



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**DIVERSIDAD FENOTÍPICA, GERMINACIÓN Y
EMERGENCIA EN SEMILLAS DE IBES (*Phaseolus lunatus*
L.)**

TESIS

Que presenta:

Georgina Trinidad Esquivel Martínez

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh

Conkal, Yucatán, México

Octubre, 2021



TecNM



Conkal, Yucatán, México, a 22 de Octubre de 2021

El comité de tesis del candidato a grado: Georgina Trinidad Esquivel Martínez, constituido por los CC. Rubén Humberto Andueza Noh, René Garruña Hernández y Eduardo Villanueva Couoh, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Diversidad fenotípica, germinación y emergencia en semillas de ibes (*Phaseolus lunatus* L.)**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh
Director de Tesis

Dr. René Garruña Hernández
Asesor de Tesis

Dr. Eduardo Villanueva Couoh
Asesor de Tesis



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, a 22 de Octubre de 2021

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Georgina Trinidad Esquivel Martínez

ÍNDICE DE CONTENIDO	Página
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.2.1 Origen de <i>Phaseolus lunatus</i>	3
1.2.2 <i>P. lunatus</i> var. <i>lunatus</i>	3
1.2.3 Descripción taxonómica y descripción morfológica.....	4
1.2.4 Importancia del cultivo.....	4
1.2.5 Acervos genéticos del Ib (<i>Phaseolus lunatus</i>).....	5
1.2.6 Acervo genético Mesoamericano de <i>P. lunatus</i>	5
1.2.7 Calidad de las semillas.....	6
1.2.8 Estudios realizados en <i>Phaseolus lunatus</i>	7
1.3 Hipótesis.....	9
1.4. Objetivos.....	9
1.4.1. Objetivo general.....	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9

1.5 Procedimiento experimental.....	10
1.6 Literatura citada.....	11
II. Capítulo 2. PENOTYPIC DIFFERENTIATION AND SEED PHYSIOLOGICAL QUALITY OF IBES (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).....	16
2.1. Abstract.....	18
2.2. Introduction.....	19
2.3. Materials and methods.....	19
2.3.1. Plant material.....	19
2.3.2. Phenotypic characterization of eight landraces of Ibes Cultivated in Yucatán.....	20
2.3.3. Physiological seed quality of eight landraces of <i>Phaseolus lunatus</i> L.....	21
2.3.3.1. Moisture content.....	21
2.3.3.2. Standard germination.....	21
2.3.3.3. Seedling emergence and seedling emergence rate..	22
2.3.4. Data analysis.....	23
2.4. Results	24
2.4.1. Phenotypic differentiation	24
2.4.2. Phenotypic diversity at the landraces level and by cultigroups level of eight landraces of ibes cultivated in Yucatán Peninsula....	27
2.4.3. Physiological seed quality	29

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

2.4.4. Seed vigor	31
2.4.5. Percentage of seedling emergence and seedling emergence rate.....	32
2.5. DISCUSSION.....	35
2.5.1. Phenotypic differentiation.....	36
2.5.2. Morphological diversity at landraces level and by cultigroups of the Ibes landraces cultivated in the Yucatan Peninsula.....	37
2.5.3. Physiological quality in seeds of <i>P. lunatus</i> grown in the Yucatan Peninsula.....	37
2.5.3.1. Moisture content.....	37
2.5.3.2. Germination percentage and germination rate	38
2.5.3.3. Seedling emergence and emergence rate.....	39
2.6. CONCLUSIONS.....	40
2.7. ACKNOWLEDGEMENTS.....	40
2.8. REFERENCES.....	41

CAPITULO 2

Table 1. Landrace number, site collection, Mayan name and classification by
cultigroup of eight landraces of *Ibes* from the Yucatan Peninsula.....20

Table 2. Principal component analysis of eight landraces of *Phaseolus lunatus* (L).....26

Table 3. Comparison of means of the variables evaluated in seeds of eight landraces
of *Ibes* from the Yucatan Peninsula.....28

Figure 1. UPGMA dendrogram obtained with the Ward-MLM method and the
Gower's similarity distance from eight landraces of *Ibes* from the Yucatan Peninsula.....25

Figure 2. Spatial distribution of eight landraces of *Ibes* from the Yucatan Peninsula,
based on the analysis of principal components and 21 phenotypic traits.....27

Figure 3. Percentage and germination rate of seeds of *Ibes* (*P. lunatus*) cultivated in
the Yucatan Peninsula. A) Percentage of germination (% G); B) Germination rate
(% of germinated seeds d⁻¹). The values presented are the means ± SE. Different
letters mean statistical differences (Scott knott, $P \leq 0.05$).....30

Figure 4. Evaluation of seed vigor based on the ISTA classification (1993)
of eight landraces of *Ibes* (Scott knott, $P \leq 0.05$).....32

Figure 5. Percentage and emergence rate of seedlings of landrace of *Ibes* cultivated
in the Yucatan Peninsula. a) Percentage of emergency; b) Emergence rate
(Emerged seedlings d⁻¹).....34

RESUMEN

El Ib (*Phaseolus lunatus*), posee dos grandes acervos genéticos reconocidos a nivel mundial, nombrados Andino y Mesoamericano. El acervo Andino está representado por variedades clasificadas dentro del cultigrupo Gran Lima y el acervo Mesoamericano por variedades clasificadas dentro de los cultigrupos Papa y Sieva. En la Península de Yucatán el Ib presenta gran diversidad de variedades cultivadas que pertenecen al acervo genético Mesoamericano sin embargo, los estudios realizados no han podido determinar si dentro del germoplasma manejado por los agricultores mayas, los cultigrupos Papa y Sieva pueden ser diferenciados morfológica o genéticamente. Aunado a esto los aspectos de calidad fisiológica de la semilla, como porcentaje de germinación, vigor y emergencia de plántulas de variedades locales de *P. lunatus*, también son desconocidos en México. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar la presencia de los cultigrupos Papa y Sieva, la germinación y emergencia en ocho variedades locales de Ibes (*Phaseolus lunatus* L.) cultivadas en la Península de Yucatán. Para la caracterización fenotípica se evaluaron 21 variables, nueve cuantitativas y 12 cualitativas. La germinación se realizó con el método de entre papel y la emergencia en charolas germinadoras, el porcentaje y tasa de germinación se evaluó cada 24 h por nueve días. Los resultados mostraron la formación de dos grupos bien definidos. El grupo A integro a las accesiones JMC1288, JMC1336, JMC1364 y JMC1271 pertenecientes al Cultigrupo Sieva y el grupo B incluyo a las accesiones JMC1208, JMC1264, JMC1313 y JMC1337 pertenecientes al cultigrupo Papa. El porcentaje y tasa de germinación promedio fue de 84 % y 15 semillas germinadas d^{-1} . El porcentaje y tasa de emergencia de plántula presentó un promedio de 86 % y 14 Plántulas emergidas d^{-1} . Los resultados permiten confirmar la presencia de los cultigrupos Papa y Sieva en las variedades locales de Ibes cultivadas en la Península de Yucatán, siendo las accesiones JMC 1208, JMC 1264, JMC 1271 y JMC 1313 las que poseen semillas con buena calidad fisiológica, finalmente las accesiones del cultigrupo Papa fueron las que presentaron semillas con mejores atributos de calidad fisiológica.

Palabras claves: acervo genético, Mesoamericano, porcentaje de germinación, calidad de semilla.

ABSTRACT

Ib (*Phaseolus lunatus* L.) is composed of two major gene pools recognized worldwide namely Andean and Mesoamerican. The Andean gene pool gave rise to the landraces classified within the Gran Lima cultigroup and the Mesoamerican gene pool included the landraces classified within the Papa and Sieva cultigroups. In the Yucatan Peninsula, Ib presents a great diversity of landraces that belong to the Mesoamerican gene pool. However, the studies carried out have not been able to determine whether within the germplasm managed by the Mayan farmers the Papa and Sieva cultigroups can be morphologically or genetically differentiated. In addition, the physiological seed quality traits, such as germination percentage, vigour and emergence of seedlings of landraces of *P. lunatus*, are still unknown in Mexico. Therefore, the objectives of the study were 1) to evaluate the morphological differentiation of the Papa and Sieva cultigroups and 2) evaluate the physiological seed quality of Ibes (*Phaseolus lunatus* L.) cultivated in the Yucatan Peninsula. For phenotypic differentiation 21 morphological traits were evaluated, nine quantitative and 12 qualitative. The physiological seed quality was evaluated by standard germination test and emergence of seedlings tests, the germination percentage and germination rate were evaluated every 24 h for nine days. The results allowed the identification of two well-defined groups. Group A comprised four landraces JMC1288, JMC1336, JMC1364 and JMC1271 belonging to Sieva Cultigroup and group B included the landraces JMC1208, JMC1264, JMC1313 and JMC1337 belonging to Papa cultigroup. The germination percentage and germination rate were 84 % and 15 seeds germinated d⁻¹, respectively. The percentage of seedling emergence and seedling emergence rate were of 86 % and 14 emerged seedlings d⁻¹, respectively. The results allow confirming the presence of the Papa and Sieva cultigroups in the landraces of Ibes cultivated in the Yucatan Peninsula, being the landraces JMC1208,

JMC1264, JMC1271 and JMC1313 those that possess seeds with a good physiological quality, finally the landraces of Papa cultigroup presented seeds with the best attributes of physiological quality.

Key words: gene pool, Mesoamerican, percentage of germination, seed quality.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

El Ib (*Phaseolus lunatus* L.) es una de las cinco especies domesticadas del género *Phaseolus* (Fabaceae) y la segunda especie más importante de este género, después del frijol común (Baudoin *et al.*, 2004; López-Soto *et al.*, 2005). Es conocido como frijol lima, Ib, comba, pallar, haba pallar o frijol mantequilla, (Gutierrez *et al.*, 1995). *P. lunatus* es un cultivo común entre muchos grupos indígenas de América. Se encuentra en forma abundante en México (en zonas tropicales y subtropicales de las vertientes del Atlántico y del Pacífico), en toda América Central, en las Antillas y de forma discontinua en América del Sur (Debouck, 2008). En México, específicamente en la Península de Yucatán, los ibes son uno de los frijoles comúnmente cultivados, los cuales constituyen un elemento cultural importante en “la milpa”, sistema de agricultura tradicional mesoamericano, basado en la asociación de varios cultivos, principalmente maíz, calabaza y frijoles. El Ib constituye una rica fuente de proteínas, carbohidratos, hierro, calcio, fibra, y se distingue por tener bajo contenido de grasas (Martínez-Castillo *et al.*, 2014), su principal uso es como grano para alimentación humana, también se utilizan las hojas y ramas en la alimentación animal y como materia orgánica (Acero y Joaquín, 2000; Nere *et al.*, 2021). La Península de Yucatán alberga la mayor diversidad genética del acervo mesoamericano domesticado en comparación con otras regiones mesoamericanas (Martínez-Castillo *et al.*, 2008). Las variedades domesticadas presentes en Yucatán se distinguen por el tamaño de semilla, mayor permeabilidad de la testa seminal, pérdida de latencia y por presentar una amplia variabilidad de colores respecto a sus parientes Silvestres. (Peña-Valdivia *et al.*, 2013). Es por ello que la caracterización morfológica ha permitido grandes avances en la descripción de la divergencia genética entre accesiones intra e inter específica, aportando una serie de información, los cuales ayudan a caracterizar el germoplasma (Singh, 2001).

Fundamentado en la información arqueológica (Kaplan, 1956), bioquímica (Lioi *et al.*, 1999 ;Gutiérrez *et al.*, 1995; Lioi y Galasso, 2002), morfológica (Debouck *et al.* 1987), y molecular (Andueza-Noh *et al.*, 2013; Serrano-Serrano *et al.*, 2012), se indican dos importantes acervos genéticos: El acervo Andino (AG) representado por el cultigrupo Gran Lima (con semillas de gran tamaño) y el acervo mesoamericano (MA), representado por los cultigrupos Sieva y Papa (con semillas de menor tamaño; Lioi *et al.*, 1998). Además de la

existencia de los dos acervos genéticos principales reportados para *P. lunatus*, estudios recientes utilizando regiones de ADN de núcleo y de cloroplasto han identificado dos grupos que se han diferenciado genéticamente dentro el acervo genético mesoamericano nombrados como MI y MII cada grupo posee accesiones silvestres y domesticadas con una distribución geográfica bien definida: el grupo MI se distribuye en el oeste y noroeste del Istmo de Tehuantepec en México y el grupo MII en la zona este y sureste del Istmo de Tehuantepec (Serrano-Serrano *et al.*, 2010; Motta-Aldana *et al.*, 2010; Andueza-Noh *et al.*, 2013). A pesar de la gran diversidad de variedades de *P. lunatus* cultivadas en la Península de Yucatán, los estudios realizados hasta el momento, no han podido comprobar si dentro del germoplasma manejado por los agricultores, los cultigrupos Papa y Sieva pueden ser diferenciados morfológica o genéticamente (Martínez-Castillo *et al.*, 2004). Aunado a esto los aspectos de calidad de la semilla, como porcentaje de germinación y emergencia de plántulas en variedades domesticadas también son desconocidas para esta especie en México.

Por lo anterior Celis-Velázquez *et al.* (2008) consideran que el vigor de la semilla y de la plántula son de importancia para optimizar la germinación, emergencia y el desarrollo inicial de la planta, siendo la capacidad de germinación, uno de los atributos principales involucrados en la calidad fisiológica de la semilla. Por lo tanto, el objetivo fue demostrar la presencia de los cultigrupos Papa y Sieva en las variedades locales de ibes cultivadas en la Península de Yucatán, así como, evaluar la germinación y emergencia de las semillas de ibes (*Phaseolus lunatus* L).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Origen de *Phaseolus lunatus*

El Ib (*Phaseolus lunatus* L.) es originario de América y evolucionó en los trópicos del nuevo mundo durante 10,000 años (Kaplan y Lynch 1999). Los Ibes pertenecen a la familia de las *Fabaceae* (leguminosas), género *Phaseolus* L. y especie *P. lunatus* L. Es el género con mayor diversidad y distribución del continente Americano, el cual comprende aproximadamente 65 especies que se distribuyen en Mesoamérica (Delgado y Gama-López 2015) y se encuentra presente en catorce tipos de vegetación diferente (Zoro *et al.*, 2003; Andueza-Noh *et al.*, 2016). México alberga cinco de las especies domesticadas de *Phaseolus*: *P. vulgaris* L. (frijol común), *P. lunatus* L. (frijol Lima), *P. coccineus* L. (frijol ayocote), *P. acutifolius* A.Gray (frijol tepari) y *P. dumosus* Macfad (frijol acelete);(Delgado-Salinas *et al.*, 1999).

1.2.2. *P. lunatus* var. *lunatus*.

De acuerdo a Baudet (1977) la especie *P. lunatus* está clasificada en dos variedades botánicas: *P. lunatus* var. *lunatus* (forma domesticada) y *P. lunatus* var. *silvester* (forma silvestre). La forma domesticada presenta tres cultigrupos, con características definidas en el tamaño y forma de la semilla: a) cultigrupo Gran Lima, representado por semillas grandes y planas, perteneciente al acervo genético Andino; b) cultigrupo Sieva, caracterizado por sus semillas de tamaño medio y de forma arrionada y c) cultigrupo Papa identificado por sus semillas pequeñas de forma globular, los últimos dos cultigrupos descritos pertenecen al acervo genético mesoamericano (Baudet, 1977; Martínez-Castillo *et al.*, 2004; García *et al.*, 2021). También se ha reportado que existe un gran número de variedades nativas que presentan variación en cuanto al color, forma y tamaño de la semilla en cada uno de los cultigrupos. Es por ello, que uno de los principales criterios que se han utilizado para explicar el origen y la diversidad de los ibes es el estudio de la variación de las características morfológicas de sus semillas (Freytag y Debouck 2002). Las formas domesticadas se encuentran distribuidas desde el Suroeste de Estados Unidos de América hasta la Costa Oriental de Brasil, siendo México el país con mayor riqueza y la Península de Yucatán, es la región que presenta mayor riqueza de formas cultivadas de Ibes de todo el país (Ballesteros, 1999; Martínez-Castillo *et al.*, 2004; Dzul-Tejero *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2017).

1.2.3. Descripción taxonómica y morfológica

En cuanto a su clasificación taxonómica según Cronquist (1988), el género *Phaseolus* pertenece al filo Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Rosidae, orden Fabales, familia Fabaceae, subfamilia Faboideae, tribu Phaseoleae, subtribu Phaseolinae, especie *lunatus*. *P. lunatus* L., es una especie herbácea plurianual, su contenido cromosómico es $2n=22$, su reproducción es autogama, con hábito de crecimiento determinado que se caracteriza por el desarrollo de la yema terminal en una inflorescencia e indeterminado que se caracteriza por el desarrollo de la yema terminal en una guía, presenta germinación epigea, las hojas son triangulares a lanceoladas, son más oscuras que en otras especies del género (Santos, 2002), presenta pecíolos de 1.8-12 cm de longitud con periodo de floración prolongada, la inflorescencia presenta muchas flores en forma de racimos de diferentes tamaños pero generalmente más grandes que las hojas, presentan las mismas variaciones de color que las de frijol común y son más pequeñas 10 mm. La corola puede ser lila, rosa-purpura o blanca, brácteas oblongo-ovaladas y su longitud varía de 1-2 mm, gran producción de vainas curvas, largas, planas, puntiagudas de color beige, cuando están secas y contiene de dos a cuatro semillas (Beyra y Reyes, 2004), el peso de 100 semillas es de 30 a 300 g, existe una gran variación en cuanto al color de la testa (blanco, verde, gris, amarillo, marrón, rosa, rojo, morado, negro o manchado y moteado). El hilio es corto y central oblongo. Una característica que distingue a *P. lunatus* de otras especies son las líneas que presentan desde el hilio hasta la región dorsal de las semillas. Los cotiledones son blancos o verdes y las raíces se desarrollan con mayor rapidez que los frijoles comunes y tienden a ser tuberosas (Baudoin, 1998; Vieira, 1992). El Ib es una especie tolerante a la sequía y puede crecer en áreas con precipitaciones entre los 500 y 600 mm (Suárez *et al.*, 2007; Arteaga, 2021).

1.2.4. Importancia del cultivo

El Ib representa la segunda especie comercial más importante de frijol en el mundo, solo después del frijol común (*P. vulgaris* L.), en algunos países como Estados Unidos de América y Perú tienen una gran importancia comercial, sin embargo, en México ha sido subvalorada ya que su importancia radica en ser un cultivo de subsistencia, para algunos grupos étnicos.

En la Península de Yucatán se encuentran cuatro de las trece áreas geográfico-culturales mayas establecidas por Adams y Culbert (1977) donde el sistema de agricultura tradicional maya conocida como “Milpa” sigue siendo la actividad económica más

importante (Martínez-Castillo *et al.*, 2004). Los principales cultivos del sistema milpa son el maíz, la calabaza y los frijoles, este último integra a *Phaseolus lunatus* el cual ha sido nombrado Ib o Ibes por los campesinos de la Península de Yucatán, donde representa el cuarto cultivo más importante del sistema, gracias a su importancia cultural y alimenticia (Marrugo-Ligardo *et al.*, 2016).

1.2.5. Acervos genéticos del Ib (*Phaseolus lunatus*)

El acervo genético hace referencia a toda la información genética contenida en una población de una especie en particular y puede ser primaria (cruzamiento común, progenies fértiles, incluye formas silvestres y locales de Ibes tanto Andino y mesoamericano), secundaria (progenies con diferentes niveles de esterilidad o fertilidad en especies de América del sur) y terciaria (híbridos resultantes son estériles y anormales) (Morales, 1995; Lopes *et al.*, 2010). Basado en la información arqueológica (Kaplan, 1956), bioquímica (Lioi *et al.*, 1999; Gutiérrez *et al.*, 1995; Lioi y Galasso, 2002), morfológica (Debouck *et al.* 1987), y molecular (Andueza-Noh *et al.*, 2013; Serrano-Serrano *et al.*, 2012) indican la existencia de dos importantes acervos genéticos dentro de *P. lunatus*: el acervo genético Andino y el acervo genético Mesoamericano, ambos comprendiendo formas silvestre y domesticadas (Andueza-Noh *et al.*, 2016; Martínez-Castillo *et al.*, 2014; Andueza-Noh, 2013; Serrano-Serrano *et al.*, 2012; Motta-Aldana *et al.*, 2010; Serrano-Serrano *et al.*, 2010).

1.2.6. Acervo genético Mesoamericano de *P. lunatus*

Estudios realizados basados en información molecular señalan que dentro del acervo genético Mesoamericano la organización genética es más compleja, constituido por dos grupos bien definidos geográfica y genéticamente, los cuales son nombrados: mesoamericano I (MI) que se encuentra distribuido en el oeste y noroeste del Istmo de Tehuantepec en México y el mesoamericano II (MII) en la zona este y sureste del Istmo de Tehuantepec, Centroamérica (Guatemala, El Salvador, Honduras y Costa Rica), el Caribe (Cuba) y Sudamérica (Colombia, sur de Perú y Argentina) (Motta-Aldana *et al.*, 2010; Serrano-Serrano *et al.*, 2010). Martínez-Castillo *et al.*, (2014) menciona que en poblaciones silvestres de México el grupo MI ocurre principalmente en el centro-oeste de México, en el estado de Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, y Morelos. El grupo MII ocurre principalmente en las llanuras costeras del golfo de México en los estados de Tabasco, Veracruz, Chiapas y la Península de Yucatán.

1.2.7. Calidad de las semillas

La domesticación de plantas es uno de los procesos culturales más trascendentales de la humanidad, sin embargo su comprensión es bastante superficial, lo cual explicaría que especies domesticadas hayan tenido más pérdidas que incrementos posteriores (Harlan, 1992), se ha señalado que el tamaño de la semilla dentro de cada especie es un factor que puede afectar la germinación y la emergencia de la plántula y que semillas de menor tamaño por la cantidad reducida de reservas que puedan contener tienen menor éxito en estos procesos (Celis-Velázquez *et al.*, 2010; Advíncula *et al.*, 2015). Sin embargo, Mendoza *et al.* (2006) demostraron experimentalmente que el tamaño de la semilla no alteraba la germinación y emergencia, e indican que la calidad de la semilla depende del genotipo de la variedad y no del tamaño de la semilla. Se ha señalado que la aceptación de los cultivares mejorados por productores locales es limitada y que en cierta forma continúan predominando los cultivares criollos, pues en su región de origen frecuentemente generan rendimientos altos y son preferidos por los consumidores locales (Rosales *et al.*, 2003). Por lo tanto, la calidad de la semilla está determinada principalmente por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo. En los programas de fitomejoramiento es importante considerar el vigor de la semilla y de la plántula para optimizar la germinación, emergencia y desarrollo inicial de la planta (Celis-Velázquez *et al.*, 2008). Para obtener un buen vigor en las semillas el SNICS (2018) establece como mínimo un rango de 80 a 85% de germinación y emergencia en las categorías de semillas (básica, registrada, certificada y habilitada) para la clasificación de Frijol. El vigor de semilla se ha descrito como un conjunto de características que determinan el nivel y patrón de reacción de la semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula (Celis-Velázquez *et al.*, 2010; Araya *et al.*, 2013; Marcos-Filho, 2015). Una ventaja de evaluar el vigor de semilla es que a través de la germinación y específicamente de la velocidad y uniformidad de emergencia de las plántulas en condiciones diversas, pueden valorarse numerosas poblaciones en poco tiempo (Celis-Velázquez *et al.*, 2008). La germinación y emergencia en semillas de Ibes no ha sido evaluada en México, lo cual es importante ya que el éxito de un cultivo depende principalmente de características fisiológicas y bioquímicas de la semilla, su reacción al ambiente y su rapidez con la que utilice sus reservas para lograr la germinación y el crecimiento de la plántula (Peña-Valdivia *et al.*, 2013).

1.2.8. Estudios realizados en *Phaseolus lunatus*

Existen muchos trabajos realizados en el frijol lima que van desde estudios de domesticación, como los realizados por Andueza-Noh *et al.* (2013) y Chacó-Sánchez y Martínez-Castillo (2017), hasta estudios de diversidad tanto morfológica como genética (Oliveira *et al.*, 2017; Dzul-Tejro *et al.*, 2014; Nere *et al.*, 2021) sin embargo muy pocos trabajos han sido desarrollados con el objetivo de demostrar la existencia de los cultigrupos papa y sieva del acervo genético mesoamericano del frijol Lima, entre estos se encuentra el realizado por Lioi *et al.* (1998) quienes estudiaron la diversidad de isoenzimas y ADN en accesiones de *Phaseolus lunatus* provenientes de Alemania, Bélgica, Brasil y Colombia, obteniendo una clara separación en grupos distintos correspondientes al acervo genético Mesoamericano (Sieva y Papa) y el acervo genético Andino (Gran Lima), además, estos autores observaron un tercer grupo intermedio (Sieva/Big Lima), ligeramente relacionado con el grupo Mesoamericano. Por su parte, Ballesteros (1999), demostró la presencia de los dos cultigrupos del acervo genético Mesoamericano en variedades cultivadas de *Phaseolus lunatus*: “Papa” que presenta semillas pequeñas y globulares llamada “Maya”, y “Sieva” con semillas planas de tamaño mediano llamada “Meso-Caribe”, de igual manera reportó formas intermedias entre ambos cultigrupos, presentando semillas de tamaño mediano con forma de riñón. Castiñeiras *et al.* (2007) evaluaron la diversidad morfológica y molecular de 64 accesiones Cubanas de *Phaseolus lunatus*, estos autores lograron observar una diferencia clara entre los cultigrupos Papa y Sieva y de igual manera reportan la presencia de un grupo intermedio en variedades Cubanas. Para el caso de México y específicamente de la Península de Yucatán, se han realizado diversos estudios sobre diversidad genética del frijol Lima, sin embargo, no se han realizado estudios que estén enfocados en determinar si las variedades cultivadas pertenecen a los dos cultigrupos papa y sieva. Martínez-Castillo *et al.* (2004) estudiaron la diversidad intraespecífica y variación Morfo-Fenológica en *Phaseolus lunatus* L. en la península de Yucatán y a pesar de que pudieron clasificar sus accesiones en los cultigrupos Papa y Sieva, en sus resultados indican que no se presentó una clara diferenciación entre ambos grupos, debido en parte al flujo génico que generó la presencia de un grupo intermedio entre los cultigrupos Papa y Sieva. Con respecto a los trabajos realizados sobre germinación y emergencia de plántula en frijol Lima aún son más escasos, Santos *et al.* (2002) estudiaron en Brasil la productividad y morfología de vainas y semillas de *P. lunatus*, obteniendo un tiempo de germinación de seis a nueve días, sin embargo, observaron que algunas variedades germinaron de manera tardía y concluyen que

las accesiones evaluadas presentaban baja calidad fisiológica en sus semillas. Por su parte Nobre *et al.* (2012) obtuvieron un rango de 56 a 88% de germinación al evaluar la calidad fisiológica en diez variedades de *P. lunatus*. Nascimento *et al.* (2019) reportaron un rango de 81 a 100% de germinación en variedades Brasileñas indicativo de una buena calidad fisiológica de la semilla.

1.3. Hipótesis

Las accesiones evaluadas de la Península de Yucatán están diferenciadas morfológicamente en los cultigrupos Papa y Sieva del acervo genético Mesoamericano.

Las semillas de los Ibes cultivados en la Península de Yucatán presentan porcentajes de germinación y emergencia por encima del mínimo requerido por el SNICS, para ser consideradas semillas de buena calidad (85%).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

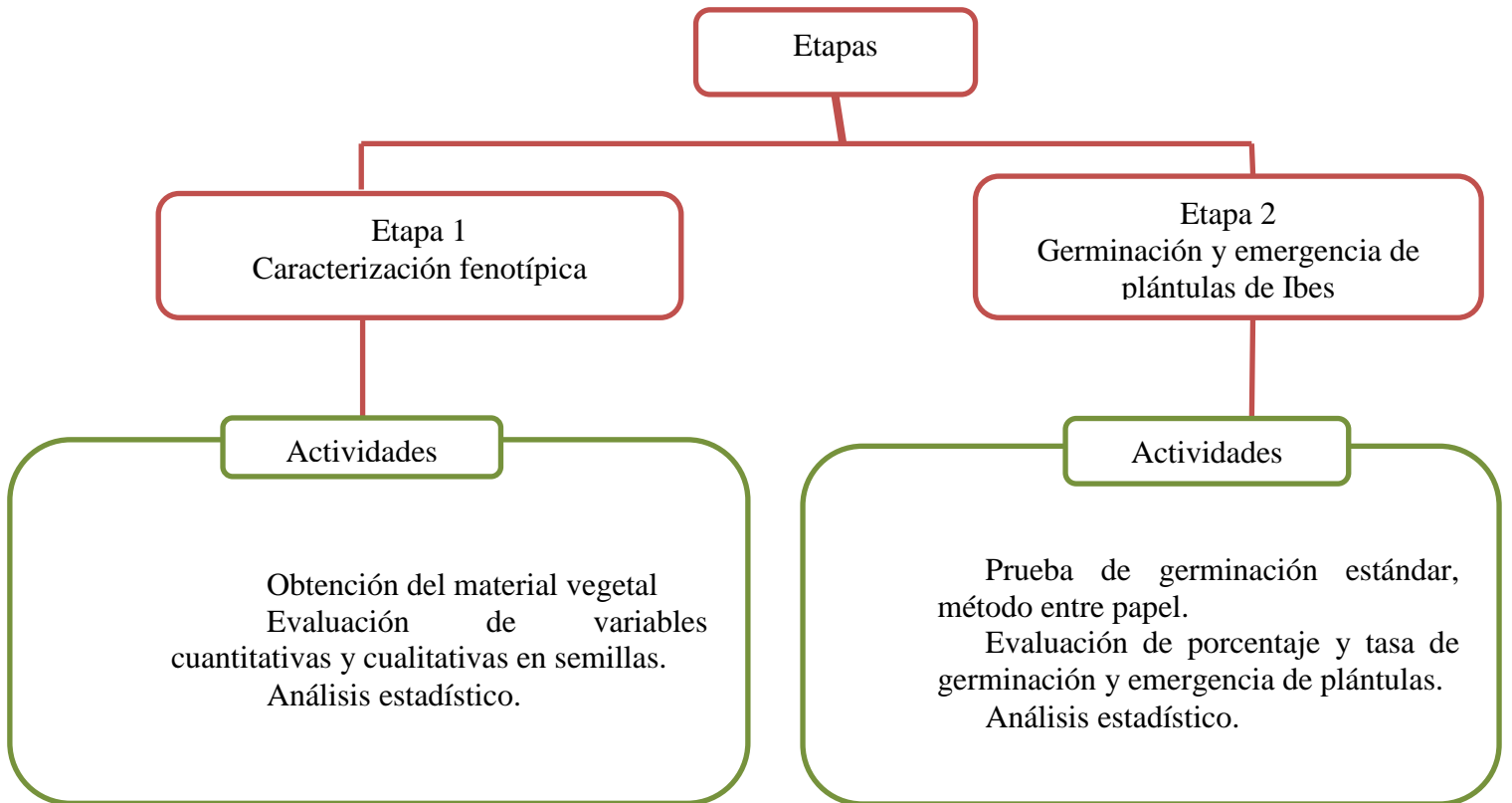
Evaluar la presencia de los cultigrupos Papa y Sieva, la germinación y la emergencia de plántulas de ocho variedades locales de Ibes (*Phaseolus lunatus* L.) cultivadas en la Península de Yucatán.

1.4.2. Objetivos Específicos

Comprobar con base en características fenotípicas de la semilla la presencia de los cultigrupos Papa y Sieva de *P. lunatus* en ocho variedades de la Península de Yucatán.

Evaluar el porcentaje, tasa de germinación y emergencia de plántulas de Ibes colectadas en la Península de Yucatán.

1.5. Procedimiento experimental



1.6. Literatura citada

- Acero P. y Joaquín, J. 2000. Cultivos (Cereales, Leguminosas y Oleaginosas). Editorial UNAD, Bogotá, Colombia., pp: 51-52.
- Adams R. E. W. and T. Patrick C. 1977. The Origins of Civilization in the Maya Lowlands. In: The Origins of Maya Civilization. University of New México, Albuquerque, pp: 3–34.
- Advíncula L., T., F. De Nadai B., D. Nobre C., E. Ferreira B. M., J. Brandão da S. y C. da Costa A. 2015. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Phaseolus lunatus* L. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 10:341-346.
- Andueza-Noh R. H., L. Camacho-Pérez, J. Martínez-Castillo y F. May-Pat. 2016. Distribución geográfica de los parientes silvestres del acervo genético mesoamericano del frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) en México. Polibotánica 101-113.
- Andueza-Noh R. H., M. L.Serrano-Serrano, M. L. Chacón S., I. Sánchez del Pino, L. Camacho-Pérez, J. J. Coello-Coello, C. J. Mijangos, D. J. Debouck and J. Martínez-Castillo. 2013. multiple domestications of the mesoamerican gene pool of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. Genetic Resources and Crop Evolution, 60: 1069–1086.
- Araya V., R.; K. Martínez U.; A. López Z. y A. Murillo W. 2013. Protocolo para el manejo poscosecha de la semilla de frijol. FAO.Costarica. 39.
- Arteaga C. S. 2021. Cultivos para el cambio climático selección y caracterización de variedades de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Phaseolus lunatus* tolerantes a la sequía y salinidad. Universitat politècnica de valencia. Valencia. 208 p.
- Ballesteros G. A. 1999. Contribuciones al conocimiento del frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) en América Tropical. Ph. D. thesis, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México, México. 387 p.
- Baudet J.C., 1977. Origine et classification des espèces cultivées du genre *Phaseolus*. Bull Soc Roy Bot Belg 106: 53–59.
- Baudoin J. P., O. Rocha, J. Degreef, A. Maquet and L. Guarino.2004. Ecogeography, Demography, Diversity and Conservation of *Phaseolus lunatus* L. in the Central Valley of Costa Rica. Internacional Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp 3–8.
- Baudoin J. P., J. Degreef; O. Hardy; F. Janart and I. Zoro B. 1998. Development of an in situ conservation strategy for wild Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) populations in the

- central valley of Costa Rica. In: S. J. Owens S. J. and P.J. Rudall. Reproduction biology. Royal botanic Gardens. pp: 471-426.
- Beyra Á. y G. Reyes A. 2004. Revisión taxonomía de los generos Phaseolus y Vigna (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. Anales Del Jardín Botánico de Madrid, 61:138–139.
- Castiñeiras L. F., A Guzmán M., C. Duque, T. Shagarodsky, R. Cristóbal and M.C. de Vicente. 2007. AFLPs and morphological diversity of Phaseolus lunatus L. in Cuban home gardens: Approaches to recovering the lost ex situ collection. Biodiversity and Conservation 16:2847–2865.
- Celis-Velázquez R., C. B. Peña-Valdivia, M. Luna-Cavazo y R. Aguirre. 2010. Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. Revista de La Facultad de Agronomía 27: 61–87.
- Celis-Velázquez R.; C. B. Peña-Valdivia, M. Luna-Cavazos, J. R. Aguirre-Rivera, A. Carballo-Carballo y C. Trejo-López. 2008. Variabilidad morfológica seminal y del vigor inicial. Agronomía mesoamericana 19:180–181
- Chacón-Sánchez, M. and J. Martínez-Castillo. 2017. Testing Domestication Scenarios of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mesoamerica: Insights from Genome-Wide Genetic Markers. Frontiers in plant Science 8: 2-18.
- Cronquist A. 1988. Devolution and classification of flowering plants. New York: Botanical Garden 555 p.
- Debouck D. G., J. H. Liñan-Jara, A. Campana-Sierra y J. H. de la Cruz-Rojas. 1987. Observation on the domestic of *Phaseolus lunatus* L. Plant genet. resour. News 27-30.
- Debouck D. G. 2008. Notes sur Les Différents Taxons de Phaseolus à Partir des Herbiers-Section Paniculati. Genetic Resources Program 455p.
- Delgado A. y S. Gama-López. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Revista Digital Universitaria 16:1–11.
- Delgado-Salinas A., T. Turley, A. Richman and M. Lavin. 1999. Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of Phaseolus (Fabaceae). Systematic Botany 24:438.
- Dzul-Tejero F.; J. Coello-Coello y J. Martínez-Castillo. 2014. Wild to crop introgression and genetic diversity in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in traditional Mayan milpas from Mexico. Conserv. Genet. 15:1315–1328.

- Freytag F. G. and D. Debouck G. 2002. Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) In Norte America, México And Centrl America. Barney Lipscomb. Fort Worth Texas. pp: 3-8
- Garcia T., J. Duitama, S. Zullo, S., J Gil, A. Ariani, S. Dohle, A palkovic, P. Skeen, C. Bermúdez-Santana, D. Debouck, J. Martínez-Castillo, P. Gepts and M. Chacón-Sanchez. 2021. Comprehensive genomic resources related to domestication and crop improvement traits in Lima bean. *Nature Communications* 12: 2-14.
- Gutiérrez S. A., P. Gepts and D. G. Debouck. 1995. Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:15–28.
- Harlan J. R. 1992. *Crops and Man*. 2nd ed. Madison: American Society Agronomy. 283 p
- Kaplan L. 1956. The Cultivated Beans of the Prehistoric Southwest. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 43:189.
- Kaplan L. y F. Lynch T. 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: a MS radiocarbon dates and their significance for pre-Colombian agriculture. *econo. bot.* 53:261-272.
- Lioi L. and I. Galasso. 2002. Oligonucleotide DNA fingerprinting revealing polymorphism in *Phaseolus lunatus* L. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49:53–58.
- Lioi L., C. Lotti and I. Galasso. 1998. Isozyme diversity, RFLP of the rDNA and phylogenetic affinities among cultivated lima beans, *Phaseolus lunatus* (Fabaceae). *Plant Systematics and Evolution* 213:153–164.
- Lioi L., F. Sparvoli and R. Bollini. 1999. Variation and genomic polymorphism of lectin-related proteins in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) seeds. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 175–182.
- Lopes A.C. de A., R. L. Gomes F., A. S. Araújo F. 2010. Acultura do Feijão-fava no Meio-Norte do Brasil. Teresina, PI. Universidad federal do Piauí. 272 p.
- López-Soto J.L., J.A. Ruiz C., J.J. Sánchez G. y I.R. Lépiz. 2005. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp) en la república mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 221-230.
- Marcos-Filo J. 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola* 72: 363-374.
- Marrugo-Ligardo Y. A., L. Fuentes-Berrio, P. M. Montero-Castillo y D. Acevedo-Correa. 2015. Factibilidad de almacenamiento de semillas de aajonjoli (*sesamuhn indicum* L.) en bolsas solobag. *Biología en el sector agropecuario y agroindustrial* 13:86-87.

- Martínez-Castillo J. L., Camacho-Pérez, S., Villanueva-Viramontes, R. H., Andueza-Noh and M. I. Chacón-Sánchez. 2014. Genetic structure within the Mesoamerican gene pool of wild *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) from Mexico as revealed by microsatellite markers: Implications for conservation and the domestication of the species. *American Journal of Botany* 101:851–852.
- Martínez-Castillo J., D. Zizumbo-Villarreal, H. Perales-Rivera and P. Colunga-García M. 2004. Intraspecific diversity and morpho-phenological variation in *Phaseolus lunatus* L. from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Economic Botany* 58: 354–380.
- Martínez-Castillo J., P. Colunga-García M. and D. Zizumbo-Villarreal. 2008. Genetic erosion and in situ conservation of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces in its Mesoamerican diversity center. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57: 1066.
- Mendoza P., C., A. Hernández L., F. González C., G. Garcia de los S., A. Carballo C., T. Vasquez R. y M. Tovar G. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de Maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México* 32 :344-351.
- Morales E. A. 1995. "Genepool" e "core collections" como estratégias para a conservação e uso dos recursos genéticos. In simposio nacional de recurso geneticos vegetais. p.7-8.
- Motta-Aldana, J. R., M. L. Serrano-Serrano, J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D. Debouck G. and M. I. Chacón S. 2010. Multiple origins of Lima bean landraces in the Americas: Evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Science* 50:1777–1780.
- Nascimento R.M. G., M. L. da Silva M., E. Alves U., C. Rodrigues M y M. da Silva J. 2019. Vigor tests in seeds creole of *Phaseolus lunatus* L. *Bioscience journal*35: 1463-1469.
- Nere R. D., E. Bleicher y C. H. C. Bernitini de M. 2021. Biometria de plantas e sementes de fava: contribuições para divergência genética. *Society and Development* 10: 1-26.
- Nobre C. D. A., D. da S. Junior B. E., E. Nobre C., J. M. dos Santos C., D. G. Miranda S. e L. Alves P. 2012. Qualidade física, fisiológica e morfologia externa de sementes de dez variedades de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Biociências*10: 425-429.
- Oliveira S. R., M. Lobo B., J. Gomes P., A. Celis de Almeida L., R. Ferreira G. and J. Martínez-Castillo. 2017. Phenotypic diversity in lima bean landraces cultivated in Brazil, using the Ward-MLM strategy. *Chilean journal of agricultural research* 77: 36-39.

- Peña-Valdivia C. B., C. Trejo, R. Celis-Velazquez y A. López O. 2013. Reacción del frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) a la profundidad de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 90–92.
- Rosales S. R., J. A. Acosta-Gallegos, R. P. Durán D., A. H. Guillén A., P. Pérez H., G. Esquivel E. y J. S. Muruaga M. 2003. Diversidad genética del germoplasma mejorado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 29: 12–18.
- Santos D., F. M. Corlett F., J. E. M. Mendes F. y J. S. A. Júnior W. 2002. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1408–1412.
- Serrano-Serrano M. L., J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D. Debouck G., y M. I. Chacón S. 2010. Gene pools in wild Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: Evidences for an Andean origin and past migrations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 76–80.
- Serrano-Serrano M. L., R. H Andueza-Noh, J. Martínez-Castillo, D. Debouck G., and M. I. Chacón S. 2012. Evolution and domestication of Lima bean in Mexico: Evidence from ribosomal DNA. *Crop Science* 52: 1698–1699.
- Singh P. S. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars: A review. *Crop Sci* 41: 1659-1675.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2018. Reglas para la clasificación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). México. pp.11.
- Suarez S. F., M. Riera N. y D. Arebalo. 2007. evaluación de tres plantas graníferas en condiciones de sequía. *Centro Agrícola* 34: 17-21.
- Vieira R. F. 1992. A cultura do feijão-fava. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 16:30-37.
- Zoro B. I., A. Maquet, and Jean-Pierre Baudoin. 2003. Population genetic structure of wild *Phaseolus lunatus* (Fabaceae), with special reference to population sizes. *Am. J. Bot.* 90: 897–904.

CAPITULO 2. PHENOTYPIC DIFFERENTIATION AND SEED PHYSIOLOGICAL QUALITY OF IB (*PHASEOLUS LUNATUS* L.)

Ib (*Phaseolus lunatus* L.) is composed of two major gene pools. The Andean gene pool gave rise to the Gran Lima cultigroup, and the Mesoamerican gene pool gave rise to the Papa and Sieva cultigroups. In the Yucatan Peninsula, Ib presents a great diversity of landraces that belong to the Mesoamerican gene pool. However, studies so far have not been able to

determine whether the Papa and Sieva cultigroup germplasm resources managed by Mayan farmers can be morphologically or genetically differentiated. In addition, the physiological seed quality traits of *P. lunatus* are still unknown. Therefore, the objectives of the study were to evaluate morphological differentiation of the Papa and Sieva cultigroups of Ibes in the Yucatan Peninsula based on 21 morphological traits (nine quantitative, 12 qualitative) and physiological seed quality based on standard germination and emergence of seedlings tests. Results showed two well-defined groups. Group A comprised landraces JMC1288, JMC1336, JMC1364 and JMC1271 belonging to the Sieva cultigroup; group B included landraces JMC1208, JMC1264, JMC1313 and JMC1337 belonging to the Papa cultigroup. The germination percentage was 84%, and rate was 15 seeds germinated d⁻¹. The percentage of seedling emergence was 86%, and seedling emergence rate was 14 emerged seedlings d⁻¹. Results confirmed the presence of the Papa and Sieva cultigroups in the Yucatan Peninsula. Finally, the landraces of Papa cultigroup produced seeds with the best physiological quality.

Key words: gene pool, Mesoamerican, percentage of germination, seed quality.

Georgina Trinidad Esquivel Martínez¹, Rene Garruña Hernández², Eduardo Villanueva Couoh¹, Jaime Martínez-Castillo³; Juan Díaz Mayo¹, Rubén Humberto Andueza Noh²

* First author e-mail: georgina.esquivel@itconkal.edu.mx

*Corresponding author e-mail: r_andueza81@hotmail.com

Revista: Genetic Resources and Crop Evolution