

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“BANCO DE GERMOPLASMA DEL AGUACATE
(*Persea americana*) DEL CAMPO EXPERIMENTAL
BAJÍO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

ANGÉLICA SÁNCHEZ ECHEVERRÍA

Para obtener el título de:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Director interno: M.E Walter Manuel Zúñiga Maldonado

Director externo: Dr. Salvador Montes Hernández

Salvatierra, Gto.

Abril, 2024

**ANEXO XXXIII.
FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL**

Salvatierra, Guanajuato, 22/marzo/2024
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. ING. LIZBETH ESTEFANÍA ESCOBAR PANIAGUA
Jefe del Departamento de Servicios Escolares
ITESS
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto de titulación integral para para su impresión y realización del acto de examen profesional:

Nombre del estudiante y/o egresado:	ANGÉLICA SÁNCHEZ ECHEVERRÍA
Carrera:	INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE
No. de control:	AG18110243
Nombre del proyecto:	"BANCO DE GERMOPLASMA DEL AGUACATE (<i>Persea americana</i>) DEL CAMPO EXPERIMENTAL BAJÍO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS"
Producto:	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica



M E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado
Encargado coordinador de Ing. Innovación Agrícola

	Ramón Medina Plaza.	
DIRECTOR M E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado	REVISOR* Ing. Ramón Medina Plaza	REVISOR* Dr. Pedro E. Moreno Zacarías

* solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p. Expediente





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA**

COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

TESIS
Presentada por:

Angélica Sánchez Echeverría

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Aprobado por

Ing. Walter Manuel Zúñiga
Maldonado
Director interno de Tesis

Dr. Salvador Montes Hernández
Director externo de Tesis

Ing. Ramón Medina Plaza
Revisor

Dr. Pedro E. Moreno Zacarías
Revisor

ME. Walter Manuel Zúñiga Maldonado

Coordinador de Innovación Agrícola Sustentable

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Infinitamente agradecida por darme vida y salud suficiente para cumplir mis objetivos en la vida, porque con su bendición y consuelo me ha dado fuerzas necesarias para perseguir todas mis metas a pesar de los obstáculos.

A mi familia.

Principalmente doy gracias a mis padres Eduardo Sánchez Echeverría y Cristina Echeverría Carreño, por el trabajo y esfuerzo de su vida para permitirme terminar una carrera profesional, por ser mi inspiración en este trayecto para culminar mi proyecto universitario, a mis hermanas, Diana, Cristina y Guadalupe por ser mis amigas que estuvieron apoyándome cuando sentía que ya no podía más y a mi pareja Carlos Marcelo Chacha López por ser mi mejor amigo y compañero, por todo su apoyo incondicional que me ha brindado, por escucharme en mis días más difíciles y no permitirme caer ante los obstáculos, pero sobre todo porque cada día hace que me supere como persona.

A mis amigos.

A mis amigos Diana, José y Christian que fueron de gran importancia durante mi trayecto, por su apoyo, motivación y comprensión, siempre tendrán un lugar en mi corazón.

A mis asesores.

Walter Manuel Zúñiga Maldonado fue mi maestro en la mayor parte de mi carrera, al cual quiero agradecerle por el conocimiento, paciencia y apoyo durante toda mi educación y al Dr. Salvador Montes Hernández por brindarme su tiempo, apoyo, paciencia y conocimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto y poder culminar mis estudios.

A mis revisores.

Ramón Medina Plaza y Pedro E. Moreno Zacarias por su tiempo, dedicación y apoyo para mejorar en la redacción y escritura para ser un proyecto de calidad.

DEDICATORIA

A mis padres.

Eduardo Sánchez Echeverría y Cristina Echeverría Carreño.

No hay palabras para agradecer todo lo que han hecho por mí, porque estuvieron en la etapa más difícil de mi vida, cuando todo en mi vida se vino abajo y vieron mi peor versión, pero hoy gracias a todo su amor y apoyo pude salir adelante.

Ambos me han enseñado que no importa cuantas veces puedo caerme ya que lo importante es levantarse y no dejar que las adversidades me detengan para lograr mis objetivos.

No tengo palabras suficientes para agradecer todos y cada uno de sus sacrificios que han hecho por mí y para concluir esta carrera, es por esto que como agradecimiento les dedico mi trabajo el resultado de todos estos años, porque sé que sin ustedes esto no sería posible, por eso y muchas cosas más...gracias.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	5
INDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
EXECUTIVE SUMMARY	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	14
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 General	18
1.3.2 Específicos	18
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Fundamento teórico.	21
2.2.1 Origen del cultivo.	21
2.2.2 Usos.	21
2.2.3 Importancia económica.	22
2.2.3.1 Producción a nivel mundial	22
2.2.3.2 Producción a nivel nacional.	22
2.2.4 Taxonomía.	23
2.2.5 Morfología.	24
2.2.5.1 Sistema radicular.	24
2.2.5.2 Tallo.	24

2.2.5.3 Hojas.	24
2.2.5.4 Flores.	24
2.2.5.5 Fruto.	25
2.2.6 Variedades.	25
2.2.6.1 Hass.	25
2.2.6.2 Booth.	25
2.2.6.3 Criollo.	26
2.2.7 Requerimientos edafoclimáticos.	26
2.2.7.1. Suelos.	26
2.2.7.2 PH y salinidad.	27
2.2.7.3 Temperatura.	27
2.2.7.4 Humedad.	27
2.2.8 Labores culturales.	27
2.2.8.1 Lámina de riego.	27
2.2.8.2 Fertilización.	28
2.2.8.3 Poda.	29
2.2.8.4 Marco de plantación.	29
2.2.8.5 Propagación.	30
2.2.9 Plagas y enfermedades	30
2.2.9.1 Plagas.	30
2.2.9.2 Enfermedades.	30
2.2.10 Cosecha.	33
2.3. Bancos de germoplasma.	33
2.3.1 Utilidad de los bancos de germoplasma.	33
2.3.2 Clasificación.	34

2.3.3 Adquisición de material.....	35
2.3.4 Conservación.....	35
2.3.5 Multiplicación y regeneración de material.	35
2.3.6 Caracterización.....	36
2.3.7 Documentación	36
2.3.8 Evaluación de la caracterización.	37
2.4 Regeneración de bancos de germoplasma.	37
2.4.1 Cuando regenerar.	38
2.4.2 Tipo de colección.....	39
2.4.3 Preparación del material.....	39
2.4.4 Selección de ambiente.....	39
2.4.5 Aislamiento.....	40
2.4.6 Manejo del cultivo.	40
2.4.7 Monitoreo de la identidad de la accesión.	40
2.4.8 Cosecha.	41
2.4.9 Plagas y enfermedades comunes.....	41
CAPITULO 3 METODOLOGÍA	42
3.1 Actividades.....	42
3.1.1 Área de estudio.	42
3.1.2 Establecimiento del experimento.	43
3.1.3 Diagnóstico del banco de germoplasma.....	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores de aguacate del 2020	22
Tabla 2. Principales estados productores de aguacate, en la República Mexicana.....	23
Tabla 3. Ubicación taxonómica del aguacate cultivado.....	23
Tabla 4. Principales plagas en el cultivo de aguacate.	31
Tabla 5. Principales enfermedades del cultivo de aguacate.	32
Tabla 6: Accesiones inventariadas de <i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i> del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, INIFAP.	47
Tabla 7. Número de accesiones del banco de germoplasma (BG) de aguacate que se reportan vivas y el número de repetición existente.....	49
Tabla 8. Ubicación de los materiales sobrevivientes en el CEBAJ.....	52
Tabla 9. Promedios, valores mínimos y máximos, desviación estándar y coeficientes de variación de cada variable evaluada en 34 accesiones de aguacate del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío.	56
Tabla 10. Valores propios y proporción de la variación explicada por los primeros tres componentes principales en aguacate.....	57
Tabla 11. Valores de los vectores de los primeros tres componentes principales (CP) en 34 accesiones de aguacate del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP).....	42
Figura 2. Evaluación y diagnóstico de las accesiones del banco de germoplasma.....	43
Figura 3. Valoración de las accesiones del banco de germoplasma.....	43
Figura 4. Identificación de accesiones con datos pasaporte.....	44
Figura 5. Diagrama de ordenación de 34 accesiones de aguacate de la raza mexicana (<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>) del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, con base en los componentes principales 1 y 2. Cada número corresponde al número de registro mencionado en el Tabla 11.	59
Figura 6. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) para 18 caracteres morfológicos de 34 accesiones de aguacate de la raza mexicana (<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>) del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, con base en distancias euclidianas.	60

INDICE DE GRAFICAS.

Gráfica 1. Número de accesiones existentes y el número de repeticiones totales dentro del banco de germoplasma.....	50
Gráfica 2. Número de accesiones de aguacate existentes en seis diferentes repeticiones, en el banco de germoplasma de aguacate, y el número total de árboles en cada una de estas categorías referidas.....	51

RESUMEN

El aguacate (*Persea americana*) es originario de Mesoamérica, en donde México, muestra una gran diversidad, principalmente en regiones donde tradicionalmente se explotaban variedades locales, que, en últimas fechas, han sido desplazadas al utilizar variedades introducidas. La conservación y estudio de germoplasma de *Persea* es esencial para mantener la diversidad genética existente, así como sostén de su utilización, para el futuro la industria agrícola, comercial y social de la cadena del aguacate de México. En el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, existe un banco de germoplasma *ex situ*, ubicado en el campo, a cielo abierto, el cual es único en su género, por la variación de aguacates que conserva, los cuales son de la raza mexicana, pero el cual, ha sido relegado en su mantenimiento en los últimos años, por lo que el objetivo de estudio es conocer el estado que guarda, y contribuir en el mantenimiento de este banco. Se llevó a cabo, un inventario, recuento y verificación del estado que guardan las accesiones que se encuentran en la huerta, en relación con la situación actual de la diversidad del banco de aguacate, lo cual ha mostrado que se han perdido algunas accesiones, por lo que es urgente realizar y coordinar acciones tendientes a rescatar, conservar, y evaluar, el germoplasma de dicha colección. Encontramos que, del total de accesiones existentes originalmente en el banco, se ha perdido el 23.5% y se ha reducido el número de repeticiones de cada accesión, al comparar la población actual, con lo reportado inicialmente. Por otro lado, en el estudio de la diversidad morfológica del banco de germoplasma encontramos que existe mucha variación la cual se muestra principalmente en las variables tamaño de fruto, etc.

EXECUTIVE SUMMARY

The avocado is native to Mesoamerica, where Mexico shows great diversity, mainly in regions where local varieties were traditionally exploited, which in recent times have been displaced by using introduced varieties. The conservation and study of *Persea* germplasm is essential to maintain the existing genetic diversity, as well as support its use, for the future of the agricultural, commercial and social industry of the avocado chain production in Mexico. In the Campo Experimental Bajío (CEBAJ) of INIFAP, there is an ex situ germplasm bank, located in the field, in the open sky, which is unique in its kind, due to the variation of avocados that it preserves, which are of the race mexicana, but which, has been relegated in its maintenance in recent years, so the objective of the study is to know the state it keeps, and contribute to the maintenance of this bank. An inventory, count and verification of the state of the accessions found in the orchard was carried out, in relation to the current situation of the diversity of the avocado bank, which has shown that some accessions have been lost, due to what is urgent to carry out and coordinate actions aimed at rescuing, conserving, and evaluating the germplasm of said collection. We found that, of the total accessions originally existing in the bank, 23.5% has been lost and the number of repetitions of each accession has been reduced, when comparing the current population with what was initially reported. On the other hand, in the study of the morphological diversity of the germplasm bank, we found that there is a lot of variation, which is mainly shown in the variables of fruit size, etc.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

El aguacate (*Persea spp.*) es uno de los cultivos originarios de México, que destaca en su importancia económica y social, el cual presenta una gran diversidad genética con grandes posibilidades para su aprovechamiento, debido a que es una especie nativa y presenta una biología floral que propicia su polinización cruzada. Esta diversidad se manifiesta en diversos caracteres, tales como forma, color, tamaño y sabor de las hojas y frutos, y en su fenología (Barrientos y López, 2000; Montes, et al., 2017)

México, es el país que cuenta con más de 167 mil hectáreas plantadas de aguacate (SIAP, 2022). Dentro del sector agrícola mundial, nuestro país destaca como productor, con un promedio de 2,300,889 toneladas, lo cual representa el 33.9% de la producción total (SIAP, 2020). La mayor superficie terrestre, de este cultivo, se distribuye en Michoacán, estado que destaca como el mayor productor de aguacate, aportando 74% de la producción nacional (2.4 millones de toneladas), seguido por los estados de Jalisco y México con 12 y 4%, respectivamente (Cruz, et al., 2022). Gran parte de la diversidad genética de plantas útiles del mundo, está resguardado en centros de conservación *ex situ*, los cuales tienen el propósito de conservar el germoplasma fuera de los 10 hábitats naturales en los que se desarrollan los organismos. Las estrategias de conservación de este tipo pueden ser: los jardines botánicos, los bancos de semillas y polen, las colecciones de ejemplares vivos y en crio preservación, las colecciones *in vitro*, y los bancos de genes (Reveles y Velásquez, 2017).

Un soporte fundamental para cualquier programa de mejora genética lo constituyen los bancos de germoplasma y jardines clonales (Villareal, 2021). Un banco de germoplasma, tiene por objetivo preservar la diversidad genética. Por este motivo sus genes son conservados como un recurso a ser utilizado para el futuro, con fines de investigación, incluyendo el mejoramiento genético. Dicha diversidad genética comprende la variación hereditaria, esta variación se encuentra en el ADN y es lo

que permite a las especies dar mejores (o peores) características adaptativas a las siguientes generaciones adaptarse (Condón y Rossi, 2018).

La conservación y estudio de germoplasma de *Persea* es esencial para mantener la diversidad genética existente, a través de dicha variación que se posee, se han desarrollado diversos materiales mejorados, en los que, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha sido un pilar muy importante, por ser esta, una de sus principales actividades (González, et al., 2021). La caracterización de una colección de germoplasma consiste en registrar aquellas características cualitativas y cuantitativas que son altamente heredadas, que pueden ser fácilmente observadas, así como expresadas en la mayoría de los ambientes (Gazel, 2002).

Según Querol (1988), caracterización es la toma de los datos mayormente cualitativos, para describir y así diferenciar accesiones de una misma especie. En general la evaluación, bajo diferentes condiciones ambientales, busca propósitos más específicos, como rendimiento, resistencia a enfermedades, sequía; mientras que la descripción sistemática (un sólo ambiente) busca propósitos múltiples, como características taxonómicas y agronómicas (Morera, 1981).

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El análisis de componentes principales transforma un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, su objetivo es reducir la dimensionalidad en la cual se expresa el conjunto original de variables y de establecer patrones de comportamiento en los sistemas ecológicos. Posee gran importancia en el campo agropecuario con el fin de explicar la variabilidad relacionada con la morfometría de los animales, factores de producción animal, análisis y evaluación de pastos y forrajes, evaluación de la calidad de leche y de la carne, aspectos ambientales relacionados con el hato, evaluación de la calidad del agua para implementaciones piscícolas, entre una gama de aplicaciones (Restrepo, et al., 2012).

Análisis de Conglomerados Jerárquicos (ACJ)

Análisis de conglomerados es la denominación de un grupo de técnicas multivariantes cuyo principal propósito es agrupar individuos u objetos de acuerdo a las características que poseen. Esta metodología reúne a los individuos en conglomerados (clusters), de tal forma que los elementos de un mismo agrupamiento son más parecidos entre sí que a los elementos de otros conglomerados. Lo que se intenta de esta forma es maximizar la homogeneidad de los objetos dentro de los conjuntos mientras que a la vez se maximiza la heterogeneidad entre los agregados. Con esta técnica, uno de los métodos de aglomeración de los elementos consiste en la construcción de una estructura jerárquica en forma de árbol denominada dendrograma. En este caso, cada nuevo individuo evaluado se va incorporando dentro de un conglomerado de acuerdo a la similitud de los valores que tomaron sus variables con los de otros individuos. Cada conglomerado a su vez puede agregarse a otro conformando uno nuevo, y así sucesivamente hasta la obtención de un único conjunto (que representa lógicamente la misma muestra original) (Borracci y Arribalzaga, 2005)

En el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) ubicado en Celaya, Guanajuato, México, existe un banco de germoplasma de aguacate, principalmente de la raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*). Su establecimiento inició en 1972 y cuenta con variedades locales de la zona y de otras partes de México. Este banco de germoplasma es una colección que resguardaba 162 accesiones en una superficie de 4.0 ha bajo un sistema de plantación marco real (5 x 10 m), su fin es conservar el germoplasma de esta especie, siendo necesario estudiarlo y conocerlo para poder utilizar la diversidad ahí representada (Montes, et al., 2017).

1.1 Planteamiento del problema

El aguacate (*Persea americana*) al ser un cultivo de alta importancia económica a nivel nacional, es primordial su conservación y estudio de germoplasma para mantener la diversidad genética existente, para el sostenimiento futuro, de la cadena productiva del aguacate de México, al ser un cultivo que se encuentra expuesto a diversos factores fitosanitarios y ambientales que lo amenazan de manera potencial, es primordial promover la conservación y aprovechamiento de los recursos. Durante las últimas cuatro décadas los materiales nativos y silvestres de aguacate han estado desapareciendo rápidamente, al igual que otras especies nativas, por esto conocer el estado actual de las accesiones conservadas permitirá generar una propuesta de mejora del banco de germoplasma de aguacate del Campo Experimental Bajío del INIFAP, debido a que en esta colección se encuentran varias selecciones sobresalientes de interés para productores de aguacate de diversas regiones del país (Mondragon et al., 2011).

1.2 Justificación

México forma parte de una de las regiones consideradas con mayor diversidad biológica en el mundo, y se ha distinguido como centro de origen y diversidad, de diversas plantas cultivadas, dentro de las que se encuentra el aguacate, siendo el frutal más importante económicamente, de origen mexicano, ya que ocupa el primer lugar en el sector agrícola como productor mundial y destacan en su importancia social y económica, este fruto presenta una gran diversidad genética con grandes posibilidades para su aprovechamiento dentro del mercado, de esta manera se han llevado a cabo diferentes estudios y trabajos de investigación enfocados en el mantenimiento y mejora genético (Viera et al., 2016; Du Plooy et al., 1992; Ayala y Ledesma, 2014), una de las maneras más fáciles y eficaces para mantener una investigación de manera adecuada es el uso y manejo de los bancos de germoplasma, los cuales se han considerado un soporte fundamental para cualquier programa de mejora genética para las plantas, los cuales se basan en la conservación y maximización de la diversidad de accesiones recolectados de

poblaciones en campo o en su centro de origen, siendo de gran utilidad para la conservación de cultivos de importancia agrícola y alimenticia.

Este estudio, se inició con un diagnóstico de la situación actual de la diversidad genética del género *Persea*, el cual se encuentra en peligro, porque, por falta de mantenimiento, se han perdido diversas accesiones, por lo que es urgente realizar y coordinar acciones tendientes a rescatar y conservar el germoplasma que aún queda. Esta actividad de conservación y estudio del germoplasma del género *Persea* es importante para representar su diversidad genética, la cual constituye la base para la búsqueda de portainjertos tolerantes a salinidad, sequía y enfermedades, así como para la generación de nuevas variedades de aguacate.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Valorar la situación de las accesiones del banco de germoplasma de aguacate del CEBAJ.

1.3.2 Específicos

- Conocer las accesiones existentes dentro del banco de germoplasma de aguacate.
- Inventariar el número de accesiones del banco de germoplasma.
- Analizar parte de la diversidad morfológica del banco de germoplasma

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

En relación con la cuantificación de la diversidad genética en el aguacate, Montes-Hernández, et al., en 2017, evaluaron 114 accesiones, de 35 poblaciones, que se encuentran en este banco de germoplasma, con el objetivo de caracterizar la variabilidad morfológica existente en el banco de germoplasma de aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*), del Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato, México. Para determinar las relaciones morfológicas entre las poblaciones se registraron 21 variables cuantitativas de hoja y fruto, con las que se hicieron análisis estadísticos descriptivos, de agrupamiento con base en la distancia euclidiana y de análisis de componentes principales (ACP). La variación y diferenciación morfológica entre poblaciones fue muy alta, los coeficientes de variación (CV) oscilaron entre 11.37 a 77.6 con media de 28.63. Las variables peso del fruto y del mesocarpio, y el diámetro del fruto, fueron las características que mostraron mayor variación.

Por su parte, Vidales, et al., en 2011 señalaron que el rescate de germoplasma de aguacate, es fundamental para iniciar programas de mejoramiento genético en este frutal, además de evitar la erosión genética, se demanda como en cualquier especie el contar con la variabilidad que sirva de base en la búsqueda de genes que coadyuven en la formación de un excelente genotipo.

En adición a lo anterior, Reyes et al. (2015), refieren que el Centro de México, es una región en donde prevalece la diversidad de aguacates nativos, algunos de ellos utilizados por los pobladores y otros aún sin conocer. Desde hace años se desarrolla la conservación *ex situ* de algunos, pero la labor principal de conservación la desarrolla el poblador de manera *in situ*. El conocimiento de la diversidad de una región comprende el trabajo de descripción e identificación de genotipos sobresalientes, al mismo tiempo pueden ser conocidos y utilizados sus atributos:

destacando su uso potencial como variedad para el consumo en fresco, industria, portainjerto o atractivo ornamental.

Como complemento a lo anterior, en un trabajo realizado por Rodríguez, et al., (2015), en donde caracterizaron 21 accesiones del banco de germoplasma de aguacate criollo de CORPOICA en la búsqueda de materiales de aguacate *Persea americana* Mill., potencialmente resistentes a la enfermedad de pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. Dos cepas patogénicas de este hongo fueron evaluadas con el objetivo de identificar accesiones del banco de germoplasma como tolerantes, y potencial uso como portainjertos para el manejo preventivo de esta enfermedad, encontrando diferencias significativas para algunas accesiones de aguacate, por su alta tolerancia.

Para finalizar, un trabajo realizado por Hernández et al. (2019), caracterizó la variación morfológica infraespecífica de orquídeas a través del labelo de *Vanilla pompona* analizando 80 flores provenientes de 23 ejemplares del estado de Oaxaca, México, obteniendo 60 variables que se agruparon en la región basal, media y apical. Entre recolectas, 58 variables analizadas fueron estadísticamente significativas. El modelo explicó 81% de la variación total estudiada con los 3 primeros componentes principales. Existe variación morfológica floral del labelo en *Vanilla pompona* representado por 4 morfotipos en Oaxaca, resultado de la probable presión y selección por parte de los polinizadores y el ambiente, donde los complejos montañosos posiblemente han coadyuvado como barrera geográfica.

2.2 Fundamento teórico.

2.2.1 Origen del cultivo.

El aguacate (*Persea americana*) es un árbol originario de Mesoamérica, de donde México forma parte (Harlan, 1975; Larracoechea-Aguirre, 2018). Su nombre proviene del náhuatl ahuacatl, que significa “testículos de árbol”, por la forma del fruto y su origen data de más de 10 mil años, de acuerdo con vestigios encontrados en una cueva de Coxcatlán, Puebla, donde se detectaron restos de la especie *Persea americana* Mill (García, 1997; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021). Los indígenas mexicanos denominaron quilahuacatl al fruto pequeño, y tlacotlahuacatl al fruto de tamaño grande, conocido actualmente como “aguacate padre”. En México el aguacate, como tal, tuvo su origen en las partes altas del centro y este del país, regiones en donde se considera se llevó a cabo su domesticación.

2.2.2 Usos.

El aguacate, presenta una variada posibilidad de usos como productos industrializados entre otros: pulpas como base para productos untables, tanto frescas como refrigeradas o congeladas, mitades congeladas, y obtención de aceite, tradicionalmente para fines cosméticos, pero este último tiempo se ha incrementado la producción de aceite extra virgen para fines culinarios, teniendo un gran potencial futuro por sus propiedades. Dentro de las alternativas nombradas, el puré de aguacate congelado ha sido el que ha tenido un mayor volumen de producción al ser utilizado como base para productos untables constituyendo la base del “Guacamole”, muy popular en México, país con mayor consumo en el mundo (Olaeta, 2003).

2.2.3 Importancia económica.

2.2.3.1 Producción a nivel mundial.

En todo el mundo se producen 4,364,940 toneladas de aguacate al año. México es el mayor productor de aguacate del mundo con un volumen de producción de 1,889,354 toneladas por año. República Dominicana ocupa el segundo lugar con una producción anual de 601,349 toneladas. La restante producción se distribuye en varios países como Perú, Colombia, Indonesia, Brasil y Estados Unidos, etc. (SIAP, 2020; Díaz, 2021), lo cual se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Principales países productores de aguacate del 2020

País	Producción (ton)	Producción (ha)	Rendimiento (kg/ha)
México	1,889,354	180,536	10,465.2
República dominicana	601,349	13,375	44,960.7
Perú	455,394	37,871	12,024.8
Colombia	309,431	35,114	8,812.2
Indonesia	304,938	23,957	12,728.5
Brasil	195,492	10,855	18,009.4
Kenia	176,045	10,305	17,083.5
Estados unidos de américa	172,630	23,241	7,427.8
chile	137,365	29,933	4,589.1
República popular china	122,942	20,065	6,127.1

Fuente: (Díaz, 2021).

2.2.3.2 Producción a nivel nacional.

En México se producen 2,540,715.37 toneladas de aguacate al año. Michoacán se posiciona como el mayor productor de aguacate en todo México con un volumen de producción de 1,858,407.41 toneladas por año. Siguiendo Jalisco en segundo lugar con una producción anual de 308,813.41 toneladas y el Estado de México en tercer lugar con 127,731.16 toneladas por año (tabla 2). Guanajuato se posiciona en el lugar no. 16 con una producción anual de 1,931.90 toneladas (SIAP, 2020).

Tabla 2. Principales estados productores de aguacate, en la República Mexicana.

Estado	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha)
Michoacán	176,179.35	168,755.10	1,858,407.41	11.01
Jalisco	28,647.79	27,832.79	308,813.21	11.1
México	13,123.71	10,655.16	127,732.16	11.99
Nayarit	8,028.80	6,973.30	74,998.65	10.76
Morelos	5,713.00	5,615.00	52,668.80	9.38
Guerrero	3,478.58	2,936.86	21,955.09	7.48
Puebla	3,245.27	2,508.04	19,884.04	7.93
Chiapas	3,370.81	2,544.06	16,033.53	6.3
Oaxaca	3,472.43	2,742.16	14,300.67	5.22
Yucatán	602.68	526.18	12,965.68	24.64

Fuente: (SIAP, 2020).

2.2.4 Taxonomía.

Descripción taxonómica del aguacate (*Persea americana*) (tabla 3)

Tabla 3. Ubicación taxonómica del aguacate cultivado.

Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Ranales
Familia	Lauraceae
Genero	<i>Persea</i>
Especie	<i>americana</i>

Fuente: (García, et al., 2017).

2.2.5 Morfología.

2.2.5.1 Sistema radicular.

El árbol de aguacate presenta un sistema radicular poco profundo, la raíz principal es corta y débil, como la mayoría de las especies arbóreas, originaria de ambientes ricos en agua durante su periodo vegetativo alcanzando profundidades de 1 a 1.5 m. El sistema radicular tiene un patrón de crecimiento horizontal (López-Monzón, et al., 2019).

2.2.5.2 Tallo.

La corteza de este es suave y tiende a desprenderse con facilidad, lisa y en ocasiones se agrieta, presenta una abundante ramificación muy susceptibles a quebraduras por acción del viento o quemaduras por sobre exposición al sol (López-Monzón, et al., 2019; Baíza, 2003).

2.2.5.3 Hojas.

Con inserción peciolada, con epidermis pubescente, al llegar a la madurez se tornan lisas, estas son simples, alternas enteras, elípticas alargadas y con nervadura pinnadas, verdes que han cumplido su ciclo. El árbol se desfolia cuando existe renovación de ramas y hojas (López-Monzón, et al., 2019; Baíza, 2003).

2.2.5.4 Flores.

Flores perfectas en racimos terminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea

la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B (López-Monzón, et al., 2019; Baíza, 2003).

2.2.5.5 Fruto.

El fruto del aguacate es una baya carnosa de forma periforme, ovoide, globular o alargada. El color de la cáscara varía de verde claro a verde oscuro y de violeta a negro (López-Monzón, et al., 2019).

2.2.6 Variedades.

2.2.6.1 Hass.

El aguacate Hass fue obtenido por semilla de una planta de la raza guatemalteca en la Habra Heights, California, Estados Unidos, por Rudolph Hass y patentado en 1935. Es la principal variedad comercial en el mundo. El árbol presenta un crecimiento inicial de lento a moderadamente agresivo, que depende de la radiación solar. Posee una copa achaparrada, muy productiva en los tercios inferior y medio. Las hojas son lanceoladas y largas. El fruto es oval o periforme, con un peso entre 150 a 300 gramos, la cáscara es gruesa. El aguacate Hass es altamente productivo y con riego localizado, puede alcanzar alrededor de 16 toneladas por hectárea (Alfonso, 2008).

2.2.6.2 Booth.

Es un híbrido de los grupos Antillano y guatemalteco, cruzado por “William Boothen” Homestead, Florida. Su propagación a gran escala comenzó en el año 1935, difundiéndose recientemente en regiones tropicales cálidas y húmedas de América. El árbol tiene un crecimiento horizontal agresivo en los primeros años. Es una variedad precoz y muy productiva. Las hojas son oblongas y ligeramente ovaladas. Su fruto es oblongo - ovalado, con cáscara de color verde opaco, ligeramente rugosa, gruesa y leñosa, con un peso que oscila entre 250 y 700 gramos. La época de floración es de diciembre a marzo y la cosecha de julio a octubre. Es precoz, ya

que inicia la producción a partir del tercer año. Los rendimientos son de 0.5, 4.5, 9 y 12 toneladas por hectárea (Alfonso, 2008).

2.2.6.3 Criollo.

El aguacate criollo se caracteriza por ser uno de los tipos de aguacate más emblemáticos, ya que, a diferencia de otras variedades más populares, esta es 100% natural y ha sido preservada desde los tiempos prehispánicos hasta la actualidad. Esto sin mencionar que es uno de los tipos de aguacate más resistentes ante plagas y enfermedades y su alta tolerancia al frío, lo que lo convierte en un excelente portainjerto para otras clases de aguacates comerciales como el Hass (Lolve Aguacate, 2023).

Puede poseer un tamaño que va de pequeño a mediano parcialmente alargado, pericarpio de color oscuro, tipo morado, suave, delgado, mesocarpio color amarillo limón, semilla grande y se caracteriza por tener un alto contenido de aceite. Se llega a consumir con todo y pericarpio, por lo delgado de esta, y se tiene la creencia que la cáscara del fruto ayuda a controlar los parásitos intestinales. Su textura cremosa y su sabor anisado lo convierten en un ingrediente perfecto para la preparación de platillos como guacamole, para ensaladas o guarniciones (Lara, et al., 2019).

2.2.7 Requerimientos edafoclimáticos.

2.2.7.1. Suelos.

Los mejores suelos para el aguacate son los de textura media y profundos ya que garantizan el desarrollo radicular del aguacate, cuanto más profundo es el suelo mejor será el desarrollo, siendo necesario evitar los subsuelos rocosos y muy arcillosos. Es conveniente que el contenido de materia orgánica sea óptimo (de 2.5 a 5 %), para una buena estructura, que permita la porosidad y, consecuentemente, las proporciones adecuadas de aire y agua en el perfil, además de un buen drenaje (Gutiérrez, 2014).

2.2.7.2 PH y salinidad.

El PH óptimo debe de tener un nivel de acidez de 5.5 a 6.5. En suelos con pH superiores a 7, las plantas presentan severas clorosis, debido a que disminuye la absorción del hierro. Los suelos alcalinos pueden corregirse incorporando sulfatos o azufre y los muy muy ácidos se encalan para subir su pH a nivel óptimo.

El aguacate es un cultivo muy sensible a la salinidad, es decir, a la presencia excesiva de los cloruros de sodio y magnesio, produciendo quemaduras en las puntas y bordes de las hojas y defoliaciones intensas. Ante la presencia de sales, no se deben usar abonos a base de cloruros, como el cloruro de potasio. Se recomienda utilizar portainjertos resistentes a la salinidad (Amórtegui, et al., 2001)

2.2.7.3 Temperatura.

La temperatura para el desarrollo normal del cultivo oscila entre los 20 a 28 °C, donde a una temperatura de 20 °C la planta alcanza su óptimo desarrollo. Asimismo, el árbol de aguacate a temperaturas inferiores de 15 °C en periodos de floración no permite la fructificación. La fructificación es anormal cuando hay alternancia de días calurosos con días fríos (Amórtegui, et al., 2001).

2.2.7.4 Humedad.

La necesidad de agua varía entre mil a dos mil milímetros anuales. El exceso, asociados con suelos mal drenados, restringe el crecimiento de la raíz por deficiencia de oxígeno, situación que la hace vulnerable al ataque de hongos, especialmente del *Phytophthora cinnamoni* y que mate el árbol en pocos días (Amórtegui, et al., 2001).

2.2.8 Labores culturales.

2.2.8.1 Lámina de riego.

La disponibilidad de agua es factor determinante que influencia el crecimiento del árbol, producción y calidad del fruto. La época comprendida entre el cuajado del fruto y su madurez fisiológica, es el periodo más crítico, en el que el cultivo debe

disponer de agua suficiente, más no encharcamiento, pues se genera el ambiente propicio para el establecimiento y desarrollo de hongos patógenos. Así mismo, durante el establecimiento del cultivo se recomienda establecer los requerimientos por árbol. El riego constituye una estrategia en el manejo riesgos climáticos, como lo son las temperaturas extremas. Se recomienda instalar sistemas de riego localizado que son más eficientes. Para determinar la cantidad de agua a aplicar, es necesario establecer el valor de la evapotranspiración del cultivo, estado fenológico del cultivo, clima, características físicas del suelo, topografía del terreno. Es importante ubicar acertadamente los equipos de riego, calibrarlos y realizar el mantenimiento oportunamente y evitar errores en el manejo y frecuencia del riego (Aproare SAT, 2009).

2.2.8.2 Fertilización.

La fertilización del cultivo depende en gran parte de las características del suelo en el cual este se encuentre establecido; de igual manera se debe tener en cuenta el estado fisiológico de la planta y la cosecha esperada; para establecer el plan de fertilización se debe determinar el estado actual del suelo, mediante un análisis de suelo, y establecer las necesidades de la planta en cada etapa de desarrollo y a lo largo del ciclo de producción. Es importante recalcar que no se puede abusar de fórmulas altas en nitrógeno, por cuanto propician crecimientos fuertes de follaje, pero débiles en su estructura, con lo que se propicia la incidencia de plagas. Otro punto es el poco cuaje que se puede dar si se tienen excesos de este elemento (Aproare SAT, 2009 y Ureña, 2009).

Al aplicar fertilizantes como enmienda, correctivo o aporte nutricional, se deben considerar los coadyuvantes y formas químicas de elementos más adecuados a utilizar, y asegurar la disponibilidad de nutrientes, al respecto se debe tener cuidado y evitar y superar antagonismos y desequilibrios nutricionales en la planta. (Aproare SAT, 2009 y Ureña, 2009).

- Los nutrientes de mayor demanda por parte de la planta de aguacate, son: Nitrógeno, potasio, fosforo, calcio, magnesio, azufre, zinc y boro.

- En etapa de producción es recomendable al menos 3 veces al año aplicar 200-200-100/ha (Amórtegui, et al., 2001).
- En la floración los frutos en crecimiento acumulan la mitad (50%) de sus requerimientos totales de N, P, Mg y S, 30 % de sus requerimientos de K y B, y 100 % de sus requerimientos de Calcio (Salvo, 2018).
- En etapa de producción puede ocurrir después de los 4 años del cultivo y se puede aplicar 2 veces al año 600-250-600 (Amórtegui, et al., 2001).

2.2.8.3 Poda.

La poda se realiza cuando el follaje de los árboles roza entre sí, sin que se inicie la pérdida de éste en sus partes más bajas ya que a partir de este momento los rendimientos tendrán las variaciones propias del huerto, pero ya no conservarán la tendencia a incrementarse. Se manejan dos tipos de poda dentro del cultivo, la primera es ligera la cual consiste en eliminar las ramas de crecimiento lateral que al ser eliminadas permiten el paso de la luz hasta las partes bajas de los árboles y la segunda consiste en la eliminación total del follaje de los árboles para promover su recuperación y obtener nuevamente producción en todo el follaje (Gallegos, 1983).

2.2.8.4 Marco de plantación.

Existen diferentes distancias de siembra, las cuales dependen principalmente del tipo de terreno, la pendiente del terreno y la proyección que se tenga para el cultivo (Aproare,2009), en general, desde los 500 hasta los 700 metros de altitud las distancias recomendables son de 4 metros entre plantas y 5 m. entre líneas, mientras que en cotas bajas, donde los árboles tienen mayor crecimiento, el marco de plantación tiende a ser más amplio, 5 m x 6 m (Méndez y Rodríguez, 2011), sin embargo, la distancia de siembra que más se maneja es 7x7m, que puede ser en cuadro si se van a establecer otros cultivos entre las calles; o en tres bolillos o triangulo si se busca tener un 15% más de árboles por área. El sistema de siembra en tres bolillos permite además prevenir la erosión del suelo en condiciones de pendiente (Aproare,2009).

2.2.8.5 Propagación.

El aguacate se puede propagar por semilla o por injerto. La propagación por semilla se hace en almácigos hechos a base de arena de piedra: La semilla se pone con la punta hacia arriba y a una profundidad similar a su tamaño, cubriéndola con una capa de arena. En la propagación por injerto es el método más apropiado para reproducir las variedades seleccionadas, al momento de la selección se deben tomar en cuenta factores como la adaptabilidad al clima, que sea una planta sana y que sea un patrón vigoroso y de rápido crecimiento (Amórtegui, et al., 2001).

2.2.9 Plagas y enfermedades

2.2.9.1 Plagas.

En la tabla 4 se especifican las principales plagas del cultivo de aguacate, así mismo como su daño y su control.

2.2.9.2 Enfermedades.

En la tabla 5 se especifican las principales enfermedades del cultivo de aguacate, así mismo como su daño y su control.

Tabla 4. Principales plagas en el cultivo de aguacate.

Nombre común y nombre científico	Daños	Control
Gusano Nicolás (<i>Copaxa multifenestrata</i> Herrich-Shaeffer)	La larva mide de 3 a 6 cm de largo; se alimenta de hojas a las que deja solo la nervadura central; las hojas de un brote pueden ser devoradas en un día por un grupo de estas larvas.	Para su control se aplican productos como el paratión etílico.
Barrenador del hueso (<i>Stenomacrus catenifer</i> Walsingham)	La larva penetra la semilla y se alimenta de ella destruyéndola; los frutos se desprenden, y la larva, que ya es de color morado con el vientre azul, las hojas y yemas se van secando, y las ramas secas permanecen sin desprenderse por mucho tiempo.	Se requiere recolectar las ramas y los frutos atacados y enterrarlos cubriéndolos antes con una capa de cal. Dentro del área se requiere aplicar insecticidas en polvo como el paratión metílico al 2% por lo menos cada 20 días.
Mosca blanca (<i>Trialeurodes</i> spp.)	Forma colonias en el envés de las hojas en donde se alimenta succionando la savia; sus daños se hacen aparentes en la parte superior de las hojas, como manchas redondas amarillas.	Se afectan aplicaciones de productos como Ambush, Tiodán, Tamarón, Paratión metílico, entre otros.
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	El daño consiste en la succión de savia y bronceado de las hojas; en pocas ocasiones se ha observado en la región defoliaciones fuertes por causa de estos ácaros.	Para su control los más utilizados son los siguientes azufre (polvo humectable), Tediac, Tedián o tetradifon (P-clorofenil 2,4,5 triclorofenil sulfone), entre otros.

Fuente: (Gallegos, 1983)

Tabla 5. Principales enfermedades del cultivo de aguacate.

Nombre común y nombre científico	Daños	Control
Polvillo (<i>mildiu oidium sp</i>)	Ataca las hojas y produce lesiones pequeñas color marrón oscuro. En los frutos produce lesiones pequeñas, oscuras, de bordes irregulares y el resquebrajamiento de la corteza.	Para su combate se recomiendan aspersiones con fungicidas a base de cobre, como hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre o sulfato de cobre, ya sea solos o mezclados con otros como clorotalonil, benomilo, etc.
Mancha negra antracnosis (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>)	o La enfermedad se presenta principalmente en épocas de poca lluvia. Inicialmente se manifiesta por la presencia del micelio blanco o grisáceo sobre las hojas y racimos de flores principalmente tiernas.	Para el control se recomienda el uso de dinocap, también se pueden usar preparados a base de azufre. Las atomizaciones deben hacerse antes y después de la floración; a intervalos de 8 a 15 días, de acuerdo con la intensidad del ataque.
Fusariosis	Esta enfermedad ataca el sistema radicular de los árboles en cualquier estado de desarrollo. Difiere de la pudrición de raíz en que el follaje se seca homogéneamente permaneciendo adherido por algún tiempo a las ramas.	Para combatirla, es muy importante destruir troncos viejos en descomposición, evitar acumulación de tierra y materia orgánica sobre la base del tallo, evitar toda clase de heridas en tallos y raíces, eliminar árboles muertos y quemarlos en el mismo lugar, desinfectar los hoyos con PCNB 75% en una concentración de 40 g/4 l

Fuente: (Gallegos, 1983)

2.2.10 Cosecha.

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los cinco años en árboles injertados y la cantidad de frutos producidos depende de la variedad y la atención que haya recibido la planta en su desarrollo. A los cinco años, generalmente se cosechan cincuenta frutos; a los seis años, ciento cincuenta frutos; a los siete años, trescientos frutos y ochocientos a los ocho años. Algunas variedades como Hass, Fuerte y otras de fruto pequeño, pueden producir entre 1.000 y 1.500 frutos a los diez años.

Las variedades establecidas en lugares más bajos empiezan a producir entre abril y agosto, las de alturas medias entre junio y septiembre y las de altura entre septiembre a abril. El grado óptimo de madurez del fruto para realizar la recolección, es difícil de determinar por la diversidad de variedades y ambientes, por las variaciones en la duración de período de floración a cosecha y por las diferencias en el contenido de aceites que se van acumulando durante la maduración del fruto. La recolección se hace a mano utilizando escalera, se corte el pedúnculo por encima de la inserción con el fruto (FHIA, 2021).

2.3. Bancos de germoplasma.

El banco de germoplasma es el lugar creado con determinadas condiciones para la conservación en forma de semilla, polen o cultivo de tejidos. En este sitio se almacenan muestras de variedades tradicionales, productos del mejoramiento genético, variedades fuera de uso y especies silvestres. De acuerdo con la FAO los bancos de germoplasma son el medio principal para almacenar material fitogenético en un medio controlado, donde las semillas pueden desecarse hasta alcanzar un contenido de humedad bajo y almacenarse a temperaturas bajas sin perder su vitalidad (Villareal, 2021).

2.3.1 Utilidad de los bancos de germoplasma.

Los bancos de germoplasma tienen como estrategia:

- Evitar la pérdida de variedades tradicionales y especies en su hábitat natural

- Reintroducir los materiales en caso de que ya no existan en condiciones in situ.
- Disponer de fuente de genes para el desarrollo de investigación básica y aplicada.
- Estudios que permiten utilizar de manera sostenible la diversidad biológica para la seguridad alimentaria, hacer frente al cambio climático, a través de la identificación de material con resistencia a sequía, heladas e inundaciones. Así como variedades resistentes a plagas o enfermedades y metabolitos secundarios de interés como antioxidantes, nutraceuticos, entre otros usos. (Facultad de Ciencias Naturales-UAQ, 2023).

Pero su principal objetivo es la conservación de los recursos genéticos en el corto, mediano y largo plazo, que apunta a la preservación del patrimonio genético vegetal y microbiano del país, contribuyendo a la seguridad alimentaria (MundoAgro, 2022).

Estos bancos implican en la manipulación del material, sin embargo, exige un control minucioso que permita prevenir accidentes que provoquen pérdida de material y demanda también métodos adecuados de trabajo de regeneración que impidan la erosión genética dentro del mismo Banco. Las actividades que se desarrollan en un Banco de Germoplasma incluyen adquisición de material, conservación, regeneración, caracterización y evaluación y archivo adecuado que sirva de documentación y que facilite el intercambio entre los organismos (Lina, 2016).

2.3.2 Clasificación.

Los bancos de germoplasma se clasifican en función del área que abarquen, dentro o fuera del país, los agrupan en Institucional, nacional, regional e internacional. En los primeros se conserva germoplasma de institutos específicos, mientras que en el nacional se conservan germoplasma de un país en un número grande de muestras distintas de interés potencial para personas que trabajan en investigaciones de plantas. En el regional se conservan materiales de varios países y se establece

como un centro colaborador entre la misma región geográfica, con el fin de conservar el germoplasma de la región (Villareal, 2021).

2.3.3 Adquisición de material.

La incorporación de material genético al banco puede lograrse a través de donaciones de otros bancos o bien por recolección. En este sentido, la recolección racional y efectiva de recursos debe llevarse a cabo con compromisos de cooperación nacional e internacional (Lina, 2016).

2.3.4 Conservación.

Como cualquier proceso estratégico, la conservación de los recursos fitogenéticos implica planificar y tomar decisiones con base en información previa. La conservación requiere establecer prioridades en cuanto al tipo de material que se va a conservar (especies en peligro o de interés para la alimentación y la agricultura) (Jaramillo y Baena, 2000). Algunas de las categorías que permiten organizar la conservación de material vegetal son las siguientes: conservación en campo, donde se conserva el organismo completo; conservación de semillas y conservación de otros órganos que tengan capacidad de regeneración, por ejemplo, la conservación de tejidos in vitro. Sin embargo, la conservación de semillas es uno de los métodos más utilizados en los Bancos ya que se muestra eficiente y económico, debido a que las semillas pueden mantener sus propiedades por mucho tiempo (Lina, 2016).

2.3.5 Multiplicación y regeneración de material.

Debido a que las muestras pueden alterar sus características genéticas a medida que envejecen, surge la necesidad de rejuvenecer las muestras que han sido almacenadas. Esto se conoce como regeneración de las muestras. La regeneración es la renovación de las accesiones de germoplasma mediante la siembra y la cosecha de semillas con las mismas características de la muestra original. La regeneración de germoplasma es la operación más crítica en el manejo de un banco de germoplasma (Rao et al., 2007).

2.3.6 Caracterización.

La caracterización de un Banco de Germoplasma es una tarea que aporta sus beneficios al momento de hacer un empleo adecuado del material genético al contar con una correcta descripción del mismo. El objetivo principal de la caracterización de recursos fitogenéticos consiste en medir la variabilidad genética mediante el uso de descriptores. Esta descripción permite clasificar a las diferentes poblaciones y facilita el almacenamiento y la utilización de los datos, también miden o describen la variabilidad en dos niveles: un nivel detectable visualmente (fenotípico) y un nivel que identifica funciones internas de las células (molecular). Algunos tipos de descriptores son de pasaporte, de manejo, de sitio y medio ambiente, de caracterización. Los datos de pasaporte constituyen una información básica que incluye el registro del Banco de Germoplasma y establecen qué parámetros se deben considerar al momento de hacer la recolección. Los descriptores de manejo aportan en el proceso de multiplicación y regeneración, es el caso de fechas de multiplicación, cantidad de semillas disponibles y porcentajes de viabilidad. Los datos de sitio y medio son de utilidad para interpretar resultados cuando se hacen pruebas de evaluación. Aquí se incluyen también coordenadas geográficas y características de clima y suelo. Los descriptores de caracterización, permiten diferenciar los distintos fenotipos. Estos caracteres son básicamente heredables y se reconocen con facilidad a simple vista. En ocasiones se suele incluir algunos caracteres adicionales como es el caso de las características que los usuarios de plantaciones particulares consideran deseables, por ejemplo, colores, formas de los tallos y hojas, etc. Aquí se incluyen caracteres como rendimiento, productividad, y otros aspectos específicos relacionados con mejoramiento de cultivos (Lina, 2016).

2.3.7 Documentación

La información acerca de las accesiones es esencial para la gestión y el mantenimiento de las colecciones en el banco de germoplasma. Con el fin de garantizar la comunicación de la información y la justificación de las decisiones, deberá registrarse en bases de datos electrónicas toda información esencial, detallada, exacta y actualizada, tanto actual como histórica, especialmente en

relación con la gestión de las accesiones individuales, con posterioridad a su adquisición (FAO, 2014).

La documentación de los datos de caracterización, evaluación y distribución tiene particular importancia para mejorar el uso de la colección respectiva y ayudar a identificar accesiones concretas. El intercambio, uno de los objetivos del Banco es promover la utilización de los recursos genéticos disponibles. Este intercambio se realiza en la práctica, con acciones de suministro de material e información en forma libre y gratuita entre instituciones públicas y de acuerdo con las normativas que imponga cada país. Pese a que este intercambio se realiza con acuerdo entre los países debe preservarse de manera segura, para lo cual es necesario una inspección exhaustiva del material y atender a las medias de cuarentena de modo de impedir la introducción de nuevas plagas y otras enfermedades (Lina, 2016).

2.3.8 Evaluación de la caracterización.

La caracterización de una colección de germoplasma consiste en registrar aquellas características cualitativas y cuantitativas que son altamente heredadas, que pueden ser fácilmente observadas, así como expresadas en la mayoría de los ambientes, también permite conocer la variación dentro de las colecciones y seleccionar los genotipos más aptos para cultivarlos. En general la evaluación, bajo diferentes condiciones ambientales, busca propósitos más específicos, como rendimiento, resistencia a enfermedades, sequía; mientras que la descripción sistemática (un sólo ambiente) busca propósitos múltiples, como características taxonómicas y agronómicas (Gazel, 2002).

2.4 Regeneración de bancos de germoplasma.

La regeneración es la renovación de las accesiones de germoplasma mediante la siembra y la cosecha de semillas con las mismas características de la muestra original. La regeneración de germoplasma es la operación más crítica en el manejo de un banco de germoplasma. Al ser una operación crucial, en la operación del banco, involucra riesgos considerables para la integridad del germoplasma, debidos a selección, cruzamientos exogámicos o mezclas mecánicas. El riesgo de perder la

integridad genética es particularmente alto cuando se regeneran accesiones genéticamente heterogéneas de cultivos exogámicos. Sin embargo, aun siguiendo los más altos estándares de manejo, el germoplasma se deteriora con el tiempo y hay que regenerarlo. Mantener las colecciones en condiciones aceptables de viabilidad y calidad es difícil para muchos bancos de germoplasma debido a los costos que esto implica y a las limitaciones de los bancos en cuanto a capacidad y pericia técnica especialmente cuando hay que seguir procedimientos complejos para regenerar algunas especies vegetales (Dulloo, et al., 2008).

2.4.1 Cuando regenerar.

La regeneración al ser un proceso costoso y sólo se debe realizar cuando sea necesario para garantizar una cantidad suficiente de accesiones de adecuada calidad. En la mayoría de los cultivos de semilla, las accesiones se regeneran cuando:

- La viabilidad de las semillas de la colección activa desciende por debajo del 85% del porcentaje inicial de germinación, valor que se determina monitoreando la viabilidad.
- La viabilidad inicial previa al almacenamiento no debe ser inferior al 85%, aunque en algunos bancos se trabaja con un porcentaje inferior (<75%).
- A la hora de decidir, es más importante regenerar accesiones de mala calidad (con baja viabilidad) que aquellas con un número inadecuado de semillas. Asimismo, las accesiones de una colección base tienen prioridad para regeneración sobre las de una colección activa.
- Para los cultivos propagados por clones, la decisión de regenerar dependerá de: la maduración y el deterioro de los materiales vegetativos conservados, caso particular, que se presenta en el banco de germoplasma de aguacate, motivo de este estudio.
- El nivel de plagas y enfermedades presente en la colección en campo y la necesidad de reemplazar la colección debido a riesgos externos (sequía, inundación, ciclones o incendios).

2.4.2 Tipo de colección.

Para producir suficiente semilla o material de siembra o propagación, hay que tener en cuenta la tasa reproductiva de la especie y la variedad en el sitio en que se está regenerando. Se debe calcular cuidadosamente el número de semillas, de estacas o de otros materiales de siembra que se requieren para la regeneración, teniendo en cuenta el número de plantas que se desea obtener para la regeneración (Dulloo, et al., 2008).

Existen dos tipos de colección de germoplasma reconocidos para cultivos de semilla los cuales son: la colección activa y la colección base. Las colecciones activas se deben regenerar preferiblemente a partir de semillas originales tomadas de una colección base. Sin embargo, se pueden usar semillas de una colección activa hasta por un máximo de tres ciclos de regeneración antes de retornar a las semillas originales. Las colecciones base se regeneran solamente a partir de semilla residual de la muestra más original de la colección base (Dulloo, et al., 2008).

2.4.3 Preparación del material.

Cuando se preparan semillas almacenadas en un banco de germoplasma para el proceso de regeneración, hay que retirar los recipientes de las cámaras de almacenamiento los recipientes con las semillas y dejarlos a temperatura ambiente durante la noche antes de abrirlos, para evitar que en el momento en que se abran, las semillas absorban humedad de forma abrupta (Dulloo, et al., 2008).

En los cultivos propagados por clones, la regeneración puede requerir diferentes partes de la planta. En cada caso, se aplicarán diferentes métodos de selección, corte, limpieza y almacenamiento a corto plazo o acondicionamiento antes de la siembra (Dulloo, et al., 2008).

2.4.4 Selección de ambiente.

En lo posible, las accesiones de germoplasma se deben regenerar en la misma región ecológica donde se originaron. Otra alternativa es seleccionar un sitio que minimice las presiones de selección sobre los genotipos o las poblaciones. Si no se encuentran sitios apropiados, será necesario buscar la colaboración de otras

instituciones que puedan proveer sitios adecuados o las instalaciones para regenerar. Es importante tener cuidado durante la regeneración y el manejo de las semillas o de los propágulos vegetativos para evitar la contaminación (Dulloo, et al., 2008).

2.4.5 Aislamiento.

El sistema de reproducción de cada cultivo es importante. En el caso de las especies alógamas, se deben usar distancias de aislamiento adecuadas, aislamiento temporal, bolsas, jaulas y otros mecanismos. Puesto que el grado de exogamia en un número de especies vegetales está relacionado con la localidad, una buena práctica es estimar la tasa de exogamia en el lugar en que se van a regenerar las plantas para usar la técnica de polinización adecuada (Dulloo, et al., 2008).

2.4.6 Manejo del cultivo.

En lo posible, se deben mantener los cultivos limpios y libres de plagas, enfermedades del suelo y malezas invasoras. Durante la preparación de las parcelas de regeneración se deben utilizar tratamientos de control apropiados, como el deshierbe regular, la aspersion de herbicidas, la esterilización del suelo y el arado seguido por la aplicación de herbicida o el arado profundo (Dulloo, et al., 2008).

2.4.7 Monitoreo de la identidad de la accesión.

Todas las accesiones se deben rotular individualmente con etiquetas durables o con tinta permanente, y se deben hacer mapas de campo para poder monitorear la identidad de las accesiones durante todo el ciclo de cultivo. Para los cultivos de semilla, se recomienda mantener como referencia una muestra original de semillas en una bolsa plástica en un ambiente seco y a una temperatura de 15°C. Cuando se haya regenerado la accesión, la semilla recién cosechada se comparará con la semilla de la muestra para verificar que la accesión sea genuina al tipo (Dulloo, et al., 2008).

2.4.8 Cosecha.

Generalmente se cosecha en el momento de madurez óptima de la planta (posterior al de madurez fisiológica), cuando el mayor número de semillas ha alcanzado la madurez, tolera la desecación, se puede trillar con un mínimo daño mecánico, y antes de que las semillas se deterioren y se dispersen por vías naturales. Para los cultivos propagados por clones, la madurez fisiológica de la planta progenitora femenina es el criterio más importante a la hora de coleccionar propágulos para una regeneración exitosa o para conservación a corto plazo (Dulloo, et al., 2008).

2.4.9 Plagas y enfermedades comunes.

Las guías proporcionan una lista de las plagas y enfermedades comunes a cada cultivo, pero no incluyen todos los síntomas ni las prácticas de control. Durante la regeneración (incluyendo la cosecha y la poscosecha), el cultivo debe ser inspeccionado por un servicio de sanidad vegetal para que detecte la presencia de enfermedades transmitidas por la semilla o vegetativamente, y garantice que el material regenerado se encuentra sano y tiene la mayor viabilidad posible (Dulloo, et al., 2008).

CAPITULO 3 METODOLOGÍA

3.1 Actividades

3.1.1 Área de estudio.

La presente investigación se llevó a cabo en el periodo agosto-diciembre del año 2022 en el municipio de Celaya, Guanajuato, México; en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Km. 6.5, en carretera Celaya-San Miguel de Allende, Gto. C.P. 38110. El lugar de establecimiento se localiza en las coordenadas 20° 35' 03.5" norte y 100° 49' 32.7" oeste, a 1750 msnm (figura 1). El clima de la región se caracteriza por ser semicálido con lluvias en verano y escasa precipitación invernal e invierno fresco, la temperatura media anual oscila entre 18 y 20°C y la precipitación media anual entre 600 y 700 mm (Lezama, 2019).

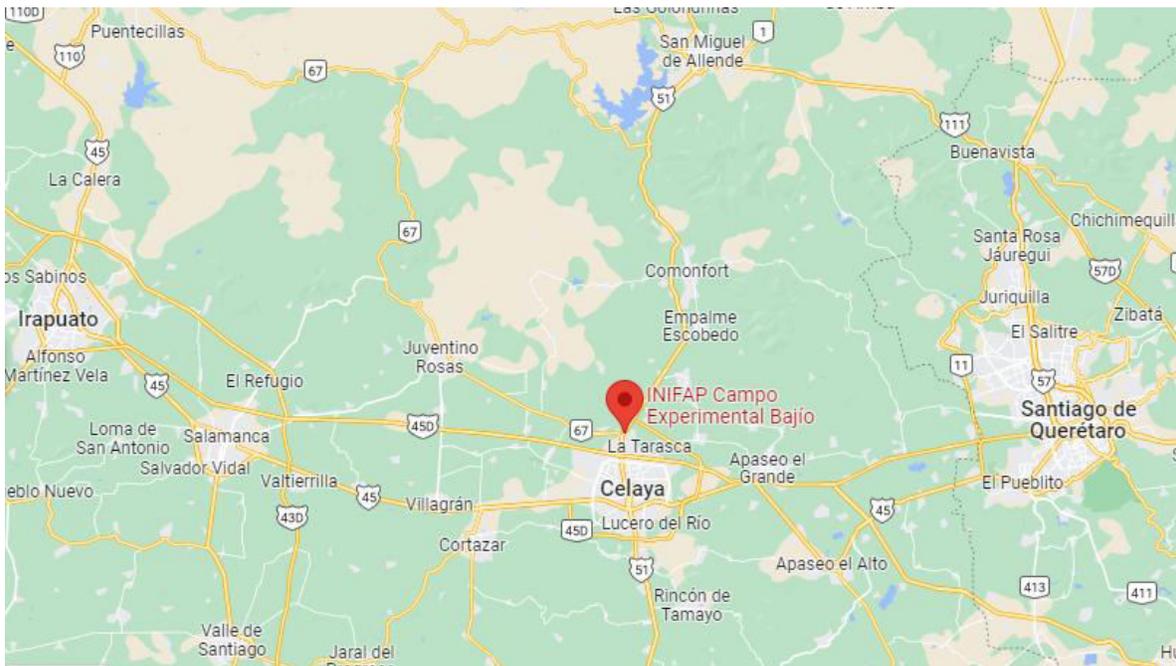


Figura 1. Ubicación del área de estudio del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP). Fuente: (Google maps, 2022).

3.1.2 Establecimiento del experimento.

El banco de germoplasma, motivo de este estudio, inició en la década de 1970 en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), perteneciente al INIFAP, en el municipio de Celaya, Guanajuato, México, este banco de germoplasma resguarda 162 accesiones, con variedades locales de la zona y de otras partes de México, en una superficie de 4.0 ha, bajo un sistema de plantación marco real (5 x 10 m), establecido por 48 árboles por hilera, en un total de 16 hileras.

3.1.3 Diagnóstico del banco de germoplasma.

Con el objetivo de evaluar, el estado que guarda este banco de germoplasma, se realizó un diagnóstico para conocer el número real de accesiones existentes, el número de repeticiones y el estado actual en que se encuentran cada una de ellas (figura 2 y 3). El diagnóstico se realizó de manera visual revisando cada una de las accesiones para una correcta identificación y valoración (figura 4), anexando el reporte en listas y bases de datos en Excel.



Figura 2. Evaluación y diagnóstico de las accesiones del banco de germoplasma.



Figura 3. Valoración de las accesiones del banco de germoplasma.



Figura 4. Identificación de accesiones con datos pasaporte.

3.2 Labores culturales.

3.2.1 Control de malezas

Para ello, se llevó a cabo el control mecánico para la eliminación de malezas, realizando dos pasos de rastra, entre las hileras de los árboles y dos pasos entre árboles, para mantener libre de malezas toda la huerta en general.

3.3 Variables evaluadas.

Durante la estadía en el INIFAP se realizó la toma de datos en campo, los de mayor importancia para el banco de germoplasma:

- Diagnóstico del banco.
- Conteo de las accesiones.
- Análisis de datos la caracterización de una sección de banco de germoplasma.

3.4 Actividades realizadas.

A continuación, se detallan las actividades desarrolladas y los procedimientos empleados para la obtención y análisis de datos.

3.4.1 Diagnóstico del banco.

Se realizó de manera visual, revisando cada una de las accesiones para una correcta valoración, registrando la situación actual en la que se encuentran.

3.4.2 Cuento de las accesiones.

Se recorrió las 4 ha de aguacate pertenecientes al banco de germoplasma para el conteo de los árboles e identificar la existencia de cada uno de ellos.

3.4.3 Identificación.

Para la identificación, se basó en la información obtenida mediante los conteos, realizando un anexo fotográfico correspondiente al número de colecta.

3.4.4 Análisis de la diversidad morfológica.

Se utilizó la base de datos de caracterización de 34 accesiones de aguacate, con el fin de realizar un análisis parcial de la diversidad de las accesiones presentes en el banco de germoplasma. Para ello, se utilizó un análisis multivariable, que incluyó Análisis de Componentes Principales y de Conglomerados.

3.4.5 Variables morfológicas cuantificadas.

Las características evaluadas fueron las siguientes: a) Hoja: se midió la longitud (LARHOJ), ancho (ANCHOJ) y longitud del pecíolo (LONPEC) en milímetros (mm), de cinco hojas completamente desarrolladas por árbol maduro, se muestrearon 342 árboles en total; b) Fruto: en madurez fisiológica se registró, peso (PEFRFI), diámetro (ANCFRU), longitud (LONFRU), y se calculó el índice diámetro/longitud (REDLFR); peso a madurez de consumo (PEFRCO) de cinco frutos por árbol,

siendo un total de XXX árboles muestreados; c) Perianto: se midió la longitud (LONPER), espesor (ESPPER) en mm, de cinco frutos; d) Pedúnculo: se registró la longitud (LONPED) y diámetro (DIAPED) en mm; e) Mesocarpio: se midió el espesor (ESPMES), ángulo que forma con el pedúnculo (ANGPED) y peso (PESMES) de tres frutos por árbol, en madurez de consumo, f) Lóculo del fruto: se registró la longitud (LONLOC) y el diámetro (DIALOC) de los mismos tres frutos y Semilla: se midió la longitud (LONSEM), diámetro (DIASEM), índice longitud/diámetro (REDLSE) y peso (PESSEM) de los tres frutos en madurez de consumo. Todas estas variables fueron tomadas con base en el descriptor específico para este cultivo (IPGRI, 1995).

3.4.6 Análisis estadístico.

Los datos se analizaron mediante análisis de una vía y conglomerados con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Se estimaron la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Se efectuaron análisis de componentes principales (ACP), métodos jerárquicos de análisis por conglomerados (ACJ). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico JMP-SAS versión 3.2.1 y 6.0.0 (SAS, 2012). El Dendrograma UPGMA se construyó con la distancia promedio.

CAPITULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.

En esta sección, se presentan los resultados desglosados que se obtuvieron en la investigación del banco de germoplasma en el CEBAJ, la cual ayudará en investigaciones futuras del mismo ámbito.

4.2 Diagnóstico del Banco de Germoplasma de aguacate

Al realizar un recuento e inventario de la presencia de las accesiones de aguacate en el banco de germoplasma en el CEBAJ, se encontró la pérdida de 38 accesiones de un total original de 162 accesiones, lo cual representa el 23.5% del total original. En la tabla 6 se presenta el inventario de los datos pasaporte de las 124 accesiones existentes dentro del banco para conocer la ubicación y su posible recolección.

Tabla 6: Accesiones inventariadas de Persea americana var. drymifolia del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, INIFAP.

Número de BG	Lugar de colecta	Municipio	Estado
1-3, 100	La Larga S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
4-12	El Pitayo, de S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
13	La Soledad Melgarito, S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
13-16	Los Pérez, S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
18-20	La China, Hidalgo Norte #	Celaya	Gto.
21	El Callejón, S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
22	Celaya	Celaya	Gto.
23	La Vega, S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
24-27	Virela, SO de Comonfort	Comonfort	Gto.
28-32, 39	Quinta Morse	Comonfort	Gto.
33-35, 45, 102	Hacienda Sta. Amalia, Camino	Comonfort	Gto.
36-38	La Ideal	Comonfort	Gto.
40-44	Entrada a Comonfort, a la	Comonfort	Gto.
46-47	La Nopalera	Comonfort	Gto.
48-49, 52-55	**	**	Pue.
58-60	**	Tetela del Volcán	Mor.
62	San Miguel	**	Si.

63	Alpatlahuac	Calchahualco	Ver.
65, 67	Maquixtla	Calchahualco	Ver.
71	Tepanquiahuac	Calchahualco	Ver.
77	Tecoatl	Coscomatepec	Ver.
78	Tetelcingo	Coscomatepec	Ver.
79-80, 83-85, 87-88, 91, 93-95 96-99	Olmos	Coscomatepec	Ver.
	El potrero, al SO de S.J. de la Vega	Celaya	Gto.
104, 110-113	Las Tapias	Comonfort	Gto.
105	La Candelaria	Comonfort	Gto.
106-108	El Magueyal	Comonfort	Gto.
114-116	La Huerta	S. M. A.	Gto.
117	La Grande Neutla	Comonfort	Gto.
120, 143	Hacienda Tenaxuri	Uruapan	Mich.
121-123	La Pinera Cobano	Uruapan	Mich.
124-126, 128-129, 160	Policlinica	Peribán de Ramos	Mich.
130-131	**	General Terán	N. L.
133	**	Monte Morelos	N. L.
134	**	Allende	N. L.
135	San Isidro, N De la calle	Celaya	Gto.
135-142, 144-145	Ejido La Negreta	Villa Corregidora	Qro.
147	Santo Domingo, junto al rancho	Celaya	Gto.
150-152	Hacienda Calchihuapan	Tenancingo	MX.
156	El Pueblito, Carr. Celaya	Villa Corregidora	Qro.

BG: Dato pasaporte de identificación de la colecta.

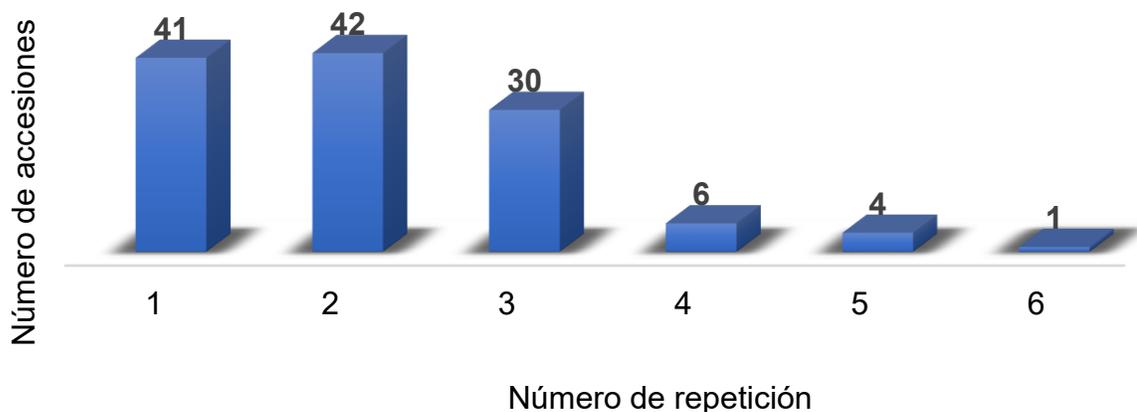
En relación con la disminución del número de repeticiones de cada una de las accesiones que se encuentran en el banco de germoplasma, encontramos que hubo una disminución muy drástica, pero esto nos permitirá tener una visión más clara de las necesidades de lo que es urgente realizar y coordinar acciones tendientes a rescatar y conservar, el germoplasma de dicha colección. En la tabla 7 se detalla la colección disponible dentro del banco de germoplasma en relación al número de repeticiones existentes de cada ejemplar.

Tabla 7. Número de accesiones del banco de germoplasma (BG) de aguacate que se reportan vivas y el número de repetición existente.

N. de BG	N. de Repetición						
1	1	41	3	97	3	139	1
2	2	42	1	98	2	140	2
3	1	43	3	99	1	141	1
4	4	44	2	100	1	142	1
5	3	45	3	102	3	143	3
7	2	46	3	104	2	144	1
9	2	47	3	105	2	145	3
10	1	48	1	106	3	147	3
11	3	49	1	107	2	149	2
12	1	52	2	108	2	150	2
13	2	53	5	110	3	151	2
14	3	54	3	111	2	152	2
15	3	55	3	112	1	156	1
16	2	56	1	113	2	158	1
18	5	58	2	114	2	159	1
20	1	59	2	115	2	160	1
21	3	60	3	116	1		
22	3	62	2	117	2		
23	4	63	2	118	2		
24	3	65	5	120	3		
25	2	67	1	121	1		
26	2	71	1	122	2		
27	1	77	1	123	3		
28	2	78	3	124	2		
29	6	79	1	125	2		
30	4	83	1	126	4		
31	2	84	1	128	2		
32	2	85	1	129	3		
33	3	87	1	130	2		
34	2	88	4	131	1		
35	3	89	1	133	1		
36	1	91	3	134	2		
37	3	93	5	135	2		
38	4	94	1	136	2		
39	2	95	1	137	1		
40	1	96	1	138	1		

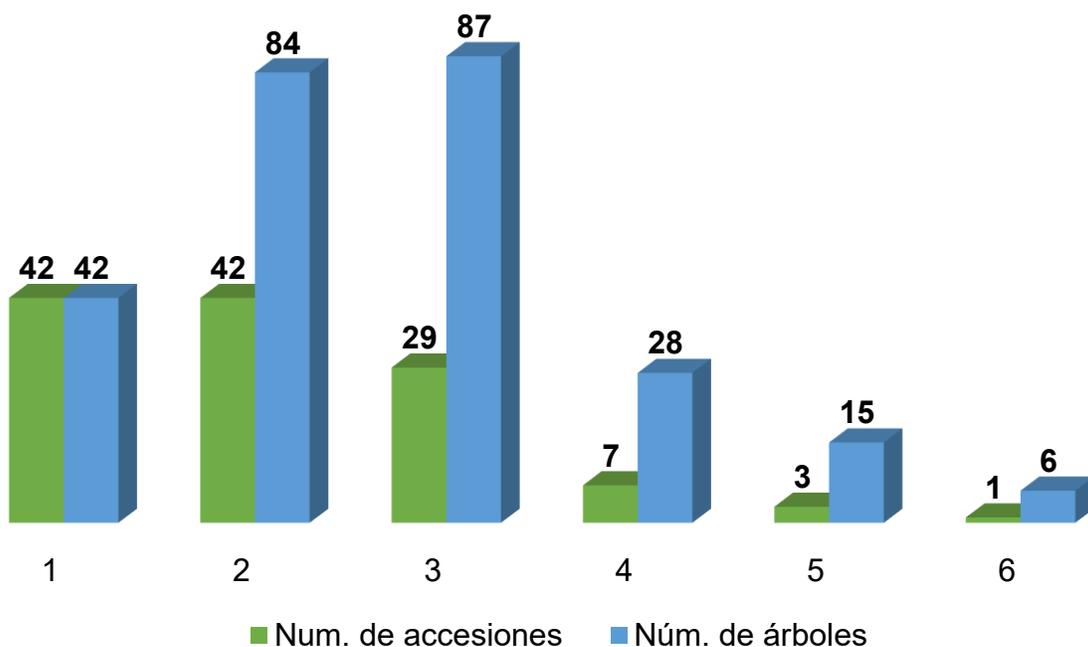
En la gráfica 1 se explica a detalle el número de repeticiones existentes del banco en relación al número de accesiones disponibles, donde se puede ver que 41 accesiones están en riesgo de pérdida permanente presentando el 25% total del material. En la gráfica 2 se muestra la disminución en el número de repeticiones de cada accesión presente en el banco de germoplasma de aguacate, en donde el número de árboles por cada accesión es proporcionalmente inverso, comparando la población inicial reportada en el banco de germoplasma y la cantidad encontrada en esta evaluación. Con esta información podemos iniciar diferentes acciones tendientes a rescatar en primer lugar las accesiones que están en peligro de perderse en su totalidad y conservar esta diversidad, para ello existe información al respecto de Engels y Visser (2007), con recomendaciones específicas como las semillas de los recursos genéticos almacenados en este y otros bancos de germoplasma alrededor del mundo constituyen la base de la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad.

Número de accesiones disponibles por número de repetición existente.



Gráfica 1. Número de accesiones existentes y el número de repeticiones totales dentro del banco de germoplasma.

Número de accesiones por repetición y número total de árboles



Gráfica 2. Número de accesiones de aguacate existentes en seis diferentes repeticiones, en el banco de germoplasma de aguacate, y el número total de árboles en cada una de estas categorías referidas.

Con la información generada se obtuvo un croquis en donde se muestra la ubicación de los materiales sobrevivientes en el campo representados con color (tabla 8), con color verde se representan los BG y con color Azul los Pie Franco (PF), los cuales son materiales criollos o locales que pueden usarse como portainjertos.

Tabla 8. Ubicación de los materiales sobrevivientes en el CEBAJ.

A/H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
48	62	131	PF	112	PF	52	PF	PF	78	PF	PF	PF	97	144	151	
47	67	48	50	70	XICH	103	41	PF	78	PF	32	22	107	145	158	
46	93	21	PF	15	PF	112	PF	104	PF	53	PF	PF	128	141	151	
45	75	60	63	58	29	41	PF	PF	67	115	25	28	120	138	149	
44	PF	PF	PF	79	PF	PF	PF	PF	PF	55	PF	PF	108	146	154	
43	71	56	65	78	27	25	44	6	53	75	26	24	117	143	157	
42	5	7	PF	PF	35	PF	PF	102	27	62	PF	PF	101	129	155	
41	46	6	64	61	54	114	45	35	33	34	30	39	134	118	161	
40	88	126	PF	PF	6	44	PF	PF	PF	29	PF	33	99	118	147	
39	9	41	47	114	38	30	31	9	29	43	PF	116	110	113	160	
38	PF	62	PF	32	PF	25	PF	PF	PF	2	30	PF	120	99	150	
37	53	22	20	57	53	43	33	39	35	PF	21	38	99	121	151	
36	PF	93	PF	23	PF	PF	PF	16	54	PF	PF	PF	97	124	158	
35	8	40	77	93	52	PF	32	34	PF	PF	26	55	123	122	161	
34	PF	11	PF	PF	PF	PF	PF	PF	24	PF	PF	115	113	119	159	
33	PF	45	49	66	42	PF	4	7	59	57	55	PF	130	126	147	
32	26	PF	55	54	PF	65	PF	84	PF	PF	53	65	105	134	160	
31	34	33	68	72	60	65	78	5	52	54	9	PF	100	109	149	
30	58	PF	88	PF	41	57	PF	27	PF	PF	59	PF	106	98	143	156

29	12	36	79	95	104	77	75	67	PF	84	22	6	108	122	145	162
28	111	7	PF	PF	29	43	PF	PF	PF	PF	PF	52	128	109	137	152
27	76	10	88	74	63	59	76	13	65	63	PF	102	130	122	142	148
26	15	1	93	23	47	49	46	75	PF	PF	35	34	128	98	138	155
25	28	29	73	58	PF	PF	10	2	60	PF	PF	23	125	106	139	157
24	111	2	116	PF	PF	5	PF	PF	PF	PF	PF	45	124	105	136	150
23	2	35	69	82	70	58	11	12	PF	PF	16	14	110	120	143	148
22	16	37	4	7	18	116	PF	44	25	30	38	103	96	133	146	147
21	39	13	85	80	PF	PF	47	46	PF	PF	4	21	117	129	140	159
20	PF	PF	126	PF	6	PF	PF	11	33	PF	PF	21	124	97	137	154
19	7	25	30	81	88	66	23	PF	PF	PF	49	15	121	105	138	156
18	126	80	93	PF	PF	PF	PF	111	PF	91	PF	104	101	101	139	150
17	43	5	92	26	84	PF	1	18	PF	PF	47	50	98	100	146	155
16	62	PF	PF	18	23	2	PF	37	15	17	14	16	107	119	135	149
15	19	17	42	86	PF	95	16	PF	80	PF	18	112	96	134	145	162
14	56	PF	44	6	PF	9	4	5	11	7	102	12	125	132	142	153
13	18	23	3	83	83	61	17	49	91	PF	2	17	119	127	135	156
12	33	PF	PF	PF	45	47	114	21	PF	PF	49	PF	113	107	141	152
11	1	11	4	38	74	91	56	14	83	PF	131	PF	126	110	140	159
10	26	25	PF	30	29	43	39	32	35	31	34	75	106	123	144	153
9	62	37	91	27	PF	94	15	48	88	90	44	115	126	127	136	156
8	54	52	55	62	41	38	PF	PF	27	PF	24	PF	133	117	135	157

7	52	55	14	94	85	79	37	3	PF	58	11	131	96	138	144	153
6	57	126	PF	59		PF	PF	PF	PF	60	65	53	100	121	137	148
5	27	15	16	87	PF	PF	PF	21	PF	PF	46	37	132	129	140	154
4	93	74	61	PF	PF	84	PF	PF	88	PF	PF	58	125	123	136	158
3	54	32	44	51	86	69	50	PF	79	31	PF	10	130	132	139	161
2	91	83	PF	PF	103	80	PF	PF	PF	79	PF	PF	127	109	141	152
1	90	31	24	89	90	80	8	PF	94	74	5	7	108	133	142	162
A/H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

*=Número de hilera, presente en el Campo, &= número de árbol en cada hilera, #= los números marcados en verde, corresponden a los números de banco de germoplasma vivos y %= las letras PF marcados en azul, son árboles locales o criollos vivos, que fueron establecidos como portainjertos.

4.3 Análisis de la diversidad morfológica en parte de la colección.

4.3.1 Estadísticos descriptivos.

El análisis de una vía mostró una elevada variación dentro de las 34 poblaciones de aguacate de la raza mexicana, en la mayoría de las características medidas (Tabla 9). Los Coeficientes de Variación (CV) variaron de 10.46 (longitud y ancho de la hoja) a 86.32 (número de frutos por árbol) con una media de 28.88. Las características que mostraron mayor variación fueron número de frutos por árbol (CV = 86.32), peso del mesocarpio (CV = 51.60), peso del fruto en madurez de consumo (CV = 44.68), peso de fruto en madurez fisiológica (CV = 42.36) y peso de semilla (CV = 41.40), mientras que los coeficientes de menor variación los presentaron la longitud y la anchura de hoja. El resto de las características mostraron niveles intermedios de variación (Tabla 9).

Las accesiones de *Persea americana* var. *drymifolia* se diferenciaron significativamente ($p \leq 0.05$) en todas las características evaluadas (Cuadros 2), principalmente en los caracteres relacionados con la calidad del fruto, lo cual se demuestra con la desviación estándar, como el peso del mesocarpio o pulpa (PESOMESO), que tuvo un diferencial de 12.8 veces entre el valor más pequeño al valor registrado más alto, lo que significó que se encontraron frutos con valores promedio de 17 gramos hasta otros de 219 g (accesiones 77 y 102, respectivamente). El peso fresco del fruto en madurez de consumo (PESOMCON) registró un peso menor promedio de 30 g (accesión 77) como valor más bajo y de 285 g (accesión 60) el promedio del peso más alto, con un diferencial en 9.5 veces entre el fruto de menor peso comparado con el de mayor. El peso de los frutos a madurez fisiológica (PESOMFIS), varió de 296 g (accesión 102) en los frutos más pesados y de 35 g (accesión 77) en los más livianos, con un diferencial de 8.45. El peso de la semilla (PESOSEMI), el valor promedio mayor fue de 76 g (accesión 59) y el más pequeño registrado fue de 9 g (accesión 77), lo que significó un incremento de 8.44 veces entre el valor menor y el máximo registrado. Los caracteres relativos a la hoja, ancho, largo y longitud del peciolo (LARGHOJA, ANCHOJA y LONGPECI, respectivamente) fueron los que mostraron menores diferencias registradas entre los valores mínimos y los más altos para ANCHOJA, los valores oscilaron entre 81

y 44 mm, (accesiones 87 y 83, respectivamente), mientras que para LARHOJA 110 mm (accesión 64) fue el valor más pequeño y 179 mm (accesión 16) el más alto.

Tabla 9. Promedios, valores mínimos y máximos, desviación estándar y coeficientes de variación de cada variable evaluada en 34 accesiones de aguacate del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío.

VARIABLES*	PROM.	MAX.	MIN.	DESV. EST.	COEF. VAR.
ALTPLAN	549	720	375	89.76	15.35
DIAMPLAN	535	700	390	91.75	17.13
LARGHOJA	136	163	113	14.31	10.46
ANCHOJA	62	74	44	6.84	10.46
LONGPECI	30	40	21	5.01	16.50
PESOMFIS	161	296	35	68.53	42.36
PESOMCON	142	285	30	63.87	44.68
ANCHFRUT	54	74	36	9.93	18.11
LONGFRUT	103	150	46	23.81	22.91
LONGPEDU	64	123	39	21.19	32.78
ESPEMESO	8	16	5	2.87	32.12
PESOMESO	102	219	17	52.90	51.60
LONGLOCU	59	99	32	14.42	24.30
DIAMLOCU	33	46	20	6.45	19.06
LONGSEMI	53	73	32	9.85	18.44
DIAMSEMI	33	44	23	5.41	15.93
PESOSEMI	39	76	9	16.22	41.40
NOFRUARB	227	883	28	196.65	86.32

*ALTPLAN=altura de planta; DIAMPLAN=diámetro de planta; LARGHOJA=longitud de hoja; ANCHOJA=ancho de hoja; LONGPECI=longitud del pedúnculo; PESOMFIS=peso del fruto en madurez fisiológica; PESOMCON= peso del fruto en madurez de consumo; ANCHFRUT=diámetro del fruto; LONGFRUT=longitud del fruto; LONGPEDU=longitud del pedúnculo; ESPEMESO=espesor del mesocarpio; PESOMESO=peso del mesocarpio; LONGLOCU=longitud del lóculo del fruto;

DIAMLOCU=diámetro del lóculo del fruto; LONGSEMI=longitud de semilla; DIAMSEMI=diámetro de semilla; PESOSEMI=peso de semilla; NOFRUARB=número de frutos por árbol; DESV. EST.=desviación estándar; COEF. VAR.=coeficientes de variación.

Análisis de componentes principales y caracterización de grupos

Los tres primeros componentes principales explicaron el 43.5 % de la variación total (Tabla III). El primer componente presentó una mayor asociación con el peso del fruto a madurez fisiológica (vector propio de 0.34), peso del fruto a madurez de consumo (0.33), diámetro de fruto (0.32) y peso del mesocarpio (0.31), es decir, con el tamaño del fruto y peso de mesocarpio (Tabla 10); el segundo componente estuvo asociado a la relación longitud/diámetro de la semilla (0.49), relación longitud/diámetro del fruto (0.44), diámetro del lóculo de la semilla (-0.29) y largo de la hoja (0.28); el tercer componente se asoció principalmente con la longitud del perianto (0.53), espesor del perianto (0.28) y la longitud de pedúnculo (0.22).

Tabla 10. Valores propios y proporción de la variación explicada por los primeros tres componentes principales en aguacate.

Componentes principales	Valor propio	Valor propio acumulado	Proporción de la varianza total explicada (%)	
			Absoluta	Acumulada
1	9.71725641	9.71725641	0.2492	0.2492
2	4.11134937	13.82860578	0.1054	0.3546
3	3.16639614	16.99500192	0.0812	0.4358

En los dos primeros componentes predominaron caracteres de fruto (Tabla 11). El análisis de componentes principales (CP) permitió determinar la relación entre las variables y la semejanza de las muestras, al respecto Gutiérrez-Díez et al. (2009), en un estudio con aguacates locales de Nuevo León, México, señalaron que los

CP1 y CP2 representaron 75.8 % de la varianza absoluta; valores mayores al 60-70 % explican un porcentaje razonable de la variabilidad total de las muestras. Así mismo Rhodes et al. (1971) y Cañas-Gutiérrez et al. (2015) mencionaron las bondades de usar este método de ordenación para clarificar la diversidad en aguacate y sobre todo para determinar qué tanta variación se explica por cada uno de los componentes principales generados.

Tabla 11. Valores de los vectores de los primeros tres componentes principales (CP) en 34 accesiones de aguacate del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío.

VARIABLES*	CP1	CP2	CP3
ALTPLAN	-0.031819	0.171417	0.100150
DIAMPLAN	-0.046291	0.009693	0.042601
LARGHOJA	0.084694	0.152471	0.238478
ANCHOJA	0.028163	0.300857	0.049128
LONGPECI	0.016616	-0.103463	0.254781
PESOMFIS	0.305606	0.070811	0.051601
PESOMCON	0.301837	0.080407	0.085235
ANCHFRUT	0.288352	-0.002374	0.044321
LONGFRUT	0.266504	0.190725	-0.064085
LONGPEDU	-0.025411	0.071475	-0.019153
ESPEMESO	0.208939	0.197383	0.125221
PESOMESO	0.288251	0.142715	0.054992
LONGLOCU	0.253504	0.078477	0.038941
DIAMLOCU	0.258658	-0.147555	0.042037
LONGSEMI	0.229495	-0.006997	0.011235
DIAMSEMI	0.224301	-0.226735	0.003841
PESOSEMI	0.214802	-0.199381	0.103498
NOFRUARB	-0.241645	0.010969	0.075758

En la Figura 5 se puede observar la ordenación de las poblaciones sobre el eje del Componente Principal 1, donde las poblaciones ubicadas en el lado positivo mostraban los valores más altos de peso del fruto, del mesocarpio y tamaño del fruto, y en el lado negativo se muestran las poblaciones con los valores más pequeños. Para el Componente Principal 2, las poblaciones con mayor valor en ancho de la hoja y diámetro de semilla, se ubicaron en el lado positivo de dicho componente.

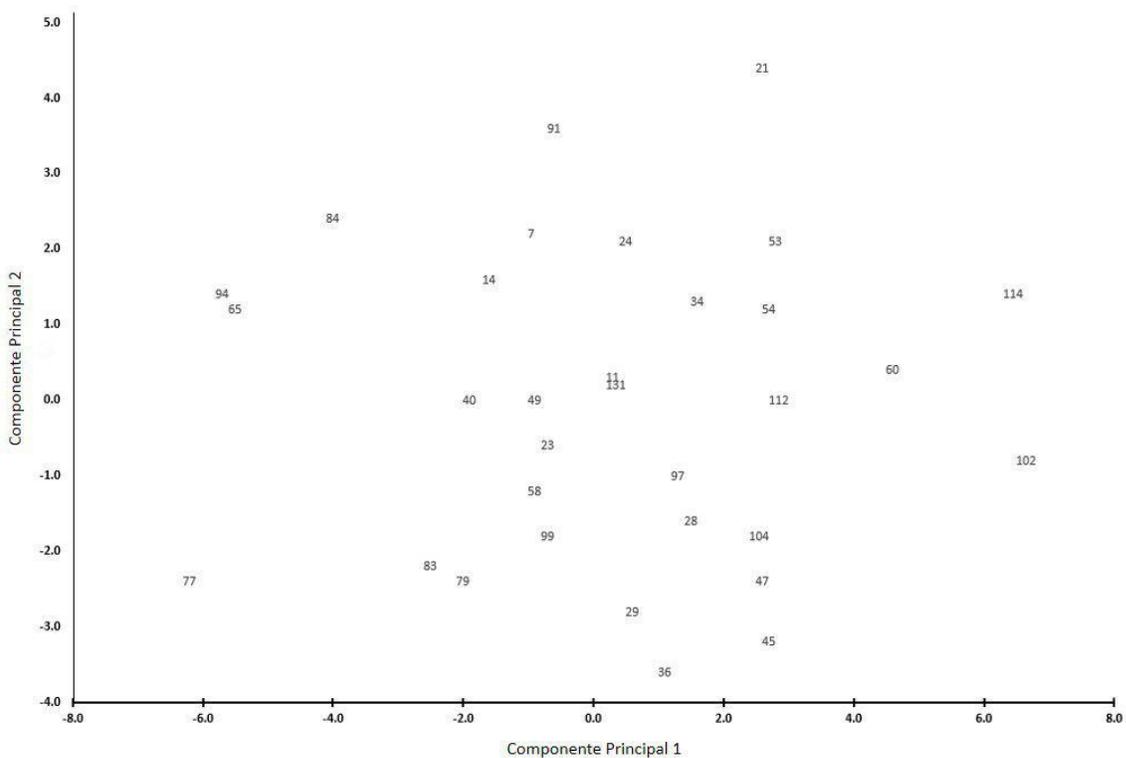


Figura 5. Diagrama de ordenación de 34 accesiones de aguacate de la raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*) del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, con base en los componentes principales 1 y 2. Cada número corresponde al número de registro mencionado en el Tabla 11.

Análisis de conglomerados y formación de grupos

El análisis de agrupamiento efectuado con el método UPGMA diferenció a las poblaciones en cinco grupos (Figura 6). El grupo 1 estuvo representado únicamente por la accesión 77, en el grupo 2 se encuentran las accesiones 21, 53, 54, 60, 102, 114 las cuales representan el 17.64%. En el grupo 3 se incluyeron 6 accesiones las cuales fueron la 79, 104, 112, 40, 83, 91. El grupo 4 estuvo formado por 14 accesiones siendo las siguientes 11, 29, 49, 22, 34, 45, 28, 47, 33, 97, 58, 131, 24, 36, que representan el 41.17%. El grupo 5 incluyó las accesiones 7, 84, 99, 14, 94, 65, que representan el 17.64%.

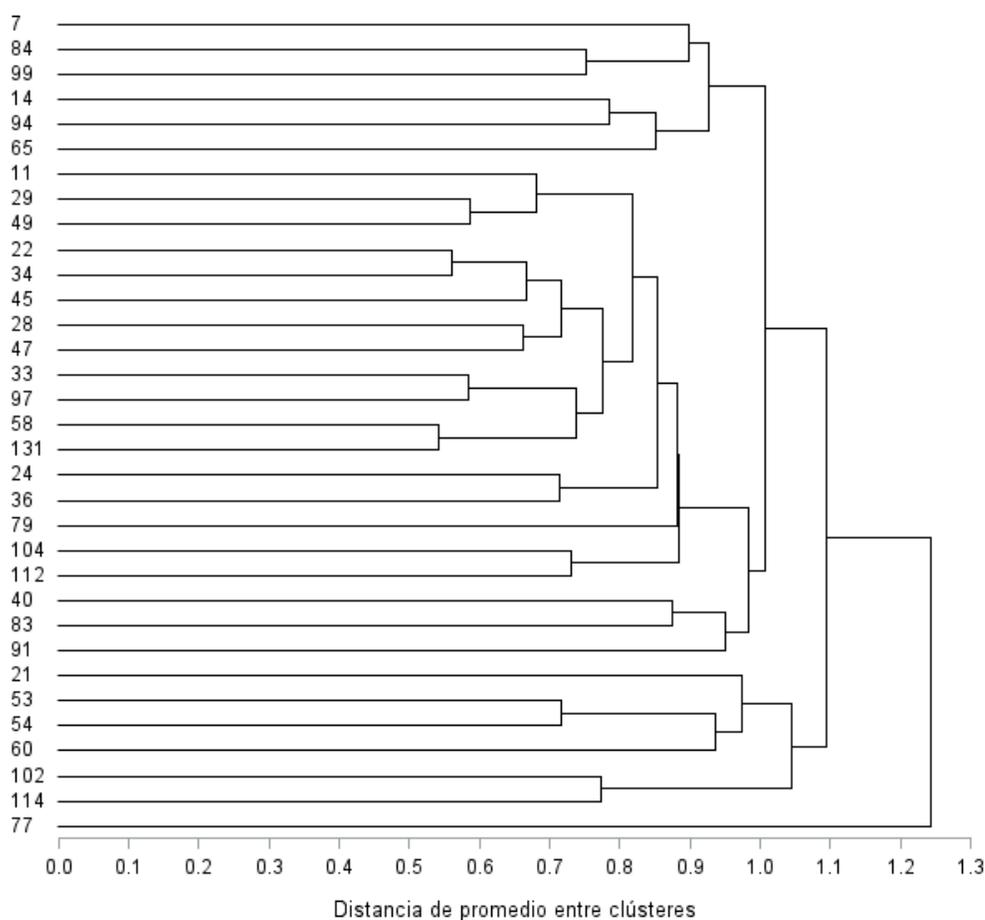


Figura 6. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) para 18 caracteres morfológicos de 34 accesiones de aguacate de la raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*) del banco de germoplasma del Campo Experimental Bajío, con base en distancias euclidianas.

4.4 Discusión.

En relación con el número de repeticiones, de cada una de las accesiones encontradas en el banco de germoplasma de aguacate, es necesario, por seguridad y por reglamento incrementar el número de repeticiones de cada accesión existente en el banco de germoplasma.

Diferenciación morfológica entre poblaciones

Las accesiones de *Persea americana* var. *drymifolia* se diferenciaron significativamente ($p \leq 0.05$) en todas las características evaluadas (Cuadros 2), principalmente en los caracteres relacionados con la calidad del fruto, como el peso del mesocarpio o pulpa (PESOMESO), que tuvo un diferencial de 12.1 veces entre el valor más pequeño al valor registrado más alto, lo que significó que se encontraron frutos con valores promedio de 18 gramos hasta otros de 219 g (accesiones 77 y 102, respectivamente). La longitud del pedúnculo (LONGPEDU) mostró una diferencia de 11.3 veces entre el valor mínimo registrado y el de mayor valor, registrando el valor promedio más pequeño del 1.1 cm (accesión 66) y de 12.4 cm (accesión 71) el más grande. El peso de la semilla (PESOSEMI), el valor promedio mayor fue de 91 g (accesión 59) y el más pequeño registrado fue de 9 g (accesión 77), lo que significó un incremento de 10.1 veces entre el valor menor y el máximo registrado. El peso fresco del fruto en madurez de consumo (PESOMCON) registró un peso promedio de 30 g (accesión 77) como valor más bajo y de 285 g (accesión 60) el promedio del peso más alto, con un diferencial en 9.5 veces entre el fruto de menor peso comparado con el de mayor; relación similar se presentó en el peso de los frutos a madurez fisiológica (PESOMFIS), variando de 296 g (accesión 102) en los frutos más pesados y de 35 g (accesión 77) en los más livianos. Los caracteres relativos a la hoja, ancho y largo (ANCHOJA y LARGHOJA, respectivamente) fueron los que mostraron menores diferencias registradas entre los valores mínimos y los más altos para ANCHOJA, los valores oscilaron entre 81 y 44 mm, (accesiones 87 y 83, respectivamente), mientras que para LARGHOJA 110 mm (accesión 64) fue el valor más pequeño y 179 mm (accesión 16) el más alto. Aun cuando las poblaciones de aguacate estudiadas

provinieron de pocas regiones de México, localizadas en regiones distintas, con características climáticas diferentes, puede explicar las diferencias muy altas en los valores promedios de los caracteres evaluados y su desviación estándar, al respecto Acosta et al. (2013), al caracterizar 19 variedades locales de aguacate, las variables peso del fruto y peso del mesocarpio pudieron identificar tres grupos, considerando los intervalos de los valores medidos. Las poblaciones integrantes de cada grupo mostraron características similares a tres variedades locales cultivadas por los agricultores, lo cual significaron alternativas para los productores de la región norte del estado de Nuevo León, México, al ampliar la oferta de variedades de aguacate, ya que estos materiales cumplen las expectativas de manejo y de los requerimientos del mercado regional. Ello es un indicador de la existencia de variabilidad genética, expresada como diversidad fenotípica, y apunta a que se trata de variantes genotípicas asociadas a la variación ambiental y a los usos del cultivo (Gama y Gómez, 1992; Galindo-Tovar et al., 2008), las cuales han sido cultivadas y seleccionadas por los agricultores en forma diferencial; esto mismo ha sido reportado en aguacate de Colombia (Cañas-Gutiérrez et al., 2015).

Los primeros cuatro grupos se caracterizaron por tener menor tamaño del fruto, expresado en menores pesos y dimensiones e incluyeron principalmente poblaciones originarias del estado de Veracruz. En el grupo 7 se presentaron los frutos de mayor longitud, anchura, peso y mayor tamaño de la semilla del fruto, este grupo estuvo representado por accesiones de Michoacán y principalmente de Guanajuato. Por lo que, los grupos formados de las accesiones de aguacate estudiadas, presentaron cierta relación con su origen geográfico o procedencia. Gutiérrez-Díez et al. (2009; 2015) reportaron que el peso de semilla, peso de fruto, longitud de la cavidad de semilla y longitud de fruto en aguacate tuvieron la mayor influencia en la clasificación de las muestras estudiadas. Se señala que además del uso de las mediciones de caracteres individuales, la incorporación de las relaciones: longitud de fruto/diámetro de fruto, y peso de semilla/peso de fruto en el análisis de agrupamiento, incrementaron la información de similitud entre las muestras, ya que evaluaron con mayor exactitud la influencia de los atributos del fruto y de la semilla

en la formación de los grupos (Gutiérrez-Díez et al., 2009; 2015). Acosta et al. (2012), con caracteres evaluados de fruto, lograron clasificar en grupos, todos los materiales estudiados, de una manera muy similar a las clasificaciones de los productores, esos estudios revelan la amplia variación genética en los materiales criollos de aguacate cultivados en la región norte del estado de Nuevo León, que pueden utilizarse en programas de diversificación de la producción.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Del trabajo elaborado concluyo lo siguiente:

De las 162 accesiones inventariadas al inicio del experimento, se han perdido en su totalidad al menos 38 accesiones debido a factores abióticos y al mal manejo dentro del banco de germoplasma. De las accesiones aun existentes 41 ejemplares corren el riesgo de perderse completamente si no se realizan acciones de rescate propuestas por Engels y Visser (2007).

Aun cuando las poblaciones de aguacate estudiadas provinieron de pocas regiones de México, localizadas en regiones distintas, con características climáticas diferentes, puede explicar las diferencias muy altas en los valores promedios de los caracteres evaluados, principalmente los relacionados con la calidad del fruto, demostrando con la desviación estándar, como el peso del mesocarpio o pulpa (PESOMESO), tuvo un diferencial de 12.8 veces entre el valor más pequeño al valor registrado más alto, lo que significó que se encontraron frutos con valores promedio de 17 gramos hasta otros de 219 g.

De las poblaciones integrantes de cada grupo al mostrar características similares a tres variedades cultivadas por los agricultores, puede verse como una alternativa para los productores de la región norte ya que estos materiales cumplen las expectativas de manejo y de los requerimientos del mercado regional. Esto indica la existencia de variabilidad genética, expresada como diversidad fenotípica.

5.2 Recomendaciones.

- ❖ Se debe realizar una propuesta de Mantenimiento y Rejuvenecimiento del Banco de Germoplasma, donde se considere hacer un remplazo en los árboles viejos o deteriorados con nuevas plantas jóvenes y saludables.
- ❖ Hacer el reposicionamiento de las accesiones perdidas, de acuerdo a la disponibilidad de estas accesiones en otros bancos de germoplasma del país.
- ❖ Reubicar la huerta a una densidad reducida, para brindar mejores condiciones como riego, fertilización, poda y manejo de plagas y enfermedades para mantener la salud y vitalidad de las plantas.
- ❖ Agregar nuevas variedades al banco para mantener una amplia genética.
- ❖ Considerar una asociación con árboles frutales para evitar el monocultivo.
- ❖ Buscar alternativas de financiamiento para poder llevar a cabo esta propuesta e ir planeando mejor la conservación y uso de este recurso genético tan importante para México.

CAPITULO 6 – BIBLIOGRAFIA

- Acosta DE, Almeyda LIH, Hernández TI (2013) Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: región norte. Rev. Mex. Cs. Agríc. 4: 531-542
- Alfonso, J. A., (2008). Manual técnico del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* L.). (25 de agosto de 2022). Obtenido de: <https://www.avocadosource.com/books/AlfonsoJose2008.pdf>
- Amórtegui-Ferro, I., Capera-Ducua, E., & Godoy-Acosta, J. V. (2001). El cultivo de aguacate. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Prohaciendo. (28 de agosto de 2022) Obtenido de: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/EI%20cultivo%20del%20aguacate.pdf>
- Aproare SAT (2009). Manual técnico, Cultivo de aguacate. (22 de agosto de 2022). Obtenido de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
- Ayala Silva, T., & Ledesma, N. (2014). Avocado history, biodiversity and production. Sustainable horticultural systems: Issues, technology and innovation, 157-205.
- Baíza Avelar, V. H. (2003). Guía técnica del cultivo del aguacate. IICA, Ministerio de Economía, Nueva, San Salvador, El Salvador, 68 p.
- Barrientos-Priego, A. F. & López-López, L., 2000. Historia y genética del aguacate. In: Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec de Harinas, México. pp:100-121.
- Borracci, R. A. & Arribalzaga E. B. (2005). Aplicación de análisis de conglomerados* y redes neuronales artificiales para la clasificación y selección de candidatos a residencias médicas. Educación Médica 8 (1), 22-30.
- Condón, F., & Rossi, C. (2018). Banco de germoplasma INIA: Conservando la diversidad de nuestras plantas. INIA, 12 (52) 52-55.

- Cruz López, D. F., Caamal Cauich, I., Reza Salgado, J., & Pat Fernández, V. G. (2022). Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13 (2), 355-362.
- Díaz C., R. (2021). El mercado mundial de aguacate: 60 años del liderazgo de México y su impacto en la próxima década. *The Anáhuac Journal*, 21(2), 12-49.
- Du Plooy, C. P., Marais, Z., & Sippel, A. (1992). Breeding and evaluation strategy on avocado. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 15, 75-77.
- Dulloo M.E., Hanson J., Jorge M.A., and Thormann I. 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: lineamientos generales y principios orientadores. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. *Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]*. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 7 pp.
- Engels, J.M.M. y Visser, L. (eds.). (2007). Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. *Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6*. Bioversity International, Roma, Italia.
- Facultad de Ciencias Naturales, (UAQ). (2023). Banco de germoplasma. (24 de enero de 2023). Obtenido de: <https://fcn.uaq.mx/index.php/extension/banco-de-germoplasma>.
- Facultad de Ciencias Naturales-UAQ. (2023). Banco de germoplasma. (25 de marzo de 2023). Obtenido de: <https://fcn.uaq.mx/index.php/extension/banco-de-germoplasma>
- FAO. 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma.
- FHIA. (2021). Cuidados en la cosecha y potcosecha del aguacate. (23 de febrero del 2024) obtenido de: http://www.fhia.org.hn/descargas/pdfs_fhia-informa/informa_septiembre_2021_3.pdf

- Galindo-Tovar ME, Ogata-Aguilar N, Arzate-Fernández AM (2008) Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55: 441-450.
- Gallegos-Espinosa, R., (1983). Algunos aspectos del aguacate y su producción en Michoacán. D. F. México. Gaceta.
- Gama CL, Gómez PA (1992) An ethnoecological approach for the study of *Persea*: A case study in the Maya area. *Proc. 2nd World Avocado Congr.* pp. 11-17.
- García C., Á. (1997). Richard Stockton MacNeish y el origen de la agricultura. *Arqueología Mexicana*, 5 (25): 40-43.
- García, M., Polo, E., Fajardo, V., Salas, L., Avendaño, K., y Caballero, B. (7 de septiembre de 2022). Obtenido de: <http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/11/aguacate.html>
- Gazel Filho, A. B. (2002). Caracterización de plantas de chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. van Royen) de la colección del catie, mediante el uso del análisis multivariado. *Revista Brasileira de Fruticultura.* 24 (3) 727-730
- González Pérez, E., Ramírez Meraz, M., Canul Ku, J., Flores López, R., & Macías Valdez, L. M. (2021). Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12 (25), 1-13.
- Gutiérrez Díez A, Martínez de la Cerda J, García Zambrano EA, Iracheta Donjuan L, Ocampo Morales JD, Cerda Hurtado IM (2009) Estudio de diversidad genética del aguacate nativo en Nuevo León, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32 (1), 9-18.
- Gutiérrez, N. (2014). Aguacate. (22 de agosto de 2022). Obtenido de: [https://sader.jalisco.gob.mx/catalogo-plantas/aguacate#:~:text=Los%20mejores%20suelos%20para%20el,org%C3%A1nicasea%20optimo%20\(de%202.5%20a](https://sader.jalisco.gob.mx/catalogo-plantas/aguacate#:~:text=Los%20mejores%20suelos%20para%20el,org%C3%A1nicasea%20optimo%20(de%202.5%20a)
- Harlan, J.R. (1975) *Crops and Man.* American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Inc., Madison, USA. 284 p.

- Hernández-Ruíz, J., Herrera-Cabrera, E., & Delgado-Alvarado, A (2019). Variación morfológica del labelo de *Vanilla pompona* (*Orchidaceae*) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 90 (2019), 9
- Jaramillo, S., Baena M. (2000). Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. (23 de enero de 2023). Obtenido de: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/1645_Material_de_apoyo_a_la_capacitaci%C3%B3n_en_conservaci%C3%B3n_ex_situ_de_recursos_fitogen%C3%A9ticos.pdf
- Lara-García, C. T., Martínez-Juárez, J. M. & Miranda-López, R. (2019). Caracterización del Perfil sensorial en pulpa de aguacate criollo (*Persea americana* var. *Drymifolia*), cosecha 2019. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 7 (2022) 109-114
- Larracochea-Aguirre G. (2018). El Aguacate. (23 de agosto de 2022). Obtenido de: <http://www.mexicomaxico.org/dadivas/aguacate.htm>
- Lezama-Pérez, P. J., (2019). Valoración del germoplasma de híbridos de cebolla blanca (*Allium cepa* L.) (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico Superior De Salvatierra. Salvatierra, Guanajuato.
- Lina-Lavalle, A. (2016). Propuesta Metodológica en el marco del Análisis Multivariado a Tres Vías para caracterización de recursos fitogenéticos en Bancos de Germoplasma. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires, Argentina.
- Lolve Aguacate (2023). Aguacate criollo: características, propiedades y origen. (10 de julio de 2023). Obtenido de: <https://iloveaguacate.com/tipos/criollo/>
- López-Monzón, C. E., García-Vásquez, A. R., & Martínez-García, H. G. (2019). Caracterización in situ morfológica y físico-química de aguacates nativos (*Persea americana* Mill) en dos localidades de la región Huista, Huehuetenango. (18 de agosto de 2023). Obtenido de: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/18%20AGUACATE/Caracterizaci%C3%B3n-CUNOROC-CL%C3%B3pez/Caract%20Aguacate-CUNOROC.pdf>

- Márquez, J.M. Caracterización sistemática, parámetros genéticos e índices de selección, de la colección de jícama (*Pachyrizus erosus* L. Urba) del CATIE. 1992. 142f. Tesis (Magister Scientiae) - CATIE, Turrialba, 1992.
- Méndez-Hernández, C. & Rodríguez-Hernández, L. (2011). Manejo de plantaciones nuevas de aguacate. (23 de febrero de 2024). Obtenido de: https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_386_manejoaguacate.pdf
- Mondragon J.C., Fernández M.M.R., Nuñez C.C., de la Torre V.J.D., Montes H.S. (2011). Catálogo de variedades y selecciones de frutales (2012-2013). Unidad de Propagación frutícola. Folleto para Productores Núm. 3. INIFAP – CIRCE, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., 31p.
- Montes-Hernández, S., de la Torre-Vizcaino, JD, Heredia-García, E., Hernández-Martínez, M., & Camarena-Hernández, MG (2017). Caracterización morfológica de germoplasma de aguacate mexicano (*Persea americana* var. *drymifolia*, LAURACEAE). *Interciencia*, 42 (3), 175-180.
- Morera, J. Descripción sistemática de la 'colección Panamá' de pejibaye (*Bactris gasipaes* H. B. K.) del CATIE. 1981. 122f. Tesis (Magister Scientiae) - UCR/CATIE, Turrialba, 1981.
- MundoAgro. (2022). Importancia de bancos de germoplasma en seguridad alimentaria nacional. (25 de enero de 2023). Obtenido de: <https://mundoagro.cl/importancia-de-bancos-de-germoplasma-en-seguridad-alimentaria-nacional/>
- Olaeta, J. A., 2003, industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*, 749-754.
- Querol, D. (1988) Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado: aproximación técnica y socioeconómica. Lima, Perú: Industrial. 218p.
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D. & Larinde, M. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. (24 de enero de 2023). Obtenido de: [file:///C:/Users/gualu/Downloads/1261%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/gualu/Downloads/1261%20(1).pdf)

- Restrepo, L. F., Posada, S. L. & Noguera, R. R. (2012). Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 25 (2) ,258-266.
- Reveles Torres, L. A., & Velásquez Valle, R. (2017). Patrimonio fitogenético: banco de germoplasma de semillas ortodoxas del Campo Experimental Zacatecas. Folleto técnico Núm. 81 Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 44.
- Reyes-Alemán J. C., Ramírez-Mendoza, Ma del C., Flores-Ayala, F., Serrano-Hernández, M., Vázquez-García, L. M., Mejía-Carranza, J., Aguilar-Medel, S., Berdeja-Abreu, R., & Espíndola-Barquera M. de la C (2015). Caracterización morfológica y molecular de germoplasma de aguacate en el centro de México. Recursos genéticos y manejos de viveros, VIII congreso mundial de la palta. 115-120.
- Rodríguez-Henao, E., Caicedo-Arana, A., Enríquez-Valencia, A. L., & Muñoz-Flores, J. E. (2015). Evaluación de la tolerancia a *Phytophthora cinnamomi* Rands en germoplasma de aguacate (*Persea americana* Miller.). *Acta Agronómica* 66 (1), 128-134.
- Salvo-Del Pedregal, J. (2018). Jornadas técnicas sobre aguacate. (30 de agosto de 2022). Obtenido de: <https://www.icia.es/icia/download/Aguacate/10.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (22 de agosto de 2022). Gob.Mx. Obtenido de: <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/aguacate-un-delicioso-fruto-con-mas-de-10-mil-anos-de-historia?idiom=es#:~:text=Su%20nombre%20proviene%20del%20n%C3%A1huatl,la%20especie%20Persea%20americana%20Mill.>
- SIAP. (2020). Atlas Agroalimentario. (25 de agosto de 2022) obtenido de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/65879678/atlas-agroalimentario-2020>
- Ureña-Zumbado, J. D. (2009). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Aguacate. (26 de agosto de 2022). Obtenido de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9896.pdf>

- Vidales Fernández, I., Larios Guzmán, A., Tapia Vargas, L. M., Guillen Andrade, H., & Javier Villaseñor, F. (2011). Crio preservación del banco de germoplasma de aguacate. Actas VII Congreso Mundial del Aguacate. (20 de agosto de 2022). Obtenido de http://www.avocadosource.com/wac7/Section_14/VidalesFernandezI2011b.pdf
- Viera, W., Ponce Morales, L.A., Morillo, E. and Vásquez, W., 2016. Genetic variability of avocado germplasm for plant breeding.
- Villareal-Ramírez, V., 2021. Establecimiento de un banco de germoplasma de cacao en tabasco (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico Superior De La Región Sierra. Tabasco, México.