto (Benalcázar *et al.*, 2001; García *et al.*, 2008).

La Categoría I de 80 g – 90 g. Cumple las mismas condiciones que la anterior, pero admite granadillas con defectos por color y cicatrices hasta del 10% del área total del fruto (Benalcázar *et al.*, 2001; García *et al.*, 2008).

Categoría II de 70g-80g. Admite defectos en color, rugosidad de la cáscara, cicatrices y deformaciones hasta máximo del 20% del área total del fruto o del número de frutos con este tipo de defecto (Benalcázar *et al.*, 2001; García *et al.*, 2008).

En el caso de la granadilla es usual la clasificación de acuerdo con la calidad que presente en dos grupos, el tipo exportación y el nacional. En las exportadoras se da este tipo de clasificación, separando la granadilla de

Categoría Extra, como la mostrada en la para exportación y la restante para el mercado nacional.

Limpieza

Para la limpieza de la granadilla no se recomienda el método húmedo a menos que la fruta esté muy sucia, pues durante el lavado se puede remover la cera natural que recubre la granadilla, con lo cual la fruta pierde brillo y se hace más propensa a la deshidratación. Usualmente, se remueve las impurezas grandes que puedan venir adheridas a ella y se limpia alrededor del pedúnculo con un paño húmedo, ya que normalmente la presentación del pedúnculo es tomada en cuenta como un criterio de calidad (García *et al.*, 2008).

Desinfección

Es necesario evaluar las normas alimentarias propuestas por la FAO/OMS, debido a que la sanidad de los productos alimenticios es una condición imprescindible para la exportación (Benalcázar *et al.*, 2001).

En los centros de producción local, las granadillas deben ser seleccionadas y clasificadas manualmente, lavadas, sumergidas en agua tratada con Difenoconazol, (250 ml en 200 L de agua) fungicidas autorizados para eliminar patógenos que puedan causar daños a las frutas durante su almacenamiento (Ríos, 2012).

Con esta operación se busca eliminar los agentes biológicos (microorganismos) o químicos (residuos de plaguicidas) que pueda presentar la granadilla. Esta no es una práctica común en la granadilla y al parecer las tecnologías hasta ahora existentes para la desinfección no reportan mayores resultados. Pues en ensayos con Timsen, hipoclorito de sodio y ácido cítrico a temperatura ambiente y bajo refrigeración no se

alcanzaron tiempos mayores a los alcanzadas por el testigo bajo refrigeración. Además, este tratamiento removería la cera natural de la granadilla.

Empaque

El objetivo de esta operación es proteger la fruta de cualquier tipo de daño, facilitar su comercialización y promover su venta.

El empaque debe evitar el daño mecánico por compresión, vibración, abrasión, e impacto; proteger la fruta de la deshidratación y del ataque de microorganismos, pájaros y roedores; evitar la contaminación con productos químicos o cualquier otro producto o elemento; además debe proporcionar una atmósfera modificada benéfica. Para evitar el daño mecánico o la contaminación por medios biológicos o químicos los materiales de empaque deben ser estructurales, higiénicos y permeables.

Con el uso de empaques se busca también proporcionar una atmósfera benéfica a la fruta. Como se mencionó previamente concentraciones altas de CO_2 y bajas de O_2 reducen la velocidad de respiración de la fruta y con ello se contribuye a conservar la fruta por tiempos mayores. Este cambio de la concentración del CO_2 y del O_2 en la atmósfera que rodea la fruta es lo que se conoce como atmósfera modificadas y una manera de alcanzarlas es utilizando empaques que presentan diferente permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono. Películas plásticas que presenten una baja permeabilidad al oxígeno no permitirá la entrada de este gas en el empaque, esto causará la disminución del oxígeno en el interior del empaque, dado el consumo de oxígeno por la fruta durante el proceso de respiración. Películas plásticas que presenten una baja permeabilidad al dióxido de carbono conducirán a un incremento de la concentración de este gas dentro del empaque pues la fruta al respirar va liberando dióxido de carbono. Todas las frutas presentan diferente grado de susceptibilidad a

este tipo de atmósferas, por lo cual cada fruta requiere de un estudio particular para determinar la concentración de oxígeno y dióxido de carbono más adecuado y por ende el tipo de empaque recomendado. Se observan algunos estudios realizados con atmósferas modificadas para la conservación de granadilla (García *et al.*, 2008).

El uso de atmósferas modificadas para la conservación de la granadilla no ha mostrado mayores ventajas hasta el momento, pues los tiempos de vida útil de granadilla empacada en estas películas es similar al encontrado para granadilla sin empacar. El único efecto positivo interesante hasta el momento encontrado radica en la reducción de la pérdida de peso por deshidratación

La fruta para exportación se empaca en cajas de cartón con alvéolos de plástico (Ríos, 2012). El número de frutos por caja oscila entre 108-144, con un peso neto entre 10 a 12 kg (Benalcázar *et al.*, 2001) (Figura 4.1. g).

Trazabilidad

El empaque también debe facilitar la logística de su comercialización, esto significa facilitar la manipulación y transporte de la fruta, el conteo, el seguimiento y el almacenamiento. Bajo estas pautas las canastillas plásticas son los empaques que más se ajustan a estos requerimientos, pues son fáciles de llenar, apilar, manipular, transportar; además están disponibles en una gran variedad de diseños especialmente relacionados con la altura de la canastilla y el grado de ventilación. El peso de las canastillas plásticas es bajo comparado con la capacidad de transporte que presentan, son reutilizables previa limpieza y desinfección, por lo cual la inversión inicial en su compra se recupera fácilmente. Las canastillas plásticas de 60×40×25 cm y 50×30×30 cm son los empaques recomendados para el transporte de la granadilla cuando se comercializa en grandes volúmenes hacia los centros de distribución. Cuando se dirige al mercado de exportación las cajas de

cartón con una sola capa de granadilla son las recomendadas. El empaque debe facilitar la impresión de información como el código de barras, el cual permite la trazabilidad del producto, seguimiento del producto desde el lote de producción hasta la entrega al consumidor final. Finalmente, como lo muestra la misma figura el empaque debe promover la venta de la fruta mediante diseños llamativos y proveer información de interés para el consumidor, tal como el contenido nutricional, la forma de consumo o alguna receta (García *et al.*, 2008) (Figura 4.1. f).

Transporte

La fruta puede transportarse a larga distancia sin daños debido que su cascara es resistente. Sin embargo, cuando la fruta se destina a exportación se debe transportar en avión o por vía marítima en contenedor refrigerado a 6-7°C y 90% de humedad relativa. Cabe señalar que, en el estado de Oaxaca, en Michoacán, México y Chiapas., no se realizan todas estas operaciones de postcosecha. Se clasifica la fruta en tres calidades (1era., 2da. Y 3era., con base en el tamaño sin conseguir las normas establecidas. Se empaican en cajas de madera o canastos y se transportan en camiones para la Central de Abastos de la ciudad de México (Andrés *et al.*, 1997).

Almacenamiento

La temperatura óptima de almacenamiento depende del estado de maduración de la fruta. Mientras más inmadura este la fruta, será más sensible a las bajas temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, cuando se baja la temperatura del producto por debajo de la temperatura óptima de almacenamiento por corto tiempo no suele dañar el producto. La

aparición de daños por frío depende sobre todo la duración y no tanto a la cantidad de grados que se baje el producto por debajo de la temperatura óptima de almacenamiento (Benalcázar *et al.*, 2001).

Los daños por frío se reconocen de la siguiente manera:

- Cambio de coloración en la cascara y en la pulpa.
- Frutas que no maduran después del tratamiento.
- Incremento en la sensibilidad al ataque de hongos.

La fruta tratada se logra almacenar hasta 45 días, sin embargo, se recomienda no exceder un mes de almacenamiento a temperatura de 6 a 7°C y humedad relativa del 90% (Ríos, 2012).

En cuanto a la temperatura, 8 °C parece ser una temperatura adecuada para la conservación de la granadilla y si no se utiliza ningún tipo de película plástica para empacarla, la humedad de la cámara de almacenamiento debería estar alrededor del 90% (García *et al.*, 2008).

Conservación por atmósferas Controladas

Para hacer más lento el proceso de deterioro de las frutas se utilizan refrigeración y sistemas de atmósferas controladas, y en algunos casos fitohormonas naturales y cloruro de calcio (Benalcázar *et al.*, 2001).

Las atmósferas controladas reducen la tasa de respiración y, en consecuencia, incrementa la vida postcosecha; además las concentraciones elevadas de CO₂ suprimen el desarrollo de pudriciones. La atmósfera modificada que se genera dentro del mismo empaque ha resultado un éxito para este producto. Las atmósferas benéficas generalmente se encuentran dentro de los siguientes intervalos: 3 a 10% de O₂ – Si fuera menor a 1% causa daños en la piel de la fruta. 10 a 15% de CO₂-- Si fuera mayor a 30% causa pardeamiento y desagradable sabor (Ríos, 2012) (Figura 4.1. h).





Figura 4.1. Cosecha y Postcosecha de la Granadilla A) Recolección de granadilla, B) Grado de madurez para la recolección de la granadilla, C) Determinación de la firmeza, D) Mallalón para proteger la granadilla contra daños por fricción, E) Selección de la fruta, F) Código de barras para seguir la trazabilidad del producto, G) Clasificación de granadilla para mercado nacional y de exportación, H) Empaque de granadilla en atmosferas modificadas.

V. COMERCIALIZACIÓN DE LA GRANADILLA

Requisitos de mercado

En México después de la cosecha se vende a compradores intermediarios quienes lo venden en la central de abastos de Morelia, México, Zitácuaro, Uruapan, Tingambato, Tacámbaro, y a los mercados de otras ciudades. Buena parte de la producción se vende en las mismas poblaciones de como Tingambato, y San Felipe de Los Alzati a pie de la carretera (Andrés *et al.*, 1997).

Con respecto a este factor, es recomendable establecer contratos previos, preferiblemente desde el momento de la siembra o al menos un mes antes de la cosecha, en los que se determinen las características que la fruta debe cumplir, así como las condiciones de negociación. Referente a la fruta se entiende que la fruta debe ser entregada sana, sin ningún tipo de daño y lo que se especifica son aspectos como el calibre y el grado de madurez requerido (el cual se expresa en términos de color generalmente).

También la forma de presentación, el precio de acuerdo con el cumplimiento de los parámetros establecidos, la forma de pago, el tiempo y lugar de entrega, son aspectos relacionados con la negociación que también deben ser establecidos en el contrato. Cuando no se cuenta con contrato previo es común encontrar dos situaciones las cuales llevan a pérdidas para el

productor si no se conoce claramente el proceso de maduración de la fruta (García *et al.*, 2008).

VI. SITUACIÓN EDAFOCLIMÁTICA, SOCIOECONÓMICA Y PRODUCTIVA EN EL ESTADO DE CHIAPAS Y MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS LARRAINZAR

Condiciones climáticas del estado de Chiapas

Más de la mitad de su territorio de Chiapas (54%) presenta clima Cálido húmedo, el 40% clima Cálido subhúmedo, el 3% Templado húmedo y el 3% restante tiene clima Templado subhúmedo (Figura 6.1. a).

La temperatura media anual, varía dependiendo de la región, de 18°C en los Altos de Chiapas. La temperatura mínima anual es de 14° y la máxima de 23°C. Durante los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va desde los 6°C y hasta los 21°C, predomina de 9°C a 12°C con el 42.60% de la región, de 12°C a 15°C con el 26.97% de la región. En este mismo periodo, la temperatura máxima promedio oscila de los 18°C y hasta los 33°C, predominando los 21°C a 24°C en el 39.31% de la región y de 24°C a 27°C con el 30.09% de la región.

La precipitación pluvial en estos meses oscila de los 1,000 mm a 1,700 mm. En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va de los 3°C a los 18°C, predominando de 6°C a 9°C en el 40.59% de la región, de 3°C a 6°C en el 20.86% de la región; y la máxima promedio va de los 15°C a 30°C, predominando de los 18°C a 21°C en 11 el 56.46% de la

región y de 21° a 24° en el 26.45% de la región. La precipitación pluvial durante este periodo va de los 75 mm y hasta los 500 mm. La temperatura promedio anual es de 14.8°C, con una precipitación promedio anual de 1,227 mm. La época fría presenta temperaturas de hasta -3°C con presencia de heladas. El clima de Chiapas favorece el cultivo de café, por lo que es el primer productor nacional, también se cultiva: el maíz, sandía, café, mango, plátano, aguacate, cacao, algodón, caña de azúcar y frijol, entre otros.

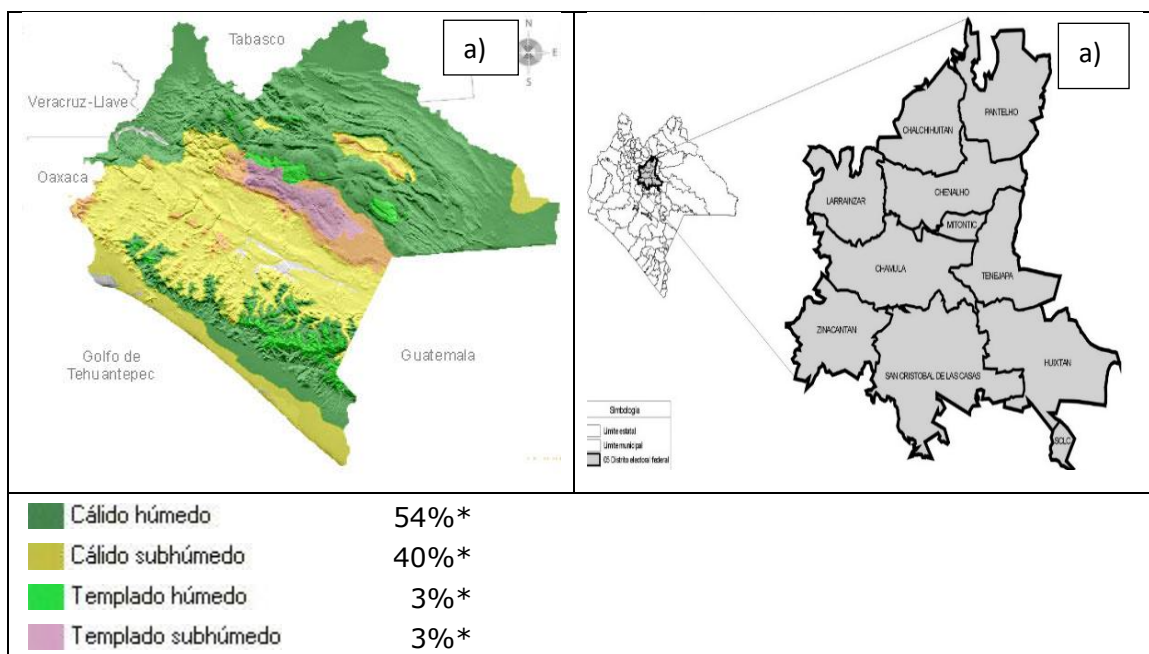


Figura 6.1. Estado de Chiapas a) Climas del estado, b) Región V Altos de Chiapas Tsotsil – Tzeltal.

Clima y suelo de San Andrés Larrainzar Chiapas

El clima de este municipio es templado húmedo con abundantes lluvias en verano, precipitación pluvial es de 1,200 milímetros anuales. El suelo del municipio está constituido geológicamente por terreno cretácico superior e inferior, los tipos de suelo predominante son: Luvisol (63.94%) (INAFED, 2016). Suelo con un horizonte 72% árgico de color pardo a rojo, subsuperficial, con un alto contenido de arcilla, una textura franco-arenosa

o muy fina y un grado de saturación del 50%; carece de propiedades gleicas (alta saturación con agua) en los 100 cm superficiales.

Nitisol haplico: El nitisol es un suelo con 28% un horizonte árgico, subsuperficial, con un contenido de arcilla muy alto, al menos en los 150 cm superficiales, y una textura franco-arenosa o muy fina; sin embargo, carece de plintita (mezcla, rica en hierro y pobre en materia orgánica, que aparece generalmente como manchas rojas); el nitisol háplico carece de una proporción significativa de carbono orgánico.

Phaeozem (22.32%), Alisol (12.76%) y Leptosol (0.98%), su uso principal es pecuario y bosque correspondiendo casi la totalidad de la superficie municipal a terrenos ejidales.

Situación socioeconómica

La región V Altos se caracteriza por contar con población indígena. De las 601,190 personas que habitan la región, 408,958 hablan alguna lengua indígena, esto representa el 68% de la población regional. Según los datos obtenidos por CONAPO, prácticamente todos los municipios indígenas tienen grado de marginación alto o muy alto, acompañados de los porcentajes más altos de población analfabeta, que no concluye la primaria, con la mayor dispersión de asentamientos humanos y sin acceso a servicios públicos municipales básicos. En la región V Tsotsil-Tseltal, 15 de los 17 municipios son Indígenas y se encuentran dentro de los 28 municipios con menor Índice de Desarrollo Humano a nivel estatal y dentro de los 100 existentes a nivel Nacional (INEGI, 2015).

La granadilla en Chiapas

Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es un cultivo emergente en el Estado de Chiapas con un futuro promisorio, por sus bondades alimenticias y fácil manejo agronómico, se sabe que en algunos Estados de la República

Mexicana lo cultivan en huertos de traspatio. En el estado de Chiapas se cultiva como una alternativa para pequeños productores, sin embargo en los últimos años esta fruta se está posicionando de los mercados regionales gracias a su diversidad de uso tanto en consumo en fresco como procesado; obteniendo así precios adecuados y de gran rentabilidad ya que existe una gran sobredemanda poca producción; de igual manera se pueden abrir nuevos mercados nacionales e internacionales ya que los principales países consumidores a nivel internacional de esta fruta son Holanda, Alemania, Francia. Los principales importadores de la granadilla en el mundo son la Unión Europea, Canadá y Estados Unidos de América a la vez algunos de los países de la Unión Europea realizan la reexportación de esta fruta. Llegando a tener un precio de hasta 4.3 euro, la cual ayuda al incremento del precio favoreciendo así un ingreso económico que favorece a las mejoras de las condiciones de vida de nuestros campesinos. La mayoría de los productores del Municipio de San Andrés Larrainzar Chiapas carecen de conocimientos técnicos sobre el manejo agronómico del cultivo de la Granadilla, debido la falta de mercado de destino de sus productos desconocen los estándares de calidad e inocuidad alimenticia, son productores que iniciaron hace menos de 5 años. Para brindarles la información necesaria y actualizada a los productores se hizo una investigación exhaustiva referente al cultivo de granadilla haciendo referencias bibliográficas de investigaciones científicas de otros países, tales como Colombia, Ecuador, Perú, Australia, Sudáfrica, y Estados Unidos (Hawaii y Florida) que son los principales productores de Granadilla.

En el año 2014 la Directora General del INAES, Narcedalia Ramírez Pineda realizó una gira por el estado de Chiapas en compañía de su delegado federal, Marco Antonio Balseca Romero en cumplimiento a lo establecido por el Presidente Enrique Peña Nieto donde visitó personalmente a los productores de la entidad que necesitan un impulso para detonar la economía social de sus familias y comunidades.

Durante la gira de trabajo visitó un proyecto estratégico de granadilla, en el ejido El Guayabal, municipio de San Cristóbal de las Casas, en el que se beneficiaron a 18 grupos de productores y a más de cien familias de la región de los Altos, ahí constató un trabajo integral y coordinado que asegura un mayor y constante impulso a las capacidades productivas del sector primario de la entidad con base en la vertiente "Infraestructura y Proyectos Productivos". Este proyecto consta de un emparrillado, alambrado de acero y balsa de agua de 73 mil litros para cada una de las 18 hectáreas atendidas, apoyo que en conjunto suma 6.7 MDP con lo cual no solo se multiplica la productividad y detona el desarrollo económico de la región sino también es amigable con el medio ambiente (INAES, 2014).

Así mismo en Texcoco, Edo. de México, jóvenes productores chiapanecos son capacitados por la Universidad Autónoma Chapingo a fin de que puedan tener herramientas para superar las condiciones de pobreza que se registran en San Andrés Larráinzar.

También el profesor investigador del Departamento de Fitotecnia de esta institución educativa, **Raúl Nieto Ángel**, informó que la universidad estableció un convenio de colaboración con las autoridades municipales, a fin de capacitar a 700 productores, principalmente para el cultivo de aguacate, granadilla y café. Además, explicó que por el momento se atiende sólo la capacitación en estos cultivos, porque se quiere aprovechar la rentabilidad de los mismos, para que los productores vean los beneficios de manera casi inmediata y con ello mejoren la calidad su calidad de vida.

Indicó además que con este acuerdo entre la universidad y el ayuntamiento chiapaneco se busca que los estudiantes originarios del estado regresen a sus comunidades para atender las necesidades que se registran en el campo.

La Universidad informó que, de acuerdo con datos del ayuntamiento chiapaneco, en esta región se cuenta con al menos 100 hectáreas de granadilla, donde participan alrededor de 330 productores, mientras que en

aguacate son 400 los productores que se capacitan con los técnicos de la Universidad Autónoma Chapingo (EL UNIVERSAL, 2014).

El estado de Chiapas es uno de los estados productores de granadilla, la región V altos de Chiapas Tsotsil – Tzeltal algunas localidades del Municipio de Larrainzar con las coordenadas geográficas Latitud Norte 16°53'01" y Longitud Este 92°42'48" con una altitud de 2020 metros sobre el nivel del mar, son principales productores de granadilla, que son los siguientes: Pechton II 2.87 Ha, Ok'oxton 3.91 Ha, Noctik II 4.5 Ha, Bashantic 11.7 ha, San Cristobalito 22.3 ha, Tajlevilho 17 ha, Stenlejsotztetic 63.3 ha, Buena Vista 10.75 ha, Chuchilton 30.3 ha y Sakpuk'ano 63 ha, sumando un total de 167.46 hectáreas; aunque se han visto huertos de granadilla en algunas localidades del municipio de Zinacantán. En el paraje Chuchiltón Mpio. Larrainzar Chiapas hace más de 80 años la familia Gómez introdujo una planta de granadilla en la comunidad y el Sr. Miguel Hernández Pérez siendo un niño hizo la primera propagación por estaca y esa planta sigue vivo y tiene alrededor de 70 años edad la planta (H. AYUNTAMIENTO, 2016). También se han encontrado plantaciones de traspatio en tres localidades del municipio de Hueyapan (Tanamacoyan, Nexpan y Talzinta) y en Mexcalcuautla, municipio de Teziutlán Estado de Puebla México (Franco *et al.*, 2008) (Figura 6.1. b).

VII. CONCLUSIÓN

Como resultado de la revisión de bibliográfica se concluye que en la región de los Altos Tsotsil-Tzeltal en el municipio de San Andrés Larrainzar, Chiapas existen las condiciones climáticas, edáficas y de mano de obra adecuadas para incrementar la producción y mejorar la calidad del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Si bien, es un cultivo considerado como exótico que ha despertado el interés del gobierno, se encuentra en

una condición emergente y falta mucho por hacer. Para ello si el cultivo recibe un correcto manejo agronómico, buena capacitación técnica a los productores y políticas públicas que impulsen la actividad, se obtendrá productos de calidad con buenos precios en el mercado nacional e internacional y en consecuencia, contribuirá a mejorar el nivel de vida de las comunidades indígenas.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguilar J., Espinoza M., Cabanillas J., Gómez E., Valverde L. y Benavides D. 2014. Efecto de la concentración de albedo y sacarosa sobre las características fisicoquímicas, reológicas y aceptabilidad general en cremogenado de granadilla (*Passiflora ligularis*) Agroindustrial Sci. 4.

Andrés A. J., Almaguer A. G., Santos A. B. P. 1997. El cultivo de la granada china (*Passiflora ligularis* Juss.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 34 p.

Becerra Leor E. N, Rosas G. X., Meneses M. I. y Vásquez H.A. 2014. Caracterización de materiales de maracuyá (*Passiflora spp*) en Veracruz, México. Biológico Agropecuaria Tuxpan. 2(3): 250-254.

Benalcázar L. A., Canessa I. G., Guabloche Z. M., Silva S. H. P. y Peirano A. G. 2001. Seminario de Agronegocio granadilla extracto y fresco. Universidad del Pacífico, Facultad de Administración y Contabilidad. P.p.5-50.

Carrero S. D. A 2013. Fluctuaciones poblacionales del insecto *Dasiops inedulis* (Diptera:Lonchaeidae) en cultivos de granadilla en Boyacá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. P.p.16-63.

Cerdas A. M del M. y Castro R. J. J. 2003. Manual práctico para laproducción, cosecha y manejo de postcosecha del cultivo de granadilla

(*Passiflora ligularis* Juss). Consejo Nacional de Producción Universidad de Costa Rica, Convenio Postcosecha. P.p.11-60.

El Universal. 2014. <http://www.eluniversaledomex.mx/home/chapingo-capacita-a-productores-de-chiapas.html> (marzo 23,2016).

Esquerre I. B., Rojas I. C., Llantas Q. S. y Delgado P. G. E. 2014. El género *Passiflora* L. (Passifloraceae) en el departamento de Lambayaque, Peru. Acta Botánica Malacina 39:55-70.

FAO. 2014. CODEX ALIMENTARIUS, NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B316-2014%252FCXS_316s_2014.pdf (Abril 15,2016).

Fischer G., Casierra P. F. y Piedrahita W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. 47-51 p. *in*: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Cultivo, postcosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba.

Fischer G. y Miranda D. 2010. Passifloraceae Passifloras Maracuya, Granadilla, Curuba, Gulupa. Biotecnología Aplicada al Mejoramiento de los Cultivos de Frutas Tropicales. P.p. 357-363.

Flores D., Brenes J., Guzmán A. 2005. Propagación por estacas y estudio preliminar del establecimiento in vitro de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Tecnología en Marcha 18 (2):86-90.

Franco M. O., Tobar R. J. R., Quijano R. R. y Gonzales H. A. 2008. Caracterización preliminar de frutos de Granada china (*Passiflora ligularis* Juss) en Hueyapan y Teziutlán, Puebla. Ciencia ergo sum. 15:1.

García Muñoz María Cristina 2008. Manual de cosecha y postcosecha de granadilla. Bogotá. Corpoica. 100 p.

H. AYUNTAMIENTO MUNICIPAL DE LARRAINZAR, CHIAPAS. 2015-2017.

INAES. 2014. <http://inaes.gob.mx/index.php/component/content/article/12-prensa/273-chiapas-factor-clave> (Marzo 23, 2016).

INAFED. 2016.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07049a.html> (Abril 17, 2016).

INEGI. 2015. Cuéntame información por entidad

<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/territorio/clima.aspx?tema=me&e=07> (marzo 02, 2016).

Medina L.R., Garcia M.A., Arias M.S. y Alvarado C.L.O 2007. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlan. Departamento de Botánica Instituto de Biología, UNAM. 48: 1-28.

Miranda L.D., Moreno B.N. Y Carranza G.C. 2015. Un modelo para el manejo de la nutrición en el cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) 119-148 p. *in:* Granadilla (*Passiflora ligularis* juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo.

Muñoz K., Londoño J., Sepúlveda S., Gómez M., Tavares A. I. and Carvalho C. P. P. 2014. *in:* Iberian-American Fruits Rich in Bioactive Phytochemicals for Nutrition and Health p.151-155.

Restrepo S. J. C., Sánchez L. R., Gallego B. J. F., Beltrán O. T., Soto R. C. A., y Rodríguez T. M. E. 2011. Manejo fitosanitario del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis*) medidas para la temporada invernal. Línea agrícola. p.p. 7-29.

Ríos Córdova Julio Cesar. 2012. Perfil de mercado de la granadilla (*Passiflora ligularis*) en el Perú. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. p.p. 9-50.

Rivera B., Miranda D., Ávila L. A. y Nieto A.M. 2002. Manejo Integral del Cultivo de la Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Editorial Litoas. Manizales, Colombia. 130 p.

Saravanan S. and Parimelazhagan T. 2014. In vitro antioxidant, antimicrobial and anti-diabetic properties of polyphenols of *Passiflora ligularis* Juss, fruit pulp. Food Science and Human Wellness. 3: 56-64.

IX. APÉNDICE

NORMA PARA LAS FRUTAS DE LA PASIÓN CODEX STAN 316-2014

CODEX ALIMENTARIUM

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

1. Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de frutas de la pasión de las especies granadilla¹ (*Passiflora ligularis* Juss), fruta de la pasión morada² (*Passiflora edulis* Sims forma *edulis*), fruta de la pasión amarilla³ (*Passiflora edulis* Sims forma *flavicarpa*) y sus híbridos, obtenidas de la familia *Passifloraceae*, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su preparación y envasado. Se excluyen las frutas de la pasión destinadas a la elaboración industrial.

2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

a. Requisitos Mínimos

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las frutas de la pasión deberán:

- estar enteras;
- presentar una apariencia fresca;
- ser de consistencia firme;
- estar sanas, y exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo;
- estar limpias y exentas de cualquier materia extraña visible;
- estar prácticamente exentas de plagas y daños causados por ellas, que afecten al aspecto general del producto;
- estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraño;
- estar dotadas de un tallo/pedúnculo. Para la granadilla¹, el pedúnculo deberá llegar hasta el primer nudo;
- exentas de hundimientos -se aplica a la granadilla¹;
- exentas de grietas.

Las frutas de la pasión deberán haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez⁴, de conformidad con los criterios propios de la variedad y la zona en que se producen.

El desarrollo y condición de las frutas de la pasión deberán ser tales que les permitan:

- soportar el transporte y la manipulación; y
- llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

2.2 Clasificación

Las frutas de la pasión se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 Categoría "Extra"

Las frutas de la pasión de esta categoría deberán ser de calidad superior y características de la variedad. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

2.2.2 Categoría I

Las frutas de la pasión de esta categoría deberán ser de buena calidad y características de la variedad. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- defectos leves de forma;
- defectos leves de la corteza como cicatrices. Estos defectos no deberán superar el 10% de la superficie total del fruto;
- defectos leves de coloración.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

2.2.3 Categoría II

Esta categoría comprende las frutas de la pasión que no califican para ser incluidas en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando las frutas de la pasión conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- defectos de forma como una prolongación de la zona cercana al pedúnculo;
- defectos de la corteza como cicatrices o rugosidad. Estos defectos no deberán superar el 20% de la superficie total del fruto;
- defectos de coloración.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

3. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES

Las frutas de la pasión se pueden clasificar por el diámetro, por conteo, por el peso o de conformidad con otras prácticas comerciales existentes (Cuando tal sea el caso, el envase deberá estar convenientemente etiquetado (cuadro 8.1)).

- (A) Cuando se clasifican por conteo, el calibre se determina por el número de frutos en cada envase.
- (B) Cuando se clasifican por diámetro, el calibre se determina por el diámetro de la sección ecuatorial del fruto. El siguiente cuadro sirve de guía y puede utilizarse de manera facultativa:

Cuadro 8.1. Clasificación por diámetro.

Código de calibre	Rango de diámetro (mm)
A	> 78
B	> 67 - 78
C	> 56 - 67
D	≤ 56*

Fuente: (FAO, 2014).

* El diámetro mínimo para la granadilla¹ es 56 mm.

- (A) Cuando se clasifican por peso, el calibre se determina por el peso del fruto. El siguiente cuadro sirve de guía y puede utilizarse de manera facultativa (Cuadro 8.2.)

Cuadro 8.2. Clasificación por peso.

Código de calibre	Rango de peso (g)
A	> 139
B	> 128 - 139
C	> 122 - 128
D	> 106 - 122
E	> 83 - 106
F	≥ 74 - 83

Fuente: (FAO, 2014).

4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS

En cada envase se permitirán tolerancias de calidad y calibre para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

4.1 Tolerancias de Calidad

4.1.1 Categoría "Extra"

El 5%, en número o en peso, de las frutas de la pasión que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la Categoría I o,

excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2 Categoría I

El 10%, en número o en peso, de las frutas de la pasión que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para ésta última.

4.1.3 Categoría II

El 10%, en número o en peso, de frutas de la pasión que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptas para el consumo.

4.2 Tolerancias de Calibre

Para todas las categorías o presentaciones, el 10%, en número o en peso, de frutas de la pasión que correspondan al calibre inmediatamente inferior y/o superior al indicado en el envase.

5. DISPOSICIONES SOBRE LA PRESENTACIÓN

5.1 Homogeneidad

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente por frutas de la pasión del mismo origen, variedad, calidad, color y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2 Envasado

Las frutas de la pasión deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos⁵, estar limpios y ser de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Las frutas de la pasión deberán disponerse en envases que se ajusten al Código de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995).

5.2.1 Descripción de los envases

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para garantizar la manipulación, el transporte y la conservación adecuada de las frutas de la pasión. Los envases deberán estar exentos de cualquier materia y olor extraños.

6. MARCADO O ETIQUETADO

6.1 Envases destinados al Consumidor

Además de los requisitos de la Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

6.1.1 Naturaleza del Producto

Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto: granadilla¹, fruta de la pasión morada², fruta de la pasión amarilla³ y, facultativamente, con el de la variedad.

6.2 Envases no destinados a la Venta al por Menor

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble, y visibles desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan el envío.

6.2.1 Identificación

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (facultativo).⁶

6.2.2 Naturaleza del Producto

Nombre del producto: granadilla¹, fruta de la pasión morada², fruta de la pasión amarilla³ si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad (facultativo).

6.2.3 Origen del Producto

País de origen y, facultativamente, nombre del lugar, distrito o región de producción.

6.2.4 Especificaciones Comerciales

- Categoría;
- Calibre, expresado de conformidad con uno de los siguientes métodos:
 - Conteo.
 - Código de calibre y rango.
 - Rango de calibres.
- Peso neto (facultativo).

6.2.5 Marca de Inspección Oficial (facultativo)

7. CONTAMINANTES

El producto al que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberá cumplir con los niveles máximos de la Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

El producto al que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberá cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

8. HIGIENE

Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones adecuadas de los Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas

Frescas (CAC/RCP 53-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

El producto deberá cumplir con los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos (CAC/GL 21-1997).