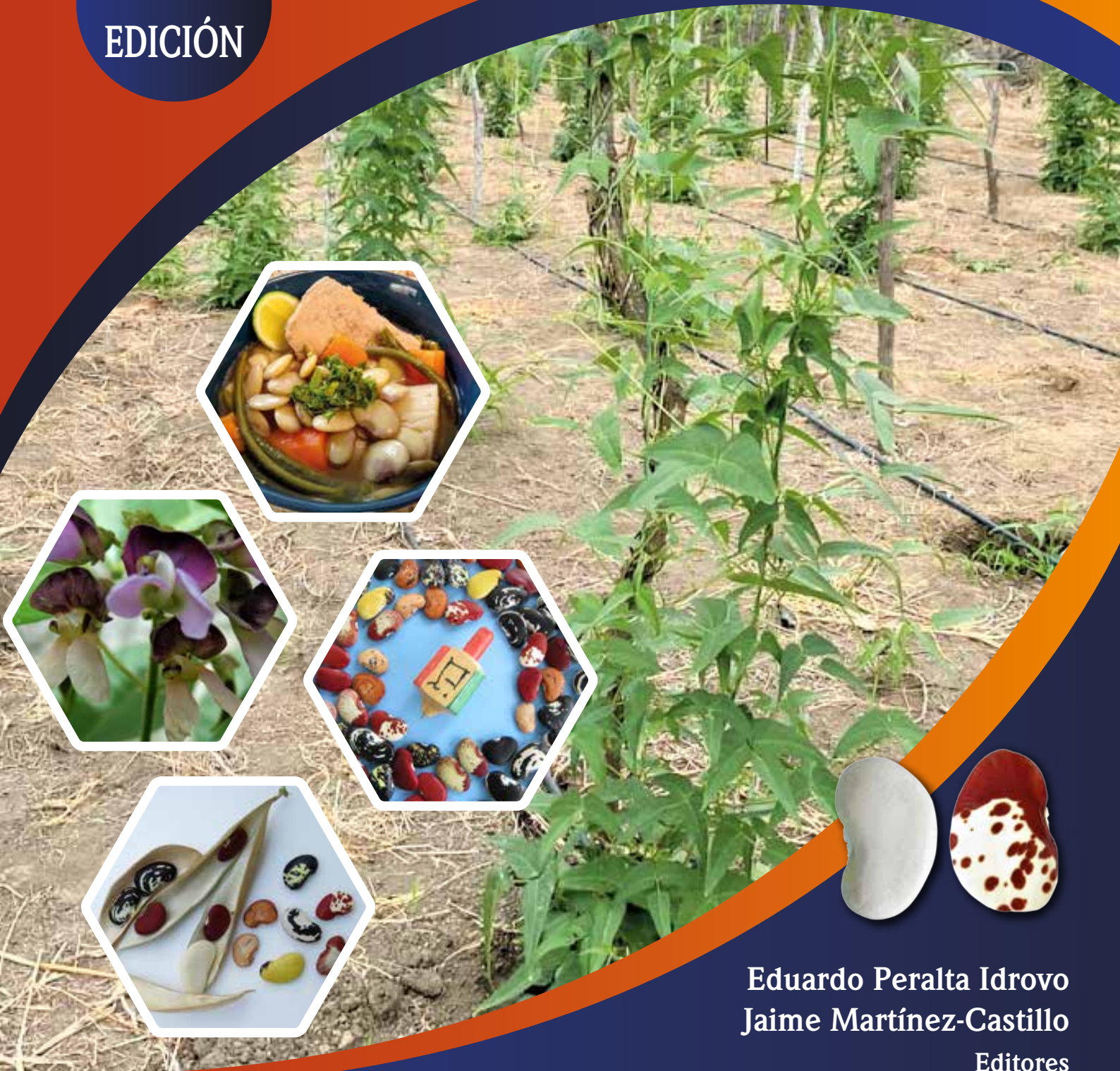


El fréjol torta o pallar

Phaseolus lunatus L. en Ecuador

2^a
EDICIÓN



Eduardo Peralta Idrovo
Jaime Martínez-Castillo
Editores

EL FRÉJOL TORTA O PALLAR

Phaseolus lunatus L.

EN ECUADOR

EDITORES

Eduardo Peralta Idrovo

Investigador independiente, exinvestigador del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Exdocente en las Facultades de Ciencias Agrícolas y Agropecuarias: Universidad Central del Ecuador (UCE), Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) y Universidad San Francisco de Quito (USFQ)
Quito, Ecuador.

Jaime Martínez-Castillo

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
Profesor-Investigador Titular C., Yucatán, México.

REVISORES TÉCNICOS

1ª edición

Carmen Ulloa, Ph. D. (Ecuador), Doris Chalampiente, Ph. D. (Ecuador); Iván Reinoso, M. Sc. (Ecuador); Luis Santos, M. Sc. (Colombia); Luz Espinoza, Ph. D. (Perú); Nelson Mazón, M. Sc. (Ecuador); Peter Berti, Ph. D. (Canadá); Regina Ferreira, Ph. D. (Brasil); Raúl Castillo, Ph. D. (Ecuador); Rubén Andueza, Ph. D. (México); Tito Claire, M. Sc. (Bolivia).

2ª edición

Armando Manosalvas, M. Sc. (Ecuador); Carmen Castillo, Ph. D. (Ecuador); Érica Muñiz, Dra. (México); Hirán Morán, Dra. (México); Iván Reinoso, M. Sc. (Ecuador); Jaime Martínez, Dr. (México); José L. Zambrano, Ph. D. (Ecuador); Mario Caviedes, Ph. D. (Ecuador); Nelson Mazón, M. Sc. (Ecuador); Olivier Dangles, Ph. D. (Francia).

Libro Científico-Académico

2025

EL FRÉJOL TORTA O PALLAR *Phaseolus lunatus* L. EN ECUADOR

Segunda Edición digital: noviembre 2025

Editores:

Eduardo Peralta Idrovo
peraltaedu55@gmail.com

Jaime Martínez Castillo
jmartinez@cicy.mx

ISBN: 978-9942-44-668-8

Auspicio: **CB Cooperativa-Biblián**

Diseño, diagramación e impresión: **Imprenta IDEAZ.**

CITA:

Para citar el libro completo:

Peralta Idrovo, E., Martínez-Castillo, J. (Eds.). 2025. El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. 2a edición. INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. 287 p.

Para citar un capítulo:

Autores. 2025. Título del capítulo. Capítulo Número XX. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. 2a edición. Peralta Idrovo, E. & Martínez-Castillo, J. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp.

No está permitida la reproducción parcial o total de esta publicación, sin el permiso previo y por escrito de los autores y editores.

Con el apoyo de:



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación Científica Yucatán A. C.



RED LUNATUS

Red Internacional de Frijol Lima

*A los agricultores de Imbabura que conservan
y usan la biodiversidad de las tortas en los juegos
ancestrales y en la alimentación.*

*A los agricultores de Manabí, que protegen,
cultivan y consumen haba pallar y habichuelas,
desde hace cientos de años.*

*A los agricultores ecuatorianos que atesoran y aprovechan la diversidad del
Phaseolus lunatus L. y otras leguminosas andinas y andinizadas.*





Autores

Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

Álvaro Monteros-Altamirano

Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

Angélica Mendoza Caiza

Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Agroindustria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

Ángel Murillo Ilbay

Programa de Leguminosas y Granos Andinos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

Cristian Subía García

Programa de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Mejía, Ecuador.

Daniel Debouck

Programa de Recursos Genéticos, Alianza Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Diego Mina Chalá

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Wasi Lab, Quito, Ecuador.

Diego Rodríguez Ortega

Programa de Leguminosas y Granos Andinos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Mejía, Ecuador.

Eddie Zambrano Zambrano

Programa de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Portoviejo, Portoviejo, Ecuador.

Eduardo Peralta Idrovo

Investigador independiente, exinvestigador del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Exdocente en las Facultades de Ciencias Agrícolas y Agropecuarias: Universidad Central del Ecuador (UCE), Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) y Universidad San Francisco de Quito (USFQ). Quito, Ecuador



Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

Elena Villacrés Poveda

Departamento de Nutrición y Calidad, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

Francisco Peralta Idrovo

Facultad de Comunicación, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Franklin Sigcha Morales

Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

Hernán Peralta Idrovo

Programa de Maestría en Educación, Universidad Indoamérica, Quito, Ecuador.

Jaime Martínez-Castillo

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. México.

Javier Álvarez Murillo

Departamento de Nutrición y Calidad, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

Luis Egas Astudillo

Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Agroindustria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia

Departamento de Nutrición y Calidad, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

CONTENIDO

Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

Páginas:

Capítulo 1.	El frijol lima (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en América: características, origen e importancia de la especie.....	16-24
Capítulo 2.	Conservación de los pallares (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) ecuatorianos como aporte al futuro de la agricultura y la sociedad.....	26-43
Capítulo 3.	Usos alternativos del fréjol torta (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en Ecuador: la lúdica, los juegos y el aprendizaje.	45-63
Capítulo 4.	Fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en Ecuador: calidad nutricional y potenciales beneficios para la salud humana.	65-86
Capítulo 5.	Cultivo, mercado y consumo del haba pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en la provincia de Manabí.	88-106
Capítulo 6.	Uso de <i>Phaseolus lunatus</i> L. en la alimentación humana en la provincia de Manabí.	108-117
Capítulo 7.	Identificación de las etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).	119-140



Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

Capítulo 8.	Evaluación de la adaptabilidad y el rendimiento del fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en un valle periurbano de la ciudad de Quito, Ecuador.	142-160
Capítulo 9.	Evaluación agronómica del fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) de grano blanco grande en Alangasí, Quito, Ecuador.	162-185
Capítulo 10.	Evaluación de tres líneas de fréjol pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) de grano blanco asociado con maíz (<i>Zea mays</i> L.) como tutor, en Alangasí, Quito, Ecuador.	187-208
Capítulo 11.	Potenciales insectos polinizadores de fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) observados en el valle de los Chillos, en la Sierra ecuatoriana.	210-232
Capítulo 12.	Efecto de los métodos de cocción en la calidad nutricional y alimentaria de variedades de fréjol pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).	234-253
Capítulo 13.	Importancia del fréjol torta o pallar (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) en el contexto de las leguminosas de grano comestible en Ecuador.	255-286



PRÓLOGO

Cotopaxi, 5.897 m
Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

Ecuador es uno de los países más biodiversos de nuestro planeta. A pesar de su tamaño más bien pequeño y su forma compacta, el país queda en decimoséptimo lugar en cuanto al nivel de biodiversidad y es considerado justificadamente un “punto caliente” refiriéndose a la distribución mundial de la biodiversidad. En este país, hay 26 tipos de hábitat, cada uno con su flora característica relacionada a su altitud y el nivel de precipitación. Por lo tanto, Ecuador es el país que cuenta con el número más alto de especies vegetales por unidad de área de toda América del Sur.

Ya había observado el científico prusiano Alexander von Humboldt en su exploración de Suramérica al principio del siglo XIX la extraordinaria diversidad vegetal de la región. Según Andrea Wulf, la autora de la excelente biografía de Humboldt [“La Invención de la Naturaleza”, 2015]:

“Para Humboldt, los días que había pasado viajando desde Quito y luego subiendo al Chimborazo le parecía como un viaje botánico yendo desde el Ecuador hacia los polos, con todo el mundo vegetal extendiéndose en una aparente sucesión de capas, una encima de la otra mientras las zonas vegetales ascendían la montaña. Los grupos de plantas abarcaban desde especies tropicales al fondo de los valles hasta los líquenes cerca de la línea de nieve.”

Esta alta biodiversidad se debe a varios factores, incluyendo a la presencia simultánea a corta distancia del Océano Pacífico y sus corrientes, de la Cordillera de los Andes, de la proximidad del ecuador, o sea un ambiente tropical, y del intercambio de especies entre Centro- y Suramérica. Aunque por mucho tiempo se pensaba que el Chimborazo (6,263 m) era el pico más alto de la Tierra, su presencia, sin embargo –y la de otros altos volcanes y picos de los Andes ecuatorianos– ilustran el extremo rango de ambientes (especialmente temperatura, precipitación, y exposición) a los cuales está sometido el mundo vegetal en Ecuador.

Como en otros países, esta biodiversidad debe considerarse un enorme recurso para el pueblo ecuatoriano. En efecto, se ha reconocido esta riqueza a nivel nacional mediante la aprobación política de una Estrategia Nacional de Biodiversidad para 2015-2030 y la creación del Instituto Nacional de Biodiversidad, INABIO, que viene a juntarse a instituciones preexistentes enfocadas a la biodiversidad, tal como el Banco de Germoplasma en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Bajo estas condiciones ambientales tan diversas, quizás no es sorprendente que en Ecuador también se encuentran nada menos que cuatro de las cinco especies de fréjol *Phaseolus*



domesticadas, incluyendo al fréjol común (*P. vulgaris* L.); el fréjol torta o pallar (*P. lunatus* L.); el fréjol popayán (*P. coccineus* L.), y (*P. dumosus* Macfadyen).

Dos de estas especies domesticadas están representadas –sorprendentemente– al nivel silvestre en Ecuador, siendo el fréjol común y el fréjol torta. Estudios en mi grupo de investigación en UC Davis han demostrado la presencia andina resulta de raros eventos de dispersión de larga distancia desde su centro de origen mesoamericano hacia varias partes de la Cordillera de los Andes.

Estos estudios tal como los presentados en este libro con énfasis en el fréjol torta nos enseñan la importancia de no solamente catalogar la biodiversidad, pero también estudiarla a fondo para estimular su conservación y uso. Los varios capítulos en este libro representan una excelente muestra de estudios tantos biológicos, nutricionales, pedagógicos, como de mercadeo y consumo de un cultivo como el fréjol torta que merece una atención más detenida especialmente como complemento o alternativa al fréjol común para el agricultor y el consumidor enfrentados al fenómeno más serio que amenaza la humanidad, el cambio climático.

Dr. Paul Gepts, Ph.D., Ing. Agr.
PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LAS PLANTAS
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA DAVIS, EE. UU.



ANTECEDENTES

Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

El presente libro que trata esencialmente sobre el fréjol torta, pallar, haba manaba o habichuela (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador, es uno de los importantes resultados o productos que se generó a partir del II Simposio Internacional sobre Frijol Lima (*P. lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante Escenarios de Cambio Climático, celebrado en Quito, del 22 al 24 de junio de 2022.

Este importante evento fue organizado por el Instituto de Investigaciones en Etnociencias de la Universidad Central del Ecuador y el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., de México. Contó con la participación de veintiún connotados científicos e investigadores de EE. UU., México, Colombia, Brasil, Perú, Italia, Alemania y Ecuador.

Entre las innumerables reflexiones, conclusiones y recomendaciones, se planteó una muy evidente para el caso ecuatoriano, pues al ser su territorio parte de uno de los centros de origen y domesticación reconocidos de esta especie, nadie hasta la fecha, se ha interesado en investigar, escribir y publicar aspectos relacionados con el fréjol pallar o torta en lo que concierne a la disponibilidad de germoplasma; el cultivo y consumo en las provincias de la Sierra y Costa; su importancia en la alimentación; los contenidos nutricionales y anti nutricionales de las variedades cultivadas; el uso social a través de la lúdica y juegos en Imbabura; y, el potencial que tiene esta y otra especie de leguminosa subutilizada en el país.

Esta reflexión motivó a los expositores ecuatorianos, liderados por el Dr. Jaime Martínez-Castillo de México y el M. en C. Eduardo Peralta Idrovo de Ecuador para proponer la escritura de algunos capítulos que cubran este vacío de información; se estructure un libro y se publique en un formato científico-académico y de ser posible, se lo haga de manera impresa y digital. El objetivo principal es el de contar con información de buena calidad para motivar a las generaciones jóvenes a desarrollar investigaciones sobre la planta, el cultivo y trascender su importancia en la nutrición y alimentación humana, entre otros aspectos.

Es importante mencionar que a esta propuesta se sumaron reconocidos investigadores como son los doctores Daniel Debouck de Colombia (Programa de Recursos Genéticos, Alianza Bioersity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) y Jaime Martínez, profesor – investigador del Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C. (CICY) de México.

Se trabajaron siete capítulos. Cuatro de ellos están dedicados exclusivamente al conocimiento de la situación de esta especie en Ecuador; dos contienen información relacionada con los bancos de germoplasma en Ecuador (INIAP) y Colombia (CIAT) y la importancia y descripción del *P. lunatus*.



Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo

De este modo, once investigadores ecuatorianos y dos internacionales –plenos de filantropía– realizaron el mejor esfuerzo para levantar información, escribir los apartados y a través de este libro ponerlos a libre disposición de investigadores, académicos y la sociedad en general.

Estos fueron los antecedentes de la primera edición publicada en septiembre de 2023.

Para la segunda edición, uno de los editores y coautor de la obra, se propuso realizar y promover más investigaciones relacionadas con la planta, el cultivo y la cosecha de esta especie en Ecuador; por lo que, junto con algunos coautores de la primera edición y otros investigadores –durante los años 2024 y 2025– ejecutaron varias investigaciones de campo y laboratorio, que por su interés e importancia motivaron a estructurar y publicar la segunda edición del libro.

Es relevante mencionar la cooperación de los investigadores de los Programas de investigación de Maíz y Leguminosas-Granos Andinos y de los Departamentos de Nutrición y Calidad y Recursos Fitogenéticos de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP; de Wasi Lab del Centro de Ciencias de la Sostenibilidad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en Quito y de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción de la Universidad Estatal de Quevedo.

La nueva edición trata de incrementar el conocimiento alrededor de la especie en temáticas que se encontraban al alcance de ser ejecutadas por los investigadores, con el único objetivo de motivar a otros estudiosos ecuatorianos, regionales o del mundo para iniciar, fortalecer o ampliar los trabajos de investigación y desarrollo en esta importante leguminosa subutilizada.

Para esta versión, los editores consideraron pertinente mantener e incrementar los capítulos que tratan única y exclusivamente con las materias relacionados a *Phaseolus lunatus* L. Al ser así, se realizaron algunos cambios de forma y corrección en la primera publicación.

En la nueva edición, a partir del capítulo 7, se agregaron siete capítulos inéditos relacionados con la fenología, agronomía, caracterización, insectos polinizadores, de cocción y, a manera de epílogo se incluyó un capítulo final con una narrativa semejante a un “estado del arte” del fréjol torta o pallar en el país, en donde se resalta la importancia de esta especie en el contexto de las leguminosas de grano comestible en Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Fotografías: Eduardo Peralta Idrovo



En las regiones naturales o geográficas del Ecuador, es decir en la Sierra, Costa, Amazonia y Galápagos, forman parte de los sistemas de producción de la Agricultura Familiar Campesina, variedades cultivadas de cuatro de las cinco especies domesticadas de *Phaseolus*.

En estos territorios, desde el nivel del mar hasta los 3.000 m de altura, se encuentran en orden de importancia económica, social y ecológica el fréjol común de tipo arbustivo y trepador (*Phaseolus vulgaris* L.); el fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.); y el fréjol popayán (*Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus dumosus* Macfadyen).

La especie que más interés económico y social concitó en Ecuador a través del tiempo fue el fréjol común, al ser parte de proyectos y programas oficiales de investigación y desarrollo, por aproximadamente seis décadas, hasta el presente. Esto no ocurrió con las demás especies de leguminosas nativas o americanas y con otras introducidas semejantes, de tipo perenne que están en las chakras de los agricultores y son parte de su seguridad alimentaria.

Una de estas especies olvidadas es el fréjol torta o pallar, que en la sierra ecuatoriana fue cultivado y conservado de manera ancestral y, es más, los científicos sostienen con evidencias de calidad, que fue domesticado en esta región de los Andes, vía selección. Sus antecesores silvestres y las formas cultivadas de granos muy grandes y multicolores fueron colectadas en este territorio. Las semillas de las variedades conservadas siguen siendo parte del juego y la lúdica, principalmente en la provincia de Imbabura.

En la costa ecuatoriana, sobresale la provincia de Manabí, en donde los pallares, haba manaba o habichuelas, como se nombra a esta especie –todas de grano de color blanco– desde tiempos de la conquista española, fueron utilizadas como cultivo y alimento en el campo, pueblos y ciudades. La frecuencia significativa de consumo actual en la alimentación urbana y rural hace evidente la importancia de esta leguminosa nativa en esta provincia y sus alrededores.

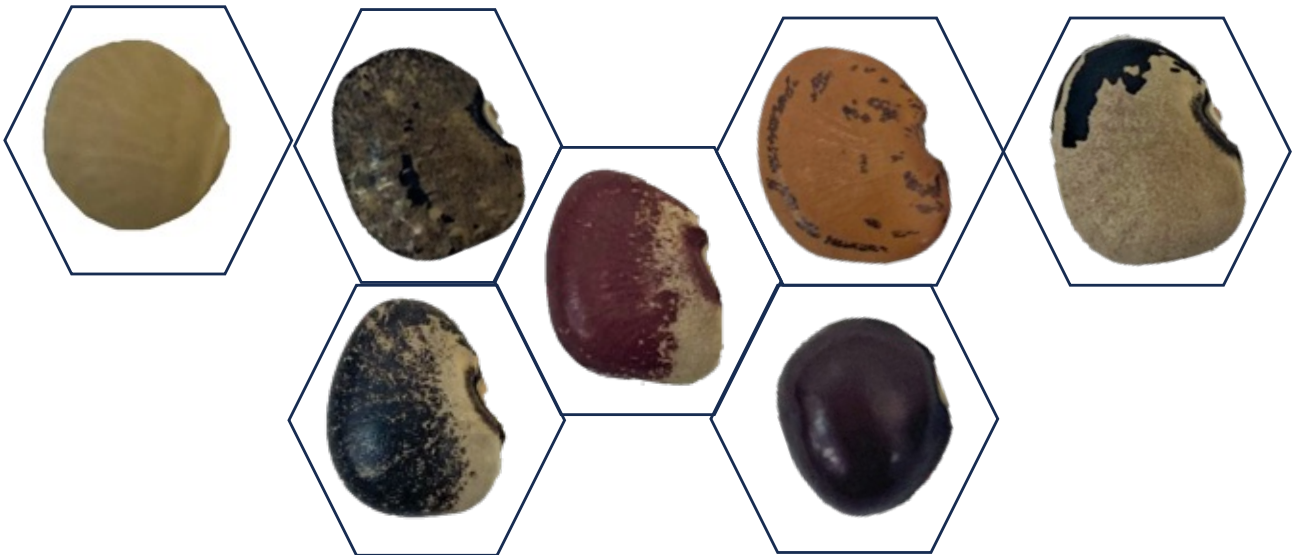
Algunos historiadores, cronistas y más tarde etnobotánicos, mencionaron en sus publicaciones la presencia y la importancia de esta especie en las tres regiones de Ecuador; sin embargo, de este nivel, no trascendió.

Los nuevos escenarios a los que está expuesta la agricultura y la alimentación a nivel global, frente a los embates cada vez más evidentes de la variación climática debido al cambio de éste en el planeta, ha hecho que los científicos en muchos países del mundo hayan puesto un enorme interés en el fréjol torta. Para esto, vienen realizando estudios de genómica, eco fisiología y en otros campos de la ciencia, percibiendo en la especie el gran potencial que ofrece para la lucha contra los efectos antes mencionados; y, en el caso ecuatoriano por la posibilidad de cultivar y producir desde el nivel del mar, escalando hasta los 3.000 m en la parte andina y descendiendo hasta los 400 m en la región amazónica.



CAPÍTULO I

Fotografías: Eduardo Peralta Idrovo



El frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) en América: características, origen e importancia de la especie.

Jaime Martínez-Castillo¹

¹Profesor-Investigador Titular C, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. México; jmartinez@cicy.mx

Resumen

El termino frijol es usado en diferentes especies de leguminosas cuyo consumo es principalmente como grano seco; pero, taxonómicamente hablando, los auténticos frijoles pertenecen solo al género *Phaseolus*. Existen cinco especies domesticadas de frijol las cuales, como grupo, representan la legumbre de grano más importante en la dieta del hombre en el mundo. En este capítulo hablaremos de *P. lunatus*, la segunda especie de frijol más importante en el mundo. Esta especie es conocida comúnmente como frijol lima (o lima bean, en inglés) pero, debido a su amplia distribución geográfica y a que es cultivada por diferentes grupos étnicos, recibe un gran número de nombres locales, entre estos: ibe, ixtapacal, torta y pallar. Recientemente, esta especie ha adquirido mayor atención como resultado de los riesgos de producción de grano de frijol derivados del cambio climático y por su base genética amplia, la cual podría ser usada en programas de mejoramiento.

Palabras clave: culti-grupos, variedades botánicas, acervos genéticos, domesticación, clasificación tradicional.

Abstract

The term bean is used in different species of legumes whose consumption is mainly as a dry grain; but, taxonomically speaking, the true beans belong only to the genus *Phaseolus*. There are five domesticated species of bean which, as a group, represent the most important grain legume in the human diet in the world. In this chapter we will talk about *P. lunatus*, the second most important bean species in the world. This species is commonly known as lima bean but due to its wide geographic distribution and its cultivation by different ethnic groups, it receives a large number of local names, including: ibe, ixtapacal, torta and pallar. Recently, this species has gained more attention as a result of the risks to bean grain production derived from climate change and because of its broad genetic base, which could be used in breeding programs.

Keywords: cultigroups, botanical varieties, gene pools, domestication, traditional classification.

Introducción

El termino frijol (en el español de México) o fréjol (en el español de algunos países de Sur América) es usado para nombrar a diferentes especies cuyo consumo se da, principalmente, en forma de grano seco; sin embargo, taxonómicamente hablando, las auténticas especies de frijol pertenecen solamente al género *Phaseolus*, el cual forma parte de la familia de las leguminosas (Fabaceae). *Phaseolus* es originario del continente americano y comprende más de 70 especies, de las cuales cinco han sido domesticadas por el hombre y cuyos nombres científicos son: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* Gary y *P. polyantus* Greem (Delgado-Salinas et al. 2006). Cada una de estas especies domesticadas posee una gran riqueza de formas cultivadas (clasificadas como variedades criollas y/o nativas) que ha generado una gama de diferentes nombres locales, según el área geográfica y los grupos étnicos implicados. Los frijoles (en particular las especies domesticadas) son un grupo de plantas económica, social y culturalmente importante en América, así como en otras regiones del mundo en donde estos son cultivados. Por ejemplo, las especies domesticadas de frijol, en conjunto, representan la legumbre de grano más importante en la dieta del hombre a nivel mundial (Bitocchi et al. 2015); cabe señalar que esta importancia se basa más en el frijol común o poroto (*P. vulgaris*), especie de la cual depende actualmente la producción mundial de grano de frijol.

En este capítulo hablaremos de *P. lunatus*, la segunda especie de frijol más importante en el mundo (solo después del frijol común) y a la cual llamaremos desde este momento como frijol lima, uno de los nombres comunes más usado en el mundo. En la última década, el estudio del frijol lima ha adquirido más relevancia a nivel mundial; en parte, este interés es el resultado de una preocupación cada vez mayor por tener una seguridad alimentaria ante la generación de problemas de producción de grano de frijol derivados del cambio climático y por qué el frijol lima posee un rango de adaptaciones ecológicas mayor al observado en *P. vulgaris* (Gama-López y Delgado-Salinas, 2015), lo cual sugiere la existencia de una base genética más amplia que puede ser aprovechada para el desarrollo de programas de mejoramiento genético de la especie.

Características de la especie

El frijol lima es una especie auto-compatible con un sistema de reproducción mixto: predominantemente autógama (Webster et al. 1979), pero que puede alcanzar tasas altas de entrecruzamiento (Baudoin et al. 1998; Zoro Bi et al. 2005; Penha et al. 2016). En poblaciones silvestres, el movimiento de polen y semillas por lo general no supera los 6 m (Hardy et al. 1997), lo que favorece bajos niveles de flujo genético y altos niveles de estructuración genética en relativamente escalas espaciales pequeñas (Ouédraogo y Baudoin, 2002; Martínez-Castillo et al. 2007; Heredia-Pech et al. 2022); también, estas poblaciones muestran una dinámica metapoblacional caracterizada por procesos de extinción-recolonización favorecidos por la formación de bancos de semillas con una viabilidad de hasta tres años (Degreef et al. 2002; Barrantes et al. 2008).

De acuerdo con Baudet (1977), el frijol lima está conformado por dos variedades botánicas: 1) *P. lunatus* var. *lunatus*, la cual comprende a todas las formas cultivadas, independientemente de que estas sean variedades nativas, criollas o mejoradas; 2) *P. lunatus* var. *silvester*, la cual incluye a las poblaciones silvestres y arvenses que crecen en su hábitat natural o en hábitats derivados de actividades humanas. Baudet (1977) también señala la existencia

de tres culti-grupos dentro de la variedad *lunatus* (Fig. 1): 1) “Gran Lima”, con semillas grandes y de formas aplanadas, con distribución en Sur América, principalmente en países andinos como Perú y Ecuador; 2) “Sieva”, con semillas de tamaño intermedio y de forma aplanada-arriñonada con distribución, principalmente, en el Sureste de Estados Unidos, México y Centroamérica; y 3) “Papa”, con semillas pequeñas y de forma esférica-elíptica con distribución, principalmente, en México y el Caribe. Un dato interesante es que en Brasil podemos encontrar a estos tres culti-grupos (observaciones personales). Al respecto de esta clasificación infra-específica, cabe señalar que existe una gran variedad de semillas con tamaños y formas intermedias que no siempre permite clasificarlas dentro de uno de los tres grupos propuestos por Baudet, por lo que algunos expertos recomiendan no usar esta clasificación en culti-grupos.



Figura 1. Ejemplos de semillas pertenecientes a los tres culti-grupos de frijol lima propuestos por Baudet (1977): a) semilla silvestre mesoamericana; b) culti-grupo Papa; c) culti-grupo Sieva; d) culti-grupo Gran Lima. cm, centímetros. Fotografía: J. Martínez-Castillo, 2023.

Origen y domesticación

El origen geográfico del frijol lima está en Sur América (Serrano-Serrano et al. 2010), pero actualmente la especie posee una amplia distribución geográfica en todo el continente americano y su cultivo se ha extendido a otras regiones del planeta, como algunos países de Europa, África y Asia. Para su distribución natural, aun cuando los registros históricos indican su presencia en condiciones naturales desde Carolina del Norte, Delaware y California en Estados Unidos de América (Carter 1949; Baudoin 1989; Kaplan y Kaplan 1992) hasta la región de Arica en Chile y Misiones en Argentina (Bird y Rivera 1988; Burkart 1943), actualmente se considera que la diversidad genética del frijol lima está organizada en tres grandes grupos (acervos genéticos) principales, los tres conteniendo tanto poblaciones silvestres como domesticadas: a) Mesoamericano I (MI), con una distribución que abarca del Istmo de Tehuantepec hacia el norte de México y sureste de Estados Unidos, b) Mesoamericano II (MII), con una distribución que abarca desde el sur de México hasta

el norte de Argentina, particularmente en los países de la porción oriental de América y, c) Andino I (AI), con una distribución en Sur América, particularmente en los países presentes en la porción occidental del continente (Martínez-Castillo et al. 2014; Andueza-Noh et al. 2016; Chacón-Sánchez y Martínez-Castillo 2017). Hay algunas evidencias de un cuarto grupo, Andino II (AII), con una distribución en el norte de Colombia y cuya existencia debe aún ser confirmada (Chacón-Sánchez y Martínez-Castillo 2017; García et al. 2021).

Sobre la formación de la estructura filogeográfica en el frijol lima señalada en el párrafo anterior, Serrano-Serrano et al. (2010) reportan que: 1) la separación del frijol lima silvestre de las especies afines andinas ocurrió durante el Pleistoceno (1.00063 ± 0.08286 millones de años antes del presente –AP–); 2) la edad estimada para el antepasado común más reciente del acervo genético AI y el acervo genético M (MI+MII) es de al menos $0,5010 \pm 0,02611$ millones de años AP; y 3) la divergencia entre los grupos MI y MII es más reciente (0.41349 ± 0.02716 millones de años AP). Estos autores señalan que estos tres grandes acervos genéticos podrían haber evolucionado y alcanzado su distribución geográfica actual principalmente por aislamiento geográfico.

Sobre la domesticación del frijol lima, evidencias generadas de diversas fuentes de información indican la existencia de dos eventos de domesticación independientes en tiempo y espacio. Con respecto al registro arqueológico, las evidencias más remotas datan de hace 5,600 años para Chilca en Lima y de 3, 500 años para Guitarrero en Ancash, ambos sitios ubicados en Perú; para México, las evidencias más remotas se remontan a 1, 300 años para Dzibilchaltun en Yucatán y a 520 años para Río Zape en Durango; mientras que en Estados Unidos de América, existen evidencias en Valle Verde en Arizona, con una antigüedad de 700 años (Kaplan 1965; Bird y Rivera 1988; Piperno y Pearsall 1998; Kaplan y Lynch 1999). Cabe señalar que todas estas cifras son en años AP (el cual se toma a partir de 1950) y son datos no calibrados, por lo que su precisión puede ser no muy exacta. Por su parte, diferente evidencia molecular obtenida de ADN de cloroplasto y núcleo indican la domesticación del frijol lima en dos áreas de América: 1) los valles inter-andinos ubicados entre Ecuador y Perú, en donde se domesticó el grupo AI y; 2) el centro-occidente de México, en donde se domesticó el grupo MI (Serrano-Serrano et al. 2012; Andueza-Noh et al. 2013; Chacón-Sánchez y Martínez-Castillo 2017). Es interesante señalar que, en el caso de México, si la domesticación del frijol lima se dio en el centro-occidente de este país, entonces podemos considerar que su domesticación en Mesoamérica es más remota que el registro más antiguo encontrado en Dzibilchaltun (1, 300 años AP), sitio arqueológico ubicado en el extremo sureste de México.

Clasificación tradicional (folk)

El frijol lima existe en casi toda América por lo que, dependiendo de la región y de los grupos humanos que lo cultivan, recibe diferentes nombres. Por mencionar solo algunos ejemplos: en México le llaman *ib* o *ibe* (área Maya), *comba* (estado de Guerrero), *pataxtle* o *patashete* (estado de Veracruz); en Guatemala le nombran *ixtapacal* (área Maya); en Honduras le llaman *juruna* o *furuna*; en Ecuador recibe el nombre *torta*, *pallar*, *haba pallar* y *habichuela*; en Brasil le nombran *fava* (Ballesteros 1999; Martínez-Castillo et al. 2004; Chacón-Sánchez et al. 2012). Es importante señalar que en muchas regiones de América en donde el frijol lima es cultivado, existe una gran variedad de formas, tamaños y colores de semillas, por lo que los campesinos reconocen diferentes variedades nativas y/o criollas a las que les dan nombres específicos. Un ejemplo de esto lo reporta Martínez-Castillo et al.

(2004) para la agricultura tradicional de las Tierras Bajas Mayas de México, en donde los campesinos reconocen más de 25 variedades de frijol lima tomando en cuenta tres criterios de clasificación: forma de la semilla, patrón de coloración de la semilla, tiempo a la obtención de grano; ejemplos del manejo de estos criterios son las siguientes variedades: *Uolis-ib* (ib redondo), *Box-ib* (ib negro), *Mejen-ib* (ib que da semilla rápido -ciclo corto-), *chak-mejen ib* (ib rojo de ciclo corto), *sac-uolis ib* (ib blanco redondo). En otros países de América con una gran riqueza cultural, como Ecuador y Perú, es seguro que sus diferentes grupos étnicos asignan también diferentes nombres en su idioma a sus variedades nativas, según las características particulares de estas. Es importante conocer y entender esta clasificación tradicional para tener un primer acercamiento a la diversidad genética de nuestras especies domesticadas, ya que su domesticación fue realizada por nuestros pueblos originarios, siendo ellos los que mejor conocen a sus variedades nativas.

Importancia

En algunas regiones de Ecuador y otros países andinos, el frijol lima posee una importancia cultural que se ve reflejada en su uso en juegos tradicionales, donde la semilla de frijol lima es parte fundamental del juego; desafortunadamente, esos juegos están en riesgo de desaparecer y, junto con ellos, la riqueza de semillas de frijol lima (Peralta et al. 2019). Sin embargo, para la gran mayoría de los países de América en donde se cultiva el frijol lima, la mayor importancia es que este forma parte de los sistemas de agricultura tradicional, por lo que su cultivo es principalmente para autoconsumo. Por ejemplo, en la península de Yucatán, la cual abarca el área conocida como las Tierras Bajas Mayas, el frijol lima representa la cuarta especie más importante en la agricultura tradicional de esta región de México (la milpa maya); su venta es más restringida al interior de las comunidades y solo algunas variedades nativas (normalmente con granos de testa blanca) llegan a venderse en pueblos o ciudades cercanas a las áreas de producción (Martínez-Castillo et al. 2004).

En algunos países, la importancia económica del frijol lima ha alcanzado niveles comerciales. Estados Unidos de América es un ejemplo claro de la importancia comercial que puede adquirir el cultivo del frijol lima; en el estado de Delaware es la leguminosa más cultivada, principalmente, para su procesamiento como grano verde. Otras áreas importantes de producción de frijol lima como grano verde son la región del Atlántico medio de los Estados Unidos, el noroeste del Pacífico y el estado de Nueva York; el frijol lima también se siembra en California y otras áreas del oeste de Estados Unidos para uso como grano seco (<http://www.hort.cornell.edu/expo/proceedings/2014/Processing/Lima%20Bean%20Production%20Johnson.pdf>). Para 2022, Estados Unidos reportó una producción de frijol lima de 0.128 millones de quintales (aproximadamente 12,800 toneladas) (https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Dry_Beans,_Dry_Peas,_and_Lentils/lima.php).

De acuerdo con la información aportada al autor por diversos investigadores que trabajan con frijol lima en América Latina, en algunos países esta especie también está adquiriendo cada vez mayor importancia económica. Por ejemplo, en Perú se exporta a Japón una variedad del culti-grupo Big Lima desde la región de Ica (variedad pallar de Ica, la cual tiene denominación de origen) y desde la región de Lambayeque se exporta una variedad del culti-grupo Sieva (baby sieva); el precio en chacra (venta *in situ*) del pallar de Ica está en 8 soles (casi 2 dólares estadounidenses) y el baby sieva, cuya producción es más escasa, alcanza los 5 soles (casi 1.5 dólares estadounidenses). En Brasil, cada vez más campesinos siembran monocultivos de frijol lima con fines comerciales; en el estado de Piauí, un kilogramo de

frijol lima llega a costar más de 13 reales (más de 2.5 dólares estadounidenses). En México, aun cuando la importancia comercial del frijol lima es principalmente a una escala local, en algunas ciudades de la península de Yucatán un kilogramo de la variedad conocida como sac-ib puede llegar a costar hasta 100 pesos (casi 5 dólares estadounidenses). Es importante señalar que los precios para el frijol lima reportados en diferentes países de América son muy superiores a los alcanzados por el frijol común (*P. vulgaris*), por lo que su venta implica un beneficio para los productores que lo cultivan.

A modo de reflexión

El cambio climático impactará fuertemente en la diversidad intraespecífica de las especies cultivadas; dos posibles consecuencias de esto son la disminución de la productividad y el aumento de las pérdidas postcosecha (Burgarella et al., 2019); desafortunadamente, los escenarios climáticos futuros prevén un aumento de la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones, lo que puede traer consecuencias graves para la producción de alimentos a nivel mundial (IPCC, 2014). Antes que el destino nos alcance, desde nuestras respectivas trincheras debemos aportar soluciones a futuros problemas de desabasto de alimentos. Actualmente, un grupo de expertos en frijol lima hemos creado la “Red Internacional Frijol Lima” (<https://www.cicy.mx/sitios/red-internacional-frijol-lima>) con el fin de aportar conocimiento científico que ayude a que esta especie sea una alternativa real para la producción de grano de frijol y así apoyar a la seguridad alimentaria de los países en donde esta especie se cultiva. El presente libro es otro ejemplo de este esfuerzo de dar a conocer al frijol lima a la sociedad en un país como Ecuador en el cual, a pesar de ser parte del centro de domesticación del grupo AI y poseer una gran riqueza de variedades nativas, es consumido regularmente solo en algunas regiones de la costa ecuatoriana.

Referencias

- Andueza-Noh RH, Serrano-Serrano ML, Chacón-Sánchez MI, del Pino IS, Camacho-Pérez L, Coello-Coello J, Mijangos-Cortes JO, Debouck DG, Martínez-Castillo J. 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.
- Andueza-Noh R.H, Camacho-Pérez L, Martínez-Castillo J, May-Pat F. 2016. Distribución geográfica de los parientes silvestres del acervo genético Mesoamericano del frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) en México. *Polibotánica* 41: 101-113
- Barrantes D, Macaya G, Guarino L, Baudoin JP, Rocha OJ. 2008. The impact of local extinction on genetic structure of wild populations of Lima beans (*Phaseolus lunatus*) in the Central Valley of Costa Rica: consequences for the conservation of plant genetic resources. *Revista de Biología Tropical* 56(3):1023–1041
- Baudet JC. 1977. The taxonomic status of the cultivated types of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Tropical Grain Legume Bulletin* 7:29–30.

- Baudoin JP, Degreef J, Hardy O, Janart F, Zoro Bi I. 1998. Development of an in-situ conservation strategy for wild lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) populations in the central valley of Costa Rica. In: Reproduction biology. Kew: Royal Botanic Garden Press.
- Baudoin JP. 1989. L'amélioration de *Phaseolus lunatus* L. en zones tropicales. 2. Ecologie et physiologie. Bulletin des Recherches Agronomique de Gembloux 24: 5–32.
- Bird J, Rivera MA. 1988. Excavaciones en el Norte de Chile. Arica, Chile: Ediciones Universidad de Tarapacá.
- Bitocchi E, Rau D, Bellucci E, Rodriguez M et al. 2017. Beans (*Phaseolus* spp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. Frontier in Plant Science 8:722.
- Burgarella C, Barnaud A, Kane NA, Jankowski F, Scarcelli N, Billot C, Vigouroux Y, Berthouly-Salazar C. 2019. Adaptive introgression: an untapped evolutionary mechanism for crop adaptation. Frontiers in Plant Science 10:4.
- Burkart A. 1943. Las Leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas. Buenos Aires, Argentina: Acme Agency.
- Carter GF. 1949. An early American description probably referring to *Phaseolus lunatus*. Chronica Botanica 12: 155–60.
- Degreef J, Rocha OJ, Vanderborght T, Baudoin JP. 2002. Soil seed bank and seed dormancy in wild populations of Lima bean (Fabaceae): considerations for in situ and ex situ conservation. American Journal of Botany 89:1644–1650.
- Delgado-Salinas A.; R. Bibler R, Lavin M. 2006. "Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape". Systematic Botany 31: 779-791.
- Delgado-Salinas A, Gama-López S. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Revista Digital Universitaria. Available at <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/index.html> (accessed on 18 September 2020).
- Garcia T, Duitama J, Zullo SS, Gil J, Ariani A, Dohle S, Palkovic A, Skeen P, Bermudez-Santana CI, Debouck DG, Martínez-Castillo J, Gepts P, Chacón-Sánchez MI. 2021. Comprehensive genomic resources related to domestication and crop improvement traits in Lima bean. Nature Communications 12:702
- Chacón-Sánchez M. I, Motta-Aldana JR, Serrano-Serrano ML, Debouck DG. 2012. Domestication of Lima Beans: A New Look at an-Old Problem. En: Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability. P. Gepts, T.R. Famula, R.L. Bettinger et al. (eds). Cambridge University Press. USA.
- Chacón-Sánchez MI, Martínez-Castillo J. 2017. Testing domestication scenarios of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mesoamerica: insights from genome wide genetic markers. Frontiers in Plant Science 8:1551–1551

- Hardy O, Dubois S, Zoro Bi I, Baudoin JP. 1997. Gene dispersal and its consequences on the genetic structure of wild populations of lima bean (*Phaseolus lunatus*) in Costa Rica. *Plant Genetic Resources* 109:1–6.
- Mauricio Heredia-Pech M, Chávez-Pesqueira M, Ortiz-García MM, Andueza-Noh RH, Chacón-Sánchez MI, Martínez-Castillo J. Consequences of introgression and gene flow on the genetic structure and diversity of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in its Mesoamerican diversity area. 2022. *PeerJ* 10: e13690 <http://doi.org/10.7717/peerj.13690>.
- IPCC. 2014. Summary of Policymakers. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL, eds. *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Kaplan L. 1965. Archaeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). *Economic Botany* 19: 358–68.
- Kaplan L, Kaplan LN. 1988. *Phaseolus* in archaeology. In: Genetic resources of *Phaseolus* beans. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Kaplan L, Kaplan LN. 1992. Beans of the Americas. Pp. 61–79. In: *Chilies to Chocolate: Food the Americas Gave the World*. N Foster and LS Cordell (eds.). The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA.
- Kaplan L, Lynch TF. 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance. for pre-Colombian agriculture. *Economic Botany* 53: 261–72.
- Martínez-Castillo J, Zizumbo-Villarreal D, Perales-Rivera H, Colunga-GarcíaMarín P. 2004. Intraspecific diversity and morpho-phenological variation in *Phaseolus lunatus* L. from the Yucatan Peninsula, México. *Economic Botany* 58(3):354–380.
- Martínez-Castillo J, Zizumbo-Villarreal D, Gepts P, Colunga-GarcíaMarín P. 2007. Gene flow and genetic structure in the wild–weedy–domesticated complex of *Phaseolus lunatus* L. in its Mesoamerican center of domestication and diversity. *Crop Science* 47:58–66.
- Martínez-Castillo J., Camacho-Pérez L., Villanueva-Viramontes S., Andueza-Noh RH, Chacón-Sánchez MI. 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* 101:851–864.
- Martínez-Castillo J., Peralta-Idrovo E., Peralta-Idrovo F., Peralta-Idrovo H., León-Cadena A. 2022. El papel del juego en la domesticación de plantas. *Desde El Herbario CICY* 14: 168–173.

- Ouédraogo M, Baudoin JP. 2002. Comparative analysis of genetic structure and diversity in wild lima bean populations from the Central Valley of Costa Rica, using microsatellite and isozyme markers. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 45:240–241.
- Penha JS, Lopes ACA, Gomes RLF, Pinheiro JB, Assuncao Filho JR, Silvestre EA, Viana JPG, Martínez-Castillo J. 2016. Estimation of natural outcrossing rate and genetic diversity in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*) from Brazil using SSR markers: implications for conservation and breeding. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Doi: 10.1007/s10722-016-0441-9.
- Peralta E, Peralta F, Peralta H. 2019. *Lúdica y juegos con el frijol en Ecuador, Perú y Bolivia*. Letra Sabia Servicios Editoriales. Quito, Ecuador. 216 pp.
- Piperno DR, Pearsall DM. 1998. *The Origins of Agriculture in the Lowland Neotropics*. San Diego, CA: Academic Press.
- Serrano-Serrano ML, Hernández-Torres J, Castillo-Villamizar G, Debouck DG, Chacón-Sánchez MI. 2010. Gene pools in wild Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: evidence for an Andean origin and past migrations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 76–87.
- Serrano-Serrano ML, Andueza-Noh RH, Martínez-Castillo J, Debouck DG, Chacón-Sánchez MI. 2012. Evolution and domestication of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mexico: evidence from ribosomal DNA. *Crop Science* 52:1698–1712.
- Webster B, Lynch S, Tucker C. 1979. A morphological study of the development of reproductive structures of *Phaseolus lunatus* L. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104:240–243.
- Zoro Bi I, Maquet A, Baudoin JP. 2005. Mating system of wild *Phaseolus lunatus* L. and its relationships with population size. *Heredity* 94:153–158.



CAPÍTULO II

Fotografías: Eduardo Peralta Idrovo



Conservación de los pallares o “tortas” (*Phaseolus lunatus* L.) ecuatorianos como aporte al futuro de la agricultura y la sociedad.

Ángel Murillo¹, Álvaro R. Monteros-Altamirano²,
Franklin A. Sigcha² y Daniel G. Debouck³

¹Programa de Leguminosas y Granos Andinos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador; angel.murillo@iniap.gob.ec

²Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador; alvaro.monteros@iniap.gob.ec; franklin.sigcha@iniap.gob.ec

³Programa de Recursos Genéticos, Alianza Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia; d.debouck@cgiar.org

Resumen

Las exploraciones de germoplasma en la vertiente occidental y en los valles centrales de los Andes ecuatorianos, así como el estudio de las colecciones de germoplasma del INIAP y del CIAT, han sido clave para demostrar la doble domesticación independiente del fríjol Lima. Es un ejemplo adicional de los beneficios generados por la conservación *ex situ*, cuando la erosión genética afecta a las variedades tradicionales por las preferencias del mercado, así como a los parientes silvestres debido a los cambios en el uso de la tierra (especialmente la urbanización de los paisajes). En la actualidad, el banco de germoplasma del INIAP conserva 193 variedades tradicionales de fríjol Lima, mientras que el del CIAT conserva 133 variedades tradicionales y 21 poblaciones silvestres, todas de origen ecuatoriano. Gracias a estos esfuerzos, los bancos de germoplasma del INIAP y del CIAT pueden contribuir a programas de mejoramiento para nuevas variedades de fríjol Lima de semillas grandes (conocidas como *tortas* o *pallares*), o pueden mejorar la nutrición y la seguridad alimentaria de pequeños agricultores en el Ecuador u otras regiones calientes del mundo.

Palabras clave: bancos de germoplasma, mejoramiento genético, variedades tradicionales, parientes silvestres, distribución de beneficios.

Abstract

Germplasm explorations on the western slope and the central valleys of the Ecuadorean Andes and the study of germplasm collections of INIAP and CIAT have been key for the demonstration of the double independent domestication of Lima bean. This is one more

example of the benefits generated by *ex situ* conservation, while genetic erosion continues to affect Lima bean landraces because of market preferences and wild relatives due to changes in land use (namely urbanization of landscapes). Currently, the genebank of INIAP keeps 193 landraces of Lima bean, while that of CIAT keeps 133 landraces and 21 wild populations, all of Ecuadorean origin. In this context, the INIAP and CIAT genebanks can contribute to breeding programs to develop new varieties of large-seeded Lima beans (named *tortas* or *pallares*) or to help improve nutrition and food security for small farmers in Ecuador or other warm regions of the world.

Keywords: genebanks, plant breeding, landraces, crop wild relatives, benefit sharing.

Introducción

Phaseolus lunatus L. más conocido como fréjol Lima, haba pallar o tortas en Ecuador, es una de las cinco especies domesticadas del género *Phaseolus* (Debouck y Smartt 1995) y es la segunda especie de mayor distribución, superficie cultivada y consumo del género *Phaseolus* en el mundo (Davidson 2006; Albala 2007). Como una leguminosa, constituye una rica fuente de proteínas, carbohidratos, hierro, calcio, fibra, y se distingue por tener bajo contenido de grasas (Duke 1981; Benshimol et al. 1985). En 1950 Carl Ortwin Sauer observaba con razón que la arquitectura genética de *P. lunatus* aún estaba poco conocida, mientras que este cultivo tenía amplia distribución y aceptación en la América tropical, inclusive mayor a la del fréjol común (*P. vulgaris* L.). Muchos trabajos iban repitiendo el esquema de domesticación propuesto por William Wylie Mackie (1943): origen del cultivo en Guatemala (por las formas silvestres encontradas allí por Paul Carpenter Standley, entre otros), y migración del cultivo hacia la zona andina, junto con una selección de las semillas hacia un tamaño mayor. Lo que cambió este esquema, fue el descubrimiento de formas silvestres en la vertiente Pacífica de los Andes peruanos del norte (Debouck et al. 1987). Este descubrimiento se amplió luego a los Andes ecuatorianos, igualmente en la vertiente Pacífica (Debouck et al. 1989) (Figura 1).

La sospecha que se había tenido por muchos años de una doble domesticación independiente en este cultivo (Heiser 1965; Kaplan 1965; Estrella 1988) por fin tenía en los silvestres ecuatorianos y peruanos una base biológica para su aclaración (Figura 1). Gracias a marcadores moleculares neutrales frente a las selecciones de la domesticación, se pudo comprobar que, efectivamente, en *P. lunatus* hubo una doble domesticación independiente a partir de poblaciones silvestres locales ya en tiempos precolombinos (Gutiérrez-Salgado et al. 1995; Motta-Aldana et al. 2010).

Si las poblaciones silvestres no han cambiado de posición geográfica, debido a la propia herencia de los marcadores moleculares, sobre todo cuando están ligados al ADN de los plastos (de herencia maternal en *Phaseolus*: Corriveau y Coleman 1988, y lento nivel de recombinaciones: Dowling et al. 1996), se puede asociar los primeros pasos de la domesticación con la ubicación actual de estos silvestres. ¿Es este supuesto cierto? Parece que depende de los tiempos considerados: en los últimos milenios, por variaciones de temperatura en los Andes, la posición de los cultivos y sus parientes silvestres relacionados sólo habría fluctuado en altitud (Cardich 1985). Pero a escala de tiempos geológicos (desde el fin del Terciario) *P. lunatus* en formación y en estado silvestre fue un migrante importante desde la zona nuclear del género en Mesoamérica (Serrano-Serrano et al. 2010; Garcia et al. 2021).



Figura 1. Semillas de *Phaseolus lunatus*. Fila superior, de izquierda a derecha: forma silvestre de El Progreso, Guatemala ('Trona' G26731), forma cultivada de Jalapa, Guatemala ('Chapaneca Rosada' G25974), de Campeche, México ('Xmadzakitan' G25754) y de Arizona, EE. UU. (G25657A). Fila inferior, de izquierda a derecha: forma silvestre de Loja, Ecuador ('Sacha Viuda' G26463), forma cultivada de Chimborazo, Ecuador ('Tortita' G26590), de Nariño, Colombia ('Torta' G25895) y de Cajamarca, Perú ('Pallar Morocho' G25830). Escala del lado izquierdo en cm (fuente: CIAT 2022).

Está claro que la domesticación es un proceso que se extiende en el tiempo y en el espacio; el estado domesticado como lo conocemos hoy en *P. lunatus* se logró sobre milenios (Kaplan y Lynch 1999), y a partir de un ancestro silvestre con semillas altamente tóxicas (Baudoin et al. 1991). No obstante, para las formas de *P. lunatus* con semilla de mayor tamaño, lo anterior resalta la importancia de la vertiente Pacífica de los Andes ecuatorianos (Figura 2) y norperuanos para entender más sobre este proceso, pues allí aún se encuentran tanto las formas silvestres como las formas cultivadas de este acervo. Adicionalmente para resaltar que aún necesitamos investigaciones en campo y en laboratorio, basta mencionar que se encontró otro acervo Andino en las formas silvestres de Cundinamarca y Boyacá en los Andes colombianos (Toro-Chica et al. 1993; Garcia et al. 2021).

Importancia de la conservación *ex situ*

El propósito de la conservación *ex situ* (afuera de los ambientes originales donde los materiales desarrollaron sus características genéticas propias), es la disponibilidad de los materiales conservados con sus datos (principalmente de pasaporte, caracterización y

evaluación), para los usuarios en cualquier momento. La distribución del germoplasma conservado y de su información relacionada y pertinente, se hace según unas normas claras, empezando con las normas fitosanitarias (Charrier et al. 1984). El material se distribuye por sus características (p.ej. resistencia a una raza de un patógeno) publicadas en catálogos, publicaciones especializadas, páginas de internet, etc. Por lo tanto, el material es genéticamente estable y presenta efectivamente las características publicadas. En consecuencia, recae en el banco de germoplasma la responsabilidad de vigilar estrictamente la calidad genética (control de polinizaciones no deseadas y de la deriva genética), fisiológica (semillas entregadas con alto porcentaje de viabilidad verificada) y sanitaria (ausencia de enfermedades transmisibles por la semilla). Pero bajo el respeto de estas normas, el germoplasma evaluado y documentado enviado a los usuarios puede permitir inmensos beneficios a la agricultura y al fitomejoramiento (Plucknett et al. 1987; Hajjar & Hodgkin 2007) y a las ciencias agrarias (Dudnik et al. 2001; Debouck et al. 2021). Como ejemplos, los bancos de germoplasma del Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) distribuyeron entre 2007-2016 un total de 3,908,412 muestras (López-Noriega et al. 2019). Durante el periodo 1973-2019, el CIAT distribuyó más de 140,000 muestras a usuarios en 105 países (la otra parte o 69.4% del total distribuido fue hacia los programas del propio centro) (Debouck et al. 2021).

La pérdida de variedades tradicionales en el campo por el remplazo de estas por pocas variedades mejoradas y/o el abandono completo de ciertos cultivos por la preferencia de los mercados hacia otros, han sido muy notables a través del último siglo (Harlan 1972, 1975; Hammer & Khoshbakht 2005). No ha sido fácil cuantificar esta mayor extinción biológica por falta de inventarios muy completos y tempranos (antes de 1880 que marca el inicio del mejoramiento científico en unos cereales del Viejo Mundo). Pero las colecciones conservadas en bancos de germoplasma han participado en esta evaluación, especialmente mediante estudios de caso. Por ejemplo, en el caso de la Península de Yucatán, donde el frijol Lima es una antigua introducción (Colunga-GarcíaMarín y Zizumbo-Villareal 2004), se pudo comprobar una extinción de más del 50% de la variabilidad en variedades nativas en los últimos treinta años (Martínez-Castillo et al. 2012). En otro contexto – el de la agricultura de los EE-UU. – se pudo medir una pérdida del 94% de las variedades de frijol para el periodo 1903-1983 (Fowler 2016), mientras que en el sur de Italia se reportó una erosión genética del 68% en frijol para el periodo 1950-1983 (Hammer et al. 1996).

El panorama no pinta mejor para los parientes silvestres de *Phaseolus*. La extinción ya ha afectado varias de sus poblaciones en los dos últimos siglos, lo cual es un período de tiempo muy corto frente a un millón de años de existencia (Delgado-Salinas et al. 2006). Por ejemplo, poblaciones de *P. lunatus* silvestre se han extinguido en el Valle Central de Costa Rica (Baudoin et al. 2004). Igualmente, varias poblaciones de *Phaseolus* ya no se encontraron en Nuevo León, México (Acosta-Díaz et al. 2015). Por otros usos del suelo en el último siglo, poblaciones de *P. augusti* han desaparecido por la expansión de la ciudad de Cochabamba en Bolivia, al igual que varias poblaciones de *P. polystachyus* en la Florida en EE. UU. (Parker et al. 2023). Varios autores han escrito que los silvestres son un germoplasma difícil de manejar *ex situ* (Singh & Williams 1984; Plucknett et al. 1987). Esto puede ser parcialmente cierto porque los polinizadores especializados de las poblaciones silvestres originales se quedaron en los ambientes originales. Pero si se establecen los silvestres en la estación ecológica adecuada y con recursivas prácticas de manejo agronómico, pueden producir grandes cantidades de semilla (p. ej. *P. lignosus*: 6,768 semillas: Debouck 2015; *P. tuerckheimii*: 4,191 semillas: Sabogal-Carvajal et al. 2021).

El establecimiento de los bancos de germoplasma de INIAP y CIAT

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ente líder en la investigación agrícola en el Ecuador, ha aportado por más de 40 años a la conservación de la agrobiodiversidad de este país. A inicios de los años 1980 se crea la Unidad de Recursos Fitogenéticos en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para luego en los años 1990 dar paso a la creación oficial del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF), como se le conoce hasta la actualidad (Castillo 1995; Monteros-Altamirano et al. 2018). Este banco de germoplasma ha crecido hasta alcanzar en la actualidad aproximadamente 28,500 accesiones de 290 géneros y más de 500 especies de plantas cultivadas y sus parientes silvestres (de origen andino e introducidas) que se conservan en condiciones *ex situ* en varias estaciones experimentales del INIAP en las regiones Costa, Sierra, Amazonía y últimamente en las Galápagos. Los recursos genéticos de *P. lunatus* forma parte de la agrobiodiversidad conservada en Santa Catalina.

La importancia de coleccionar y conservar *P. lunatus* en Ecuador se basa en la hipótesis mencionada arriba de que el área de domesticación para el acervo genético Andino de esta especie tuvo lugar en América del Sur, específicamente en los valles occidentales de altura media entre Ecuador y Perú (Andueza-Noh et al. 2013). El acervo genético Andino es representado por el cultigrupo '*big lima*' de la literatura (Mackie 1943; Baudet 1977), que se caracteriza por semillas elípticas, redondas, planas y grandes, cultivado entre los 1,800 y 2,800 msnm (Gutiérrez-Salgado et al. 1995; Fofana et al. 1997, 1999).

El banco de germoplasma del CIAT se establece en agosto de 1977 como Unidad de Recursos Genéticos, y como apoyo a los programas de mejoramiento del Centro (Lynam & Byerlee 2017; Debouck et al. 2021). El tamaño y la diversidad de las colecciones eran tales que tomaban demasiado tiempo y recursos a los fitomejoradores (fue frecuente en América Latina la situación donde las colecciones de recursos genéticos arrancaron como las colecciones de trabajo de los fitomejoradores). La creación del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) en 1974 resaltaba el carácter muy único del trabajo de los bancos de germoplasma (Frankel & Hawkes 1975), al mismo tiempo que el IBPGR asignaba mandatos específicos a los centros internacionales de investigación agrícola del CGIAR (Lyman 1984). El banco de germoplasma del CIAT creció para *P. lunatus* especialmente en la década de los 1980s gracias a copias de colecciones del USDA-Pullman, Embrapa-Brasilia e INIA del Perú (Debouck et al. 2021). También fueron significativas las exploraciones de germoplasma en la Península de Yucatán en 1979, en el suroccidente colombiano en 1985, en el noroccidente del Perú en 1985-89, y en la sierra ecuatoriana en 1989-90, aunque eran enfocadas en *P. vulgaris* (Parker et al. 2023).

Las colecciones de *Phaseolus lunatus* conservadas en INIAP y CIAT

La colección de *P. lunatus* del INIAP consta de 193 accesiones colectadas en todo el territorio ecuatoriano tal como se puede observar en la Figura 2.

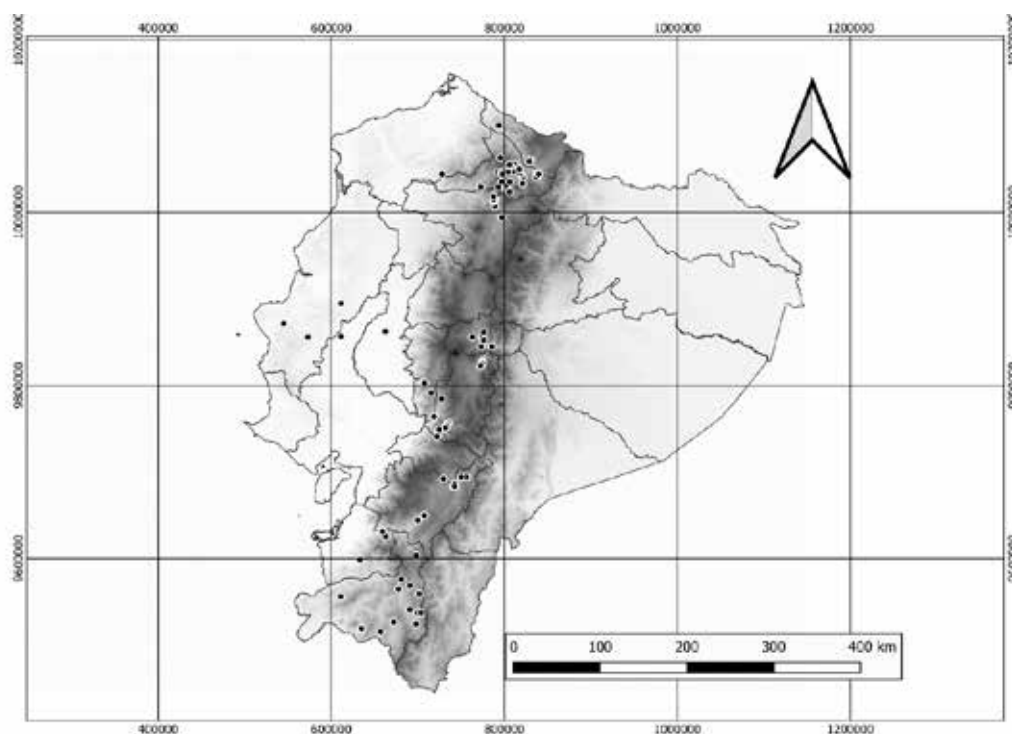


Figura 2. Mapa con georreferenciación de colectas de *P. lunatus* en Ecuador, conservados en el banco de germoplasma de INIAP (fuente: Á. Monteros y F. Sigcha, 2022).

Una colecta inicial de *P. lunatus* en Ecuador consistió en 133 accesiones entre los años 1989 y 1990; el resto de las accesiones fueron colectadas en años posteriores. Existen colectas de las provincias de la región Sierra: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua, y de la región Costa: El Oro, Los Ríos y Manabí. La Tabla 1 resume las colectas organizadas por provincias con los códigos del banco y los datos de altitud en cada provincia.

De las 193 accesiones de *P. lunatus*, la mayor parte fueron colectadas en las provincias de la Sierra ecuatoriana (183 colectas). De estas, el 37.1% (69 accesiones) corresponde a la provincia de Imbabura (norte de Ecuador) (Monteros-Altamirano et al. 2018), provincia en donde son utilizadas principalmente para el tradicional juego de las “tortas” (Peralta et al. 2019). En las últimas décadas esta práctica de uso ha desaparecido paulatinamente. La falta de consumo de *P. lunatus* en las provincias serranas es debido a la presencia del precursor del ácido cianhídrico en sus semillas, la cual obliga a una preparación adicional del alimento. Además, la cosecha tardía y el bajo precio comercial han hecho que el cultivo de esta especie sea poco atractivo para los agricultores (García 2008).

La colección ecuatoriana de *P. lunatus* aún no ha sido caracterizada agronómica ni morfológicamente. Solamente una parte de esta colección nacional ha sido estudiada molecularmente con ocho loci de microsatélites SSR (García 2008), principalmente accesiones de la provincia de Imbabura, en donde se identificó flujo genético entre materiales cultivados y silvestres.

Tabla 1. Provincia de colecta, código de banco, porcentaje de la colección por provincia y rangos altitudinales para las accesiones de la colección ecuatoriana de *P. lunatus* en INIAP, Ecuador.

Provincia	Código accesiones banco del INIAP	Porcentaje del total de accesiones	Altitud (msnm)
Azuay	ECU-2440, ECU-2441, ECU-2442, ECU-2443, ECU-2444, ECU-2445, ECU-2446, ECU-2447, ECU-2448, ECU-2449, ECU-2450, ECU-2451, ECU-2452, ECU-2453, ECU-2454, ECU-2455, ECU-2456, ECU-2457, ECU-2459, ECU-2460, ECU-2461, ECU-2462, ECU-2463, ECU-2464, ECU-2465, ECU-2622, ECU-2623, ECU-16451, ECU-16452	15.6	470-2260
Bolívar	ECU-2626, ECU-2627	1.1	870-1110
Cañar	ECU-2602	0.5	2590
Carchi	ECU-2423, ECU-2424, ECU-2425, ECU-2427, ECU-2428, ECU-2429, ECU-2430, ECU-2431, ECU-2432, ECU-12000, ECU-16928	5.9	1660-2450
Chimborazo	ECU-2410, ECU-2411, ECU-2412, ECU-2413, ECU-2414, ECU-2415, ECU-2439, ECU-2471, ECU-2472, ECU-2596, ECU-2597, ECU-2600, ECU-2624, ECU-16796, ECU-16797, ECU-16798, ECU-16799, ECU-16794	9.7	890-2410
Cotopaxi	ECU-16808	0.5	2300
El Oro	ECU-2620, ECU-2621	1.1	320-800
Imbabura	ECU-2362, ECU-2364, ECU-2365, ECU-2366, ECU-2367, ECU-2368, ECU-2369, ECU-2370, ECU-2371, ECU-2372, ECU-2373, ECU-2374, ECU-2375, ECU-2376, ECU-2377, ECU-2378, ECU-2379, ECU-2380, ECU-2381, ECU-2382, ECU-2419, ECU-2420, ECU-2421, ECU-2422, ECU-2433, ECU-2434, ECU-2435, ECU-2436, ECU-2437, ECU-2438, ECU-2628, ECU-2630, ECU-2631, ECU-2632, ECU-2633, ECU-2634, ECU-2635, ECU-2636, ECU-3602, ECU-3886, ECU-15564, ECU-15565, ECU-15566, ECU-16907, ECU-16908, ECU-16909, ECU-16910, ECU-16911, ECU-16912, ECU-16913, ECU-16914, ECU-16915, ECU-16916, ECU-16917, ECU-16918, ECU-16919, ECU-16927, ECU-16929, ECU-16930, ECU-16931, ECU-16932, ECU-16933, ECU-16934, ECU-16936, ECU-16940, ECU-16920, ECU-16921, ECU-16922, ECU-16923	37.1	1390-2550

Loja	ECU-2604, ECU-2606, ECU-2607, ECU-2608, ECU-2609, ECU-2610, ECU-2611, ECU-2612, ECU-2614, ECU-2615, ECU-2616, ECU-2619, ECU-3885	7.0	1110-2064
Los Ríos	ECU-20476, ECU-20477, ECU-20480	1.6	86
Manabí	ECU-20467, ECU-20468, ECU-20469, ECU-20490, ECU-20510	2.7	47-101
Pichincha	ECU-2383, ECU-2384, ECU-2385, ECU-2386, ECU-2387, ECU-2388, ECU-2389, ECU-2390, ECU-2391, ECU-2392, ECU-2393, ECU-2394, ECU-2395, ECU-2396, ECU-2397, ECU-2398, ECU-2399, ECU-2400, ECU-2401	10.2	1740-2210
Tungurahua	ECU-2403, ECU-2404, ECU-2405, ECU-2406, ECU-2407, ECU-2408, ECU-2409, ECU-2416, ECU-2417, ECU-2418, ECU-16804, ECU-16805, ECU-16806	7.0	1750-2450

Fuente: Monteros-Altamirano et al. (2018) y base de datos ECUCOL.

El hecho que solamente 10 accesiones de esta colección correspondan a la Costa ecuatoriana (provincias de El Oro, Los Ríos y Manabí) indicaría que es necesario coleccionar germoplasma en esta región, ya que este germoplasma puede tener interés por su adaptación y tolerancia a estreses bióticos y abióticos, y calidad de grano reconocida por los consumidores. En una primera prospección de agrobiodiversidad en las Islas Galápagos, se ha identificado en la isla Santa Cruz una accesión de haba pallar, que había sido traída desde el continente por agricultores migrantes (Monteros-Altamirano, comunicación personal). Además, en el banco de germoplasma de INIAP, existen 5 accesiones de *P. augusti* (acervo secundario) colectadas en la provincia de Loja.

Con relación al banco de germoplasma de CIAT, la Tabla 2 indica la composición de las colecciones conservadas en Palmira para *P. lunatus*.

Tabla 2. Composición de la colección de *P. lunatus* conservada en el CIAT.

Tipo de materiales	Número de accesiones
Formas silvestres	219
Formas tipo maleza	53
Formas cultivadas	3,029
total	3,301

La colección conservada en el CIAT incluye sobre todo variedades tradicionales de agricultor (2,469 accesiones), algunas variedades comerciales (41), materiales de mejoramiento (47) y otros (472). De la América tropical, cabe resaltar las variedades tradicionales de México (224), Colombia (354), Ecuador (133), Perú (331) y Brasil (612). Aunque con números bajos hay variedades tradicionales del acervo Andino que llegaron al Congo (G26193), la India

(G25299) y China (G25969), y que permitirán entender las migraciones poscolombinas. Igualmente, hay materiales del acervo Mesoamericano que llegaron después de 1493 a Ghana (G25249), Myanmar (G27500) y Filipinas (G25165) (CIAT 2022).

Las formas silvestres de *P. lunatus* tienen aún una representación baja y desigual en bancos de germoplasma, pues el rango de distribución conocido – el mayor de todas las especies conocidas del género *Phaseolus* – se extiende desde Sonora, Tamaulipas y Baja California en México hasta Formosa en Argentina y Paraguay, y desde las Islas Revillagigedo en el Pacífico mexicano hasta Trinidad y Tobago (Debouck 2021). La representatividad está mejor para algunas partes de México (57 accesiones), Costa Rica (45) y del Ecuador (21). Para poder estudiar la regresión al estado silvestre desde las variedades tradicionales, que es un fenómeno reportado en varias zonas tropicales (Purseglove 1968; Duke 1981), se tienen formas malezas (en inglés *weedy types*) de Ghana (G25246B), Nigeria (G26261B) y del Congo (Kivu; NI 164) (CIAT 2022).

Cabe mencionar que también se conservan algunos materiales de las especies de los acervos secundarios (e.g. *P. augusti*) y terciarios (otras especies de la sección *Paniculati* y los *Coriacei*) del frijol Lima (Porch et al. 2013; Debouck 2021), tales como *P. augusti* (30 accesiones), *P. lignosus* (1; tipo), *P. maculatus* (1), *P. marechalii* (5), *P. nodosus* (1; tipo), *P. novoleonensis* (1; tipo), *P. polystachyus* (2), *P. rotundatus* (2; tipo), y *P. salicifolius* (1). El hecho de conservar germoplasma de los tipos es muy útil en estudios de filogenia que sirven para orientar los programas de cruzamientos interespecíficos, cuando se necesita tener certeza taxonómica.

Perspectivas de uso de estos bancos de germoplasma

Un uso muy significativo de la colección de *P. lunatus* conservada en el CIAT ha sido la investigación orientada precisamente a entender la formación del propio cultivo (en aspectos tales como: ¿dónde ocurrió esta formación, cuando ocurrió?, ¿cuál ha sido la magnitud del efecto fundador que acompañó la domesticación?) (Piperno y Dillehay 2008; Chacón-Sánchez et al. 2012; Chacón-Sánchez & Martínez-Castillo 2017). Igualmente, la colección ha permitido el establecimiento del primer mapa genético de este cultivo, y las comparaciones múltiples entre el genoma del frijol Lima y del frijol común (García et al. 2021). Estas comparaciones permiten mucha ganancia en el momento de definir la selección asistida por marcadores, porque puede haber largas secuencias conservadas en ambos genomas.

Otro uso del germoplasma conservado en el CIAT fue la mejora de la calidad de la proteína del grano del frijol Lima. Considerando la importancia alimenticia del frijol Lima en los trópicos sobre todo por debajo de 1,200 msnm (Sauer 1950; National Research Council 1979), era importante corregir el bajo nivel de su proteína de reserva en granos en dos aminoácidos azufrados: la metionina y la cistina (Baldi & Salamini 1973). Una accesión de *P. marechalii* (*B. Schubert* 623, NI 402, G40406) tenía niveles más altos del aminoácido metil-cistina (Otoul 1976), y fue incluida en un programa de cruzamientos interespecíficos (Baudoin 1981). Esta investigación también permitió conocer mejor las compatibilidades en cruzamientos amplios y clasificar las especies que se pensaba afines por tener la inflorescencia en panícula dentro de los acervos secundario y terciario.

Se sabe desde tiempos atrás que los cruzamientos interespecíficos exitosos con *P. lunatus* han sido limitados a las especies cercanas de su sección, los *Paniculati* (19 especies), más no

con la sección *Phaseoli* (7 especies) donde está el fríjol común (Debouck 1999, 2021). Pero ¿es el cruzamiento entre *P. vulgaris* y *P. lunatus* absolutamente necesario? De repente no, porque el fríjol Lima tiene el acervo más amplio, y produce bien en condiciones tropicales húmedas donde el fríjol común no prospera (Rachie 1973). Y el fríjol Lima tiene semillas que pueden entrar a los grupos de variedades preferidas por color de grano en alimentos procesados como los rojos pequeños (p.ej. G26353 del Congo), negros pequeños (p.ej. G27240 de Taiwán), blanquillos (p.ej. G26062 del Brasil) y hasta los tipos cannellini (p.ej. G27377 del Brasil), cuando se compara la colección de fríjol Lima con las clases comerciales de grano de *P. vulgaris* (Valladolid-Chiroque & Voysest-Voysest 2006).

A nivel de América, algunos países han sido pioneros en el desarrollo de programas de mejoramiento genético de *P. lunatus*. En Brasil, el Centro de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal de Piauí (UFPI) ha generado cultivares mejorados de hábito de crecimiento determinado, maduración uniforme, precocidad y resistencia a antracnosis, dirigidos para la agroindustria y pequeños productores (Ferreira et al. 2022). En Perú, han seleccionado una variedad criolla denominada “Pallar de Ica”, de grano blanco grande pertenecientes al cultigrupo ‘Big Lima’ (Espinosa 2022). En los Estados Unidos, el programa de mejoramiento de la Universidad de California-Davis ha desarrollado variedades de fríjol Lima de grano blanco de crecimiento determinado e indeterminado para los productores de California que siembran aproximadamente 8,100 hectáreas (Gibson et al. 2022).

En Ecuador, el mejoramiento genético del fríjol Lima o haba pallar ha sido muy escaso. En los años 1992 y 1993, la Estación Experimental Portoviejo del INIAP ubicada en la Costa ecuatoriana liberó las dos únicas variedades de haba pallar: INIAP PORTOVIEJO 490 “Inviernera” (Mendoza y Linzán 1992) e INIAP 491 “Veranera” (Mendoza y Linzán 1993) de hábito de crecimiento indeterminado o trepador de grano blanco y grande que cultivaban asociadas con maíz. Actualmente, el haba pallar no está considerado como prioridad en los programas de investigación del INIAP, por lo tanto, no existen recursos económicos suficientes para desarrollar nuevas variedades y generación de tecnología de manejo para este cultivo. A pesar de esta situación, los agricultores de la provincia de Manabí (Costa) en particular siguen cultivando sus propios materiales de grano blanco y grande que se consume en grano verde y seco en la costa ecuatoriana (Peralta et al. 2019).

Aunque los programas de mejoramiento de *P. lunatus* son pocos (p. ej. universidades de California-Davis y de Delaware en EE. UU.) y trabajan para mercados especializados (p.ej. granos verdes para alimentos enlatados), las evaluaciones del germoplasma si bien limitadas con respecto al número de accesiones han dejado ver características de interés: tolerancia a salinidad (Bayuelo-Jiménez et al. 2002), resistencia a *Empoasca fabae* (Wolfenbarger y Sleesman 1961), a *Empoasca kraemeri* (Lyman & Cardona 1982) y a *Acanthoscelides obtectus* (Dobie et al. 1990), con miras a un mejoramiento más amplio de *P. lunatus*. Este mejoramiento gracias al mapeo comparativo con *P. vulgaris* (García et al. 2021), puede beneficiarse de marcadores comunes ligados a características de importancia económica, y así ganar mucho tiempo y ahorrar muchos recursos en los ciclos de mejora. Aparte del mejoramiento, asistido por marcadores está la posibilidad de edición de genes, ya en camino para la mejora de la soya (Xu et al. 2020). Pero, independientemente de la técnica de mejoramiento (Wang et al. 2017), la gran responsabilidad recae en los bancos de germoplasma de tener las colecciones más representativas de la variación total que existe o existió en un cultivo.

Otra perspectiva de uso ha sido un mejor entendimiento sobre la genética de la biosíntesis de la linamarina y de la lotaustralina, donde sólo *P. lunatus* y sus especies afines tienen los genes de la cadena metabólica completa, en comparación a otras especies del género (Lai et al. 2020). Esta perspectiva puede ser de gran interés en la búsqueda de mecanismos de defensa natural de los cultivos contra los herbívoros (Ballhorn et al. 2009). A propósito, se ha mostrado que algunas variedades de *P. lunatus* pueden tener niveles altos de estos glucósidos cianogénicos en los folíolos, mientras los niveles están bajos en las semillas (Montero-Rojas et al. 2013).

Queda de manera permanente como uso de las colecciones *ex situ* la distribución de materiales a los agricultores (as) quienes en muchos casos proporcionaron las muestras originales como un caso lógico, ético y concreto de implementación de los “derechos de los agricultores” indicados en el Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentación y Agricultura (art. 9, FAO 2002). Cabe resaltar la importancia de la capacidad de implementar continuamente este derecho, es decir, el banco de germoplasma tiene la capacidad de distribuir muestras de manera permanente.

Un uso menos convencional pero socialmente importante ha sido en las últimas décadas la utilización de semillas de *P. lunatus*, sobre todo del acervo Andino, en la elaboración de collares y otras obras de valor estético. Este uso hace recordar el uso de estas mismas semillas en juegos de la civilización Moche hace 1,600 años atrás (Vivante 1943). Algunos de estos juegos han permanecido hasta un pasado reciente en la Sierra ecuatoriana (Peralta-Idrovo et al. 2019). En la Figura 1 llama la atención que todas las variedades cultivadas allí representadas pierden su color con la cocción en agua, mientras que de todas esas zonas de origen existieron variedades con grano blanco (y a veces estas últimas predominan hoy; Martínez-Castillo et al. 2012). ¿Entonces por qué los agricultores conservaron por siglos granos de colores extraños?, sino porque había otro interés que alimenticio. Fue la selección ‘estética’ que se ejerció en la zona andina sobre *P. lunatus* y *P. vulgaris* (Debouck 1989), pero también en los ajíes y las papas (Hawkes 1983). Obviamente, los bancos de germoplasma sirven de memoria de las agri-culturas y así amplían su servicio a las sociedades humanas.

En este contexto, los bancos de germoplasma del INIAP y del CIAT pueden contribuir a programas de mejoramiento genético para desarrollar nuevas variedades de fréjol pallar o tortas. Estas pueden ayudar a mejorar la nutrición y a la seguridad alimentaria para pequeños agricultores con una cosecha escalonada todo el año e ingresos económicos por la venta en vaina tierna o granos secos. Además, es importante considerar que esta especie puede mejorar los suelos, mediante su incorporación como abono verde. Estas ventajas hacen que los pallares o tortas tengan potencial de expansión no sólo en nuevas regiones de Ecuador sino en otras regiones del mundo.

Agradecimientos

Un reconocimiento a los varios colectores de germoplasma de pallares ecuatorianos y al equipo del banco de germoplasma de INIAP por conservarlos por varias décadas. Igualmente, un especial agradecimiento a Yurany García-Rodríguez y Luis Guillermo Santos-Meléndez (Alianza Bioversity-CIAT) por la colaboración brindada para la Figura 1. Además, los autores agradecen a los Editores por sus sugerencias para la mejora del texto y a los Revisores por sus acertados comentarios.

Referencias

- Acosta-Díaz, E., I. Hernández-Torres, M.D. Amador-Ramírez, J.S. Padilla-Ramírez, F. Zavala-García & A.D. Baez-González. 2015. Collection and characterization of wild species of *Phaseolus* (Fabaceae) in northeastern Mexico for *ex situ* conservation. *Plant Ecol. Evol.* 148 (1): 119-127.
- Albala, K. 2007. Beans – a history. Berg Publishers. Oxford, United Kingdom. 261p.
- Andueza-Noh, R.H., M.L. Serrano-Serrano, M.I. Chacón-Sánchez, I. Sánchez del Pino, L. Camacho-Pérez, J. Coello-Coello, J. Mijangos-Cortés, D.G. Debouck & J. Martínez-Castillo. 2013. Multiple domestications of the Mesoamerican gene pool of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. *Genet. Resources & Crop Evol.* 60 (3): 1069-1086.
- Baldi, G. & F. Salamini. 1973. Variability of essential amino acid content in seeds of 22 *Phaseolus* species. *Theor. Appl. Genet.* 43 (2): 75-78.
- Ballhorn, D.J., S. Kautz, M. Heil & A.D. Hegeman. 2009. Cyanogenesis of wild Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) is an efficient direct defence in nature. *PLoS ONE* 4 (5): 1-7 (e5450).
- Baudet, J.-C. 1977. Origine et classification des espèces cultivées du genre *Phaseolus*. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* 110: 65-76.
- Baudoin, J.P. 1981. Observations sur quelques hybrides interspécifiques avec *Phaseolus lunatus* L. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 16 (4): 273-286.
- Baudoin, J.-P., J.P. Barthélemy & V. Ndungo. 1991. Variability of cyanide contents in the primary and secondary gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus* L. *FAO/IBPGR Plant Genet. Resour. Newsl.* 85: 5-9.
- Baudoin, J.P., O. Rocha, J. Degreef, A. Maquet & L. Guarino. 2004. Ecogeography, demography, diversity and conservation of *Phaseolus lunatus* L. in the central valley of Costa Rica. *Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools.* 12. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 84 p.
- Bayuelo-Jiménez, J., D.G. Debouck & J. Lynch. 2002. Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Sci.* 42 (6): 2184-2192.
- Benshimol, A.L., R.I. de Stein, C.G. Márquez & W.G. Jaffé. 1985. El valor bioquímico y nutricional de las semillas del haba de Lima (*Phaseolus lunatus*) en comparación con las del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Archiv. Latinoam. Nutr.* 25 (1): 70-79.
- Cardich, A. 1985. The fluctuating upper limits of cultivation in the Central Andes and their impact on Peruvian prehistory. *Adv. World Archaeol.* 4: 293-333.
- Castillo, R. 1995. Plant Genetic Resources in the Andes: Impact, Conservation, and Management. *Crop Sci.* 35: 355-360

- Chacón-Sánchez, M.I. & J. Martínez-Castillo. 2017. Testing domestication scenarios of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mesoamerica: insights from genome-wide genetic markers. *Front. Plant Sci.* 8, 1551: 1-20.
- Chacón-Sánchez, M.I., J.R. Motta-Aldana, M.L. Serrano-Serrano & D.G. Debouck. 2012. Domestication of Lima beans: a new look at an old problem. *in*: "Biodiversity in agriculture: domestication, evolution, and sustainability", P. Gepts, T.R. Famula, R.L. Bettinger, S.B. Brush, A.B. Damania, P.E. McGuire & C.O. Qualset (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. pp. 330-343.
- Charrier, A., M. Lourd & J. Pernès. 1984. La conservation des ressources génétiques. *in*: "Gestion des ressources génétiques des plantes", J. Pernès (ed.). Tome 2: Manuel. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris, France. pp. 191-233.
- CIAT. 2022. *Phaseolus* genebank at the International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia: passport data of *Phaseolus* accessions. Disponible en: <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>; acceso obtenido el: 2 November 2022.
- Colunga-GarcíaMarín, P. & D. Zizumbo-Villareal. 2004. Domestication of plants in Maya lowlands. *Econ. Bot.* 58: S101-S110.
- Corriveau, J.L. & A.W. Coleman. 1988. Rapid screening method to detect potential biparental inheritance of plastid DNA and results for over 200 angiosperm species. *Amer. J. Bot.* 75 (10): 1443-1458.
- Davidson, A. 2006. The Oxford companion to food. 2nd edition edited by Tom Jaine. Oxford University Press. Oxford, England. 907 p.
- Debouck, D.G. 1989. Early beans (*Phaseolus vulgaris* L. and *P. lunatus* L.) domesticated for their aesthetic value? *Annu. Rept Bean Improvement Coop. (USA)* 32: 62-63.
- Debouck, D.G. 1999. Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. *in*: "Common bean improvement in the twenty first century", S.P. Singh (ed.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. pp. 25-52.
- Debouck, D.G. 2015. Observations about *Phaseolus lignosus* (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae), a bean species from the Bermuda Islands. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 9 (1): 107-119.
- Debouck, D.G. 2021. *Phaseolus* beans (Leguminosae, Phaseoleae): a checklist and notes on their taxonomy and ecology. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 15 (1): 73-111.
- Debouck, D.G., R. Castillo T. & J.M. Tohme. 1989. Observations on little-known *Phaseolus* germplasm of Ecuador. *FAO/IBPGR Plant Genet. Resources Newsl.* 80: 15-21.
- Debouck, D.G., J.H. Liñan-Jara, A. Campana-Sierra & J.H. De la Cruz-Rojas. 1987. Observations on the domestication of *Phaseolus lunatus* L. *FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsl.* 70: 26-32.

- Debouck, D.G., M. Santaella & L.G. Santos. 2021. History and impact of a bean (*Phaseolus* spp., Leguminosae, Phaseoleae) collection. *Genetic Resources* 2 (4): 21-43.
- Debouck, D.G. & J. Smartt. 1995. Beans, *Phaseolus* spp. (Leguminosae-Papilionoideae). *in*: “Evolution of crop plants”, J. Smartt & N.W. Simmonds (eds.). Second Edition. Longman Scientific & Technical. London, United Kingdom. pp. 287-294.
- Delgado-Salinas, A., R. Bibler & M. Lavin. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Syst. Bot.* 31 (4): 779-791.
- Dobie, P., J. Dendy, C. Sherman, J. Padgham, A. Wood & A.M.R. Gatehouse. 1990. New sources of resistance to *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Bruchidae) in mature seeds of five species of *Phaseolus*. *J. Stored Prod. Res.* 26 (4): 177-186.
- Dowling, T.E., C. Moritz, J.D. Palmer & L.H. Rieseberg. 1996. Nucleic acids III: analysis of fragments and restriction sites. *in*: “Molecular systematics”, D.M. Hillis, C. Moritz & B.K. Mable (eds.). 2nd edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. pp. 249-320.
- Dudnik, N.S., I. Thormann & T. Hodgkin. 2001. The extent of use of plant genetic resources in research: a literature survey. *Crop Sci.* 41 (1): 6-10.
- Duke, J.A. 1981. *Phaseolus lunatus* L. *in*: “Handbook of legumes of world economic importance”, J.A. Duke (ed.). Plenum Press. New York, New York, USA. Pp. 191-195.
- Espinosa, L. 2022. Situación actual del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en el Perú: potencialidades y riesgos. *Memorias del II Simposio Internacional sobre el fríjol Lima (Phaseolus lunatus L.)*. Quito, Ecuador. pp. 12.
- Estrella, E. 1988. El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 390 p.
- Ferreira, R., A. Almeida & V. Brito. 2022. Advances in the genetic improvement of the Lima bean in Brazil. *Memorias del II Simposio Internacional sobre el fríjol Lima (Phaseolus lunatus L.)*. Quito, Ecuador. pp. 27.
- Fofana, B., J.P. Baudoin, X. Vekemans, D.G. Debouck & P. du Jardin. 1999. Molecular evidence for an Andean origin and a secondary gene pool for the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) using chloroplast DNA. *Theor. Appl. Genet.* 98 (2): 202-212.
- Fofana, B., X. Vekemans, P. du Jardin & J.P. Baudoin. 1997. Genetic diversity in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) as revealed by RAPD markers. *Euphytica* 95 (2): 157-165.
- Food and Agriculture Organization. 2002. The international treaty on plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 45 p.

- Fowler, C. 2016. Seeds on ice: Svalbard and the global seed vault. Prospects Press. Westport, Connecticut, USA. 161 p.
- Frankel, O.H. & J.G. Hawkes. 1975. Genetic resources: the past ten years and the next. *in*: "Crop genetic resources for today and tomorrow", O.H. Frankel & J.G. Hawkes (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, England. pp. 1-11.
- García, K. 2008. Estudio de la diversidad genética de *Phaseolus lunatus* L. en zonas silvestres y cultivadas en la provincia de Imbabura-Ecuador mediante el uso de microsatélites. Tesis grado Ingeniería en Biotecnología. Escuela Superior Politécnica del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas. Quito, Ecuador. 99 p.
- García, T., J. Duitama, S. Smolenski-Zullo, J. Gil, A. Ariani, S. Dohle, A. Palkovic, P. Skeen, C.I. Bermudez-Santana, D.G. Debouck, J. Martínez-Castillo, P. Gepts & M.I. Chacón-Sánchez. 2021. Comprehensive genomic resources related to domestication and crop improvement traits in Lima bean. *Nature Communications* 12 (702): 1-17.
- Gibson, K., A. Palkovic, E. Bick, S. Zullo, S. Dohle & P. Gepts. 2022. Genotyping and phenotyping studies in support of a Lima bean breeding program. *Memorias del II Simposio Internacional sobre el frijol lima (Phaseolus lunatus L.)*. Quito, Ecuador. pp. 26.
- Gutiérrez-Salgado, A., P. Gepts & D.G. Debouck. 1995. Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus*, in the Americas. *Genet. Resources & Crop Evol.* 42 (1): 15-28.
- Hammer, K. & K. Khoshbakht. 2005. Towards a 'red list' for crop plant species. *Genet. Resources & Crop Evol.* 52 (3): 249-265.
- Hammer, K., H. Knüpffer, L. Xhuvli & P. Perrino. 1996. Estimating erosion in landraces – two case studies. *Genet. Resources & Crop Evol.* 43 (4): 329-336.
- Hajjar, R. & T. Hodgkin. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica* 156 (1-2): 1-13.
- Harlan, J.R. 1972. Genetics of disaster. *J. Environ. Quality* 1(3): 212-215.
- Harlan, J.R. 1975. Our vanishing genetic resources. *Science* 188: 618-621.
- Hawkes, J.G. 1983. The diversity of crop plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA. 184 p.
- Heiser, C.B. 1965. Cultivated plants and cultural diffusion in nuclear America. *Amer. Anthropol.* 67 (4): 930-949.
- Kaplan, L. 1965. Archaeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). *Econ. Bot.* 19 (4): 358-368.

- Kaplan, L., & T. Lynch. 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance for pre-Colombian agriculture. *Econ. Bot.* 53 (3): 261-272.
- Lai, D., A.B. Maimann, E. Macea, C.H. Ocampo, G. Cardona, M. Picmanová, B. Darbani, C.E. Olsen, D.G. Debouck, B. Raatz, B. Lindberg Mfler & F. Rook. 2020. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in *Phaseolus lunatus* and the evolution of oxime-based defenses. *Plant Direct* 4 (8): 1-13.
- López-Noriega, I., M. Halewood, M. Abberton, A. Amri, I.I. Angarawai, N. Anglin, M. Blümmel, B. Bouman, H. Campos, D. Costich, D. Ellis, P.M. Gaur, L. Guarino, J. Hanson, V. Kommerell, L. Kumar, C. Lusty, M-N. Ndjondjop, T. Payne, M. Peters, E. Popova, G. Prakash, R. Sackville-Hamilton, R. Tabo, H. Upadhyaya, M. Yazbek & P. Wenzl. 2019. CGIAR operations under the plant Treaty framework. *Crop Sci.* 59 (3): 818-832.
- Lyman, J. 1984. Progress and planning for germplasm conservation of major food crops. *FAO/IBPGR Plant Genet. Resources Newsl.* 60: 3-21.
- Lyman, J.M. & C. Cardona. 1982. Resistance in Lima beans to a leafhopper, *Empoasca kraemeri*. *J. Econ. Entomol.* 75 (2): 281-286.
- Lynam, J. & D. Byerlee. 2017. Forever pioneers - CIAT: 50 years contributing to a sustainable food future . . . and counting. CIAT Publication No. 444. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia. 140 p.
- Mackie, W.W. 1943. Origin, dispersal, and variability of the Lima bean, *Phaseolus lunatus*. *Hilgardia* 15 (1): 1-24.
- Martínez-Castillo, J., L. Camacho-Pérez, J. Coello-Coello & R. Andueza-Noh. 2012. Wholesale replacement of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces over the last 30 years in northeastern Campeche, Mexico. *Genet. Resources & Crop Evol.* 59 (2): 191-204.
- Mendoza-Zambrano, H. y L. Linzán-Macias. 1992. INIAP Portoviejo 490: Una variedad de haba inverniera para el litoral ecuatoriano. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador. (Plegable no. 124). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1196>.
- Mendoza-Zambrano, H. y L. Linzán-Macias. 1993. INIAP-Portoviejo 491: Una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador. (Plegable no. 132). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1198>.
- Montero-Rojas, M., M. Ortiz, J.S. Beaver & D. Siritunga. 2013. Genetic, morphological and cyanogen content evaluation of a new collection of Caribbean Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces. *Genet. Resources & Crop Evol.* 60 (8): 2241-2252.

- Monteros-Altamirano, A., M. Tacán, G. Peña, C. Tapia, N. Paredes y L. Lima. 2018. Guía para el manejo y conservación de recursos fitogenéticos en Ecuador. Protocolos. Publicación miscelánea N°. 432. INIAP-FAO. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Ecuador. 104p. ISBN: 978-9942-22-262-6.
- Motta-Aldana, J.R., M.L. Serrano-Serrano, J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck & M.I. Chacón-Sánchez. 2010. Multiple origins of Lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Sci.* 50 (5): 1773-1787.
- National Research Council. 1979. Tropical legumes: resources for the future. National Academy of Sciences. Washington, D.C., USA. 332 p.
- Otoul, E. 1976. Spectres des acides aminés chez *Phaseolus lunatus* L., chez quelques espèces apparentées et chez l'amphidiploïde *P. lunatus* L. x *P. polystachyus* (L.) B.S.P. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 11 (1-2): 207-220.
- Parker, T.A, J. Acosta-Gallegos, J. Beaver, M. Brick, J.K. Brown, K. Cichy, D.G. Debouck, A. Delgado-Salinas, S. Dohle, E. Ernest, C. Estevez de Jensen, F. Gómez, B. Hellier, A.V. Karasev, J.D. Kelly, P. McClean, P. Miklas, J.R. Myers, J.M. Osorno, J.S. Pasche, M.A. Pastor-Corrales, T. Porch, J.R. Steadman, C. Urrea, L. Wallace, C.H. Diepenbrock & P. Gepts. 2023. Genetic resources and breeding priorities in *Phaseolus* beans: vulnerability, resilience, and future challenges. *Plant Breeding Reviews* 46: 289-417.
- Peralta-Idrovo, E., F. Peralta-Idrovo y H. Peralta-Idrovo. 2019. Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. *Letra Sabia*, Quito, Ecuador. 213 p.
- Piperno, D.R. & T.D. Dillehay. 2008. Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in northern Peru. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105 (50): 19622-19627.
- Plucknett, D.L., N.J.H. Smith, J.T. Williams & N.M. Anishetty. 1987. Gene banks and the world's food. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA. 247 p.
- Porch, T.G., J.S. Beaver, D.G. Debouck, S. Jackson, J.D. Kelly & H. Dempewolf. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy* 3: 433-461.
- Purseglove, J.W. 1968. Tropical crops – Dicotyledons 1. John Wiley & Sons, Inc. New York, New York, USA. 719 p.
- Rachie, K.O. 1973. Relative agronomic merits of various food legumes for the lowland tropics. *in*: "Potentials of field beans and other food legumes in Latin America", D. Wall (ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 123-139.
- Sabogal-Carvajal, R., A. Mestizo, J. Ypiales, J.M. Gereda, M. Santaella, L.G. Santos & D.G. Debouck. 2021. Incremento exitoso de semillas de *Phaseolus tuerckheimii* Donnell-Smith. 13th Symposium of genetic resources of the Americas and the Caribbean

(SIRGEAC). Bogotá, Colombia, 30 November – 3 December 2021. 1p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/116909>.

- Sauer, C.O. 1950. Cultivated plants of South and Central America. *in*: “Handbook of South American Indians, Vol. 6. Physical anthropology, linguistic and cultural geography of South American Indians”, J.H. Steward (ed.). Smithsonian Institution. Washington, D.C., USA. pp. 487-543.
- Serrano-Serrano, M.L., J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck & M.I. Chacón-Sánchez. 2010. Gene pools in wild Lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: evidence for an Andean origin and past migrations. *Molec. Phylogen. Evol.* 54 (1): 76-87.
- Singh, R.B. & J.T. Williams. 1984. Maintenance and multiplication of plant genetic resources. *in*: “Crop genetic resources: conservation and evaluation”, J.H.W. Holden & J.T. Williams (eds.). George Allen & Unwin Publishers. London, United Kingdom. pp. 120-130.
- Toro-Chica, O., L. Lareo & D.G. Debouck. 1993. Observations on a noteworthy wild Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., from Colombia. *Annu. Rept. Bean Improvement Coop. (USA)* 36: 53-54.
- Valladolid-Chiroque, A. y O. Voysest-Voysest. 2006. Clases comerciales de leguminosas de grano: catálogo para orientar la comercialización en los mercados nacionales e internacionales. Promenestras Tex. Chiclayo, Perú. 107 p.
- Vivante, A. 1943. Un antiguo juego peruano. *Rev. Geogr. Amer.* 125: 27-33.
- Wang, C., S. Hu, C. Gardner & T. Lübberstedt. 2017. Emerging avenues for utilization of exotic germplasm. *Trends Plant Sci.* 22 (7): 624-637.
- Wolfenbarger, D. & J.P. Sleesman. 1961. Resistance to the potato leafhopper in Lima bean lines, interspecific *Phaseolus* crosses, *Phaseolus* spp., the cowpea, and the bonavist bean. *J. Econ. Entomol.* 54 (6): 1077-1079.
- Xu, H., L. Zhang, K. Zhang & Y. Ran. 2020. Progresses, challenges, and prospects of genome editing in soybean (*Glycine max*). *Front. Plant Sci.* 11 (571138): 1-19.



CAPÍTULO III

Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo



Usos alternativos del fréjol torta (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: la lúdica, los juegos y el aprendizaje.

Eduardo Peralta Idrovo¹, Francisco Peralta Idrovo²
y Hernán Peralta Idrovo³

¹Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

²Docente, Facultad de Comunicación, Universidad Central, Quito, Ecuador;
lfperalta@uce.edu.ec

³Programa de Maestría en Educación, Universidad Indoamérica, Quito, Ecuador;
hernan.peralta@uasb.edu.ec

Resumen

Los criterios prevalentes de selección para la domesticación de las plantas han sido el comestible, el medicinal y del vestido; pero la historia con los fréjoles (*Phaseolus* sp.) en la región andina fue más allá, al usarlos también en actividades lúdicas, que integran los juegos y aprendizaje. En Ecuador, las diferentes especies de fréjol se constituyeron en un elemento de juego rural, citadino, escolar, juvenil, adulto y familiar, tanto en las poblaciones indígenas, afroecuatorianas y mestizas; lo cual fue favorecido por la alta variabilidad morfológica de estas especies. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) Recopilar la lúdica y los juegos tradicionales vinculados con las diferentes especies de fréjol en la región andina; 2) Profundizar en el conocimiento de las tortas (*P. lunatus*); y 3) Analizar la problemática de la conservación de *Phaseolus* spp. en Ecuador. Se realizaron encuestas en Ecuador, Perú y Bolivia. En Ecuador se identificaron 40 juegos diferentes, ocho en Perú y seis en Bolivia. En Ecuador, el mayor arraigo y tradición por los juegos con *Phaseolus* se observó en la provincia de Imbabura, región en donde aún se usa las tortas (*P. lunatus*). El aprendizaje de la aritmética básica, mediante el uso del fréjol, fue mencionado en los tres países, sin embargo, desaparecen a partir de la década de 1990, probablemente reemplazados por: i) juguetes artesanales, industriales, electrónicos y ii) por los cambios en el sistema educativo, con el uso del material multibase 10. Esta situación trae consigo un gran riesgo de erosión genética en *Phaseolus*, por lo que es necesario implementar estrategias de conservación, en particular en la provincia de Imbabura, en donde aún se practican estos juegos; así como promover otros usos alternativos de estas especies.

Palabras clave: fréjol perenne, hábito indeterminado, semillas grandes bicolors, juegos tradicionales.

Abstract

The prevailing selection criteria for domestication of plants have been around edible, medicinal, and clothing characteristics; nevertheless, the story with beans (*Phaseolus* spp.) in the Andean region went further, by also using them in recreational activities

that integrate games and learning. In Ecuador, the different species of beans became an important element within the fun time activities of rural, city, school, juvenile, adult, and family groups pertaining the indigenous, afro-ecuadorian and mestizo populations, which was favored by the high morphological variability of these species. The objectives of this research were: 1) Collect the ludic and traditional games related to the different species of beans in the Andean region; 2) Deepen the knowledge of the tortas (*P. lunatus*). with special emphasis on the province of Imbabura, Ecuador; and 3) Analyze the conservation problems of *Phaseolus* spp. in Ecuador. Surveys were carried out in Ecuador, Peru and Bolivia. Surveys were carried out in Ecuador, Peru, and Bolivia. In Ecuador, 40 different games were identified, eight in Peru and six in Bolivia. In Ecuador, the deepest tradition for the games with *Phaseolus* was observed in the province of Imbabura, a region where they are still practice by using mainly the tortas (*P. lunatus*). Learning basic arithmetic using beans was mentioned in all three countries. The learning of basic arithmetic, through the use of beans, was mentioned in the three countries, however, they disappear from the 1990s, probably replaced by: i) handmade, industrial, electronic toys and ii) by changes in the educational system, with the use of multi-based material 10. This situation involves brings with it a great risk of genetic erosion of *Phaseolus*, which implies to implement conservation strategies, particularly in the province of Imbabura, where these games are still practiced; as well as promote other alternative uses of these species.

Keywords: perennial bean, indeterminate habit, large bicolor seeds, traditional games.

Introducción

En Ecuador se cultivan y consumen cuatro de las cinco especies domesticadas de fréjol (*Phaseolus* sp.): *Phaseolus vulgaris* L. (fréjol, poroto), *Phaseolus lunatus* L. (tortas, pallares), *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus dumosus* Mac. (estas dos últimas especies conocidas como popayán) (Peralta, et al. 2019). El fréjol es el más cultivado en la región Sierra, en menor grado en la Costa y muy poco en la Amazonía y las islas Galápagos. Le sigue en importancia las tortas, las cuales son semi cultivadas y poco consumidas en la región serrana de Ecuador, pero muy apreciadas en provincias de la región costera como Manabí en donde las conocen como haba manaba, haba pallar o habichuela (Mendoza y Linzán 1992, 1993), todas de tipo indeterminado. En tercer orden de importancia están los popayanes, los cuales son conservados y consumidos en algunas poblaciones de la serranía ecuatoriana como Imbabura (Ramírez y Williams 2003). A diferencia del fréjol y las tortas, los popayanes no son especies nativas, sino que fueron introducidas desde Mesoamérica (FAO, 1992); esto podría explicar, en parte, su menor importancia con respecto a las dos primeras.

Debouck, en Peralta et al. 2019, menciona que en los Andes “las evidencias genéticas del proceso de domesticación del fréjol y de la torta arrancó hace 8.000 años antes del presente, en un contexto sin cerámica y sin metalurgia en sus dos primeros milenios y sin maíz durante el primer milenio”. Además, el mismo autor (2019) menciona que la cultura Moche en la costa norte del Perú (100-800 años d. C.) dejó su mundo pintado en vasijas de cerámica, haciendo mucha referencia al pallar, a tal punto que algunos estudiosos pensaron que se trataba de su modo de escritura; al respecto, Hocquenghem (1984) señala que los pallares en la iconografía moche forman parte de las escenas de carreras, de combates y de juegos.

En el caso de Ecuador, hasta la fecha no existe evidencia arqueológica del fréjol pallar, pero hay certidumbre de que el fréjol común fue parte de la alimentación de los antiguos habitantes del Reino de Quito, pues vestigios de sus semillas datadas en 895 antes del

presente fueron encontradas en 2006 en el Complejo Arqueológico Rumipamba, en el centro norte de la ciudad capital (Erazo 2013).

Al respecto de lo señalado por Hocquenghem (1984) de que los pallares en la iconografía moche forman parte de las escenas de juegos, Martínez-Castillo et al. (2022) mencionan que, al margen de los criterios principales de selección *per se* (como el comestible, medicinal, vestido, estimulante y bebidas), existen plantas donde el juego una actividad banal para un sector de la sociedad ha sido parte de la domesticación; y cita como ejemplo a los frijoles (*Phaseolus* sp.). Estos autores continúan y señalan que los frijoles, fréjoles o porotos, representan la legumbre de grano comestible más importante en la alimentación humana a nivel mundial; sin embargo, “a lo largo de la historia para algunas culturas nativas de América, al parecer estos cumplieron un rol más que alimentario”.

Martínez-Castillo et al. (2022) señalan que en el México prehispánico se practicó un juego llamado “patolli”, término que significa frijol, el cual era jugado entre el vulgo y también por los gobernantes y que en algunos países andinos existen evidencias recientes del uso de diferentes especies de fréjol como parte de un gran número de juegos, lo cual podría implicar que dicha actividad tuvo un papel importante en su domesticación, al menos en la selección de semillas de las especies usadas en estos juegos.

Debouck (1995), en la conferencia ofrecida en la V Reunión de Leguminosas de la Zona Andina (RELEZA V), organizada por el INIAP y el CIAT en Ibarra, Imbabura, Ecuador, cuyo título fue “Cuando los antiguos ecuatorianos estaban ocupados jugando con las tortas: apuntes sobre la domesticación del fréjol en el Ecuador”, en su exposición resaltó lo siguiente: “*Los antiguos pobladores ecuatorianos estuvieron ocupados domesticando otra leguminosa en vez del fréjol común: la torta (Phaseolus lunatus L.), pues estaban divirtiéndose, jugando con ésta y practicando la selección*”. Debouck, en el año 2019, en el prólogo del libro “Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia”, mencionó: “*A todo curioso sobre el origen de los alimentos le va a interesar este libro por una paradoja: el uso de plantas alimenticias para fines no alimenticios, y donde es menos esperado: la lúdica*”.

Lo que se desconoce hasta la fecha es desde cuándo los pobladores de los Andes de Ecuador, Perú, Bolivia, el noreste de Argentina y en Colombia jugaron con las semillas de las diferentes especies de *Phaseolus* cultivadas y consumidas en estos territorios. Incluso, es bastante probable que también hayan jugado con fréjoles los pueblos presentes en la parte de la Costa y la Amazonía ecuatorianas. Independientemente de este desconocimiento, en Ecuador (por lo menos entre los años de 1900 y 1980), el fréjol se constituyó en un elemento de juego rural, ciudadano, escolar, juvenil, adulto, familiar, en las poblaciones indígenas, afroecuatorianas y mestizas; así como también parece haber sucedido en otros países andinos (Peralta et al. 2019).

La gran variabilidad genética de *Phaseolus*, marcada por la riqueza morfológica de sus semillas, llevó a los pobladores andinos a jugar con ellos; esta variabilidad fue y sigue siendo un aspecto clave para su uso en la agricultura, en la alimentación, en los juegos y en el aprendizaje, en todos los países atravesados por la dorsal montañosa de los Andes.

Al respecto, las especies domesticadas de *Phaseolus* son (entre las plantas cultivadas a nivel mundial) las que presentan más variación de colores en los tegumentos o cubiertas de sus semillas, a lo que se suma el tamaño, la forma y el brillo de estas (Debouck 2019).

Cárdenas (1989), enfatiza en estas características, pues refiriéndose a *P. lunatus* en Bolivia, señala que “*Los pallares en nuestros valles son aplastados (palatus), hasta de 2 cm de longitud por uno de ancho, blancos puros o con manchas negras o pardas, y rojo lilacinos*”.

con uno de los bordes con estrías blancas y aún del todo negros; se los come tiernos en ensaladas y también usan los niños en sus juegos, siendo un palatu equivalente a dos chuis”.

Las colecciones ecuatorianas conservadas en el banco de germoplasma del Ecuador en custodia del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP) respaldan esta aseveración, pues allí se disponen de 2465 accesiones de fréjol común, 193 de tortas, 176 de *coccineus*, 7 de *polyanthus* y 292 de otras especies de leguminosas (Monteros-Altamirano et al. 2018). Así, en Ecuador, dependiendo de la variabilidad, se jugó en unas provincias más que en otras con las diferentes especies de fréjol: el juego en la provincia de Imbabura se mantiene con el uso de las tortas (Wiñay Kausay, 2018), mientras que en el sur de Ecuador se jugó más con el fréjol común (Peralta et al. 2019).

Para el desarrollo de este capítulo, los autores fueron motivados por agricultoras lideresas, cultivadoras de fréjol en el norte de Ecuador (Carchi e Imbabura 2016) para compilar los juegos con el fréjol al verlas jugar; idea que se fortaleció al recordar que también los autores jugamos con fréjoles entre amigos en la edad escolar y a la vez sirvieron para aprender las cuatro operaciones aritméticas. La presente investigación tuvo como objetivos principales: 1) Recopilar la lúdica y los juegos tradicionales vinculados con las diferentes especies de fréjol en la región andina; 2) Profundizar en el conocimiento de las tortas (*P. lunatus*); y 3) Analizar la problemática de la conservación de *Phaseolus* spp. en Ecuador.

Materiales y métodos

La recopilación de la información incluyó dos partes:

1) Una parte se recopiló entre el 2016 y 2019. Para esto, se estructuró una encuesta conteniendo nombres, edad, década en la que jugaron; localidad, parroquia, cantón, provincia, departamento, país; material genético y elementos con los que jugaron; relaciones de trueque o venta; número y nombres de los juegos practicados y la descripción de cada juego. Se estableció una muestra mínima de tres personas por provincia, departamento o país. Se entrevistaron a 85 personas en Ecuador, ocho en Perú y nueve en Bolivia, entre ellos amigos, exalumnos, familiares, agricultores, comerciantes y público en general, de manera personal, por teléfono y por medios electrónicos.

2) La segunda parte fue obtenida a través de una encuesta digital realizada en el año 2022, con respuestas desde los pueblos de Ibarra y Cotacachi de la provincia de Imbabura.

Resultados y Discusión

Los juegos en los Andes

En Ecuador se identificaron 40 juegos diferentes, ocho en Perú y seis en Bolivia. En Ecuador, los juegos más mencionados fueron siete: bomba, tres en raya, perinola y trompos, hoyo, pica, pares o nones y quiriminduña ¿cuántos serán? (Figura 1). El aprendizaje de la aritmética básica usando el fréjol fue mencionado en los tres países (Figura 2).

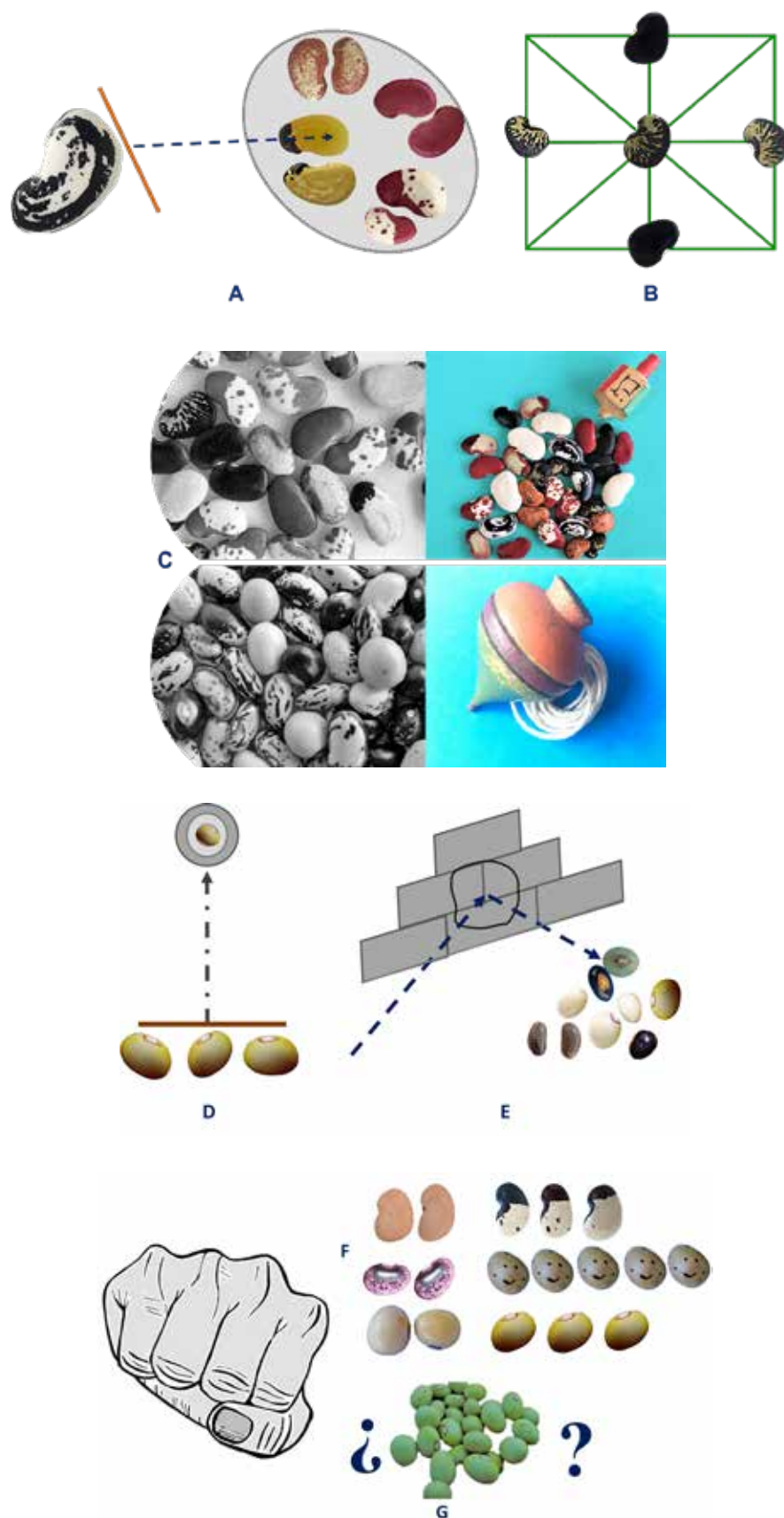


Figura 1. Siete juegos con fréjol más practicados en Ecuador: **A.** Bomba; **B.** Tres en raya; **C.** Perinola y trompo; **D.** Hoyo; **E.** Pica; **F.** Pares o nones; **G.** Quiriminduña. (Fotografía: E. Peralta).

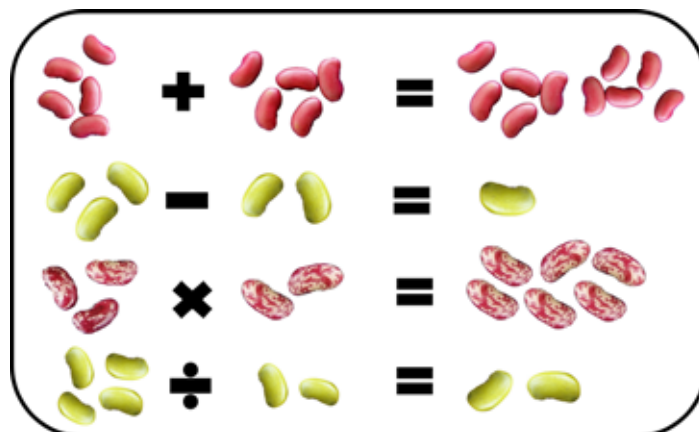


Figura 2. Las cuatro operaciones básicas, practicadas usando fréjoles en todas las provincias de la Sierra de Ecuador. (Fotografía: E. Peralta).

La diversidad genética de las especies de *Phaseolus* fue un factor decisivo en la inventiva y creación de los juegos con estos; donde el tamaño, la forma y la coloración contribuyeron a desarrollar diferentes formas de jugar, divertirse y entretenerse o calcular. Las Figuras 1 y 2 dan ejemplo de esta diversidad encontrada en los Andes. Un punto interesante por resaltar es que, para dar mayor trascendencia a los juegos practicados con fréjol, en algunos lugares de Ecuador se magnificó el valor de algunas semillas por su poca disponibilidad, a la vez que se establecieron formas y valores de trueque o intercambio (Figura 3).

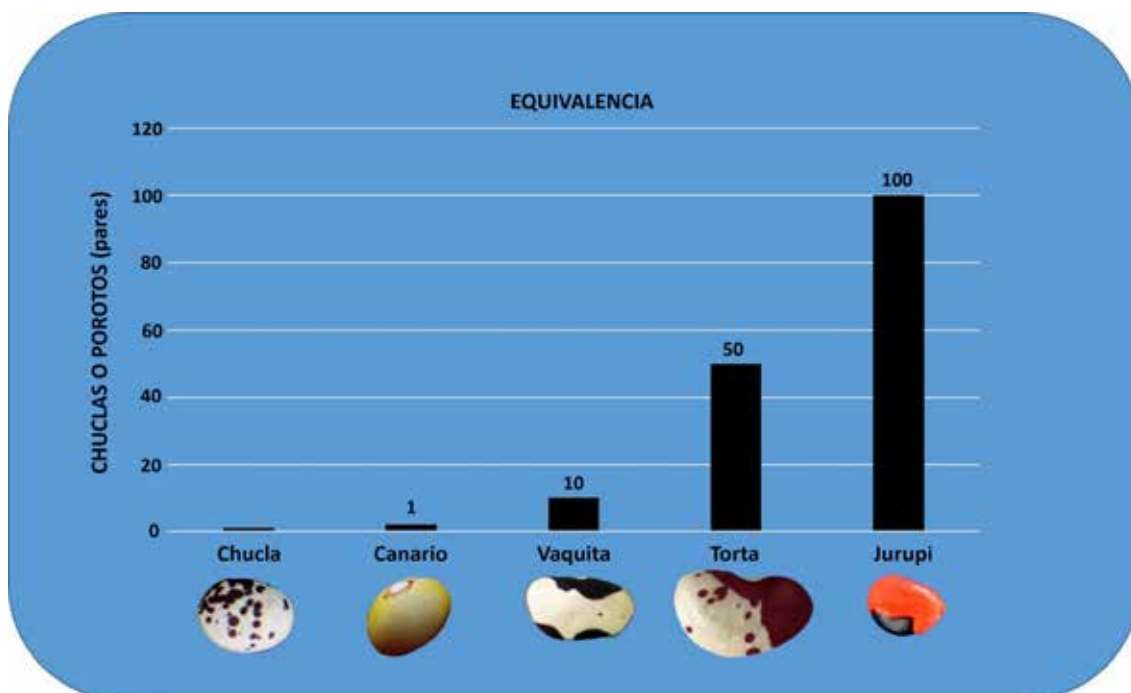


Figura 3. Una “chucla” o cualquier fréjol, equivalía a dos fréjoles amarillos “canario”; una vaquita a 10 pares de chuclas; una torta a 50 pares y un jurupi equivalía a 100 pares de chuclas. (Fotografía: E. Peralta).

De la investigación realizada por Peralta et al. (2019), se concluye que los juegos y aprendizaje de las cuatro operaciones aritméticas básicas usando los fréjoles, datan entre los años 1900 a 1920, por los testimonios recogidos a personas con una edad entre 90 a 92 años, pues ellos aprendieron los juegos de sus padres. A pesar de su gran importancia durante

mucho tiempo, los juegos desaparecen entre las décadas de 1980 y 1990 en casi todos los pueblos andinos, con excepción de la provincia de Imbabura; esto permite concluir que los juegos tienen una historia de por lo menos 100 años, con base en algunos testimonios. Estos mismos autores señalan que es probable que estos juegos fueron reemplazados por: i) juguetes artesanales, industriales, electrónicos y ii) por los cambios en el sistema educativo, con el uso del material multibase 10.

Las tortas en Imbabura

Imbabura es una provincia del Ecuador ubicada al norte de la región sierra o interandina, con territorios en el flanco de la cordillera occidental. Cuenta con una superficie de 4.611 km² y una población aproximada de 480.000 habitantes; distribuida en seis cantones: Ibarra, la capital, ubicada a 2.240 m s.n.m.; Cotacachi (2.360 m); Antonio Ante/Atuntaqui (2.240 m); Otavalo (2.460 m); Pimampiro (2.165 m) y Urcuquí (2.270 m). En la provincia se han identificado cuatro zonas agroecológicas: a) zona altoandina con cultivos de tubérculos, raíces andinas y cereales; b) zona media de clima templado (12 a 18 °C), donde predominan los cultivos de fréjol arbustivo, fréjol voluble o trepador, maíz suave, duro, frutales y hortalizas; c) la zona del valle cálido, con cultivos de fréjol arbustivo, frutales y hortalizas y d) la zona de estribación de cordillera con cultivos de plátano, yuca, maíz duro, fréjol arbustivo, caña de azúcar, café y ganadería (Gobierno Provincial de Imbabura GPI 2021; Calle 2016).

Los resultados de la encuesta implementada en el año 2022, en comunidades del cantón Ibarra y Cotacachi, permitió rescatar parte del conocimiento del cultivo y manejo de las tortas, el cual se resume a continuación:

- El cultivo de las tortas es una tradición transmitida de padres y abuelos; se cultivan o conservan las tortas desde hace 10 o 67 años, las cuales son sembradas en los linderos, quebradas o junto a los árboles usando una pala y poniendo 3 semillas por hoyo o sitio.
- Se conocen 15 variedades nativas, los entrevistados disponen entre cinco y 15 de tipo tortas.
- A las tortas, también se les identifica como pallares o vaquitas. A las variedades de semillas más grandes las conocen como katzas, tauka tauka wailla, raku tortas (nombres kichwas).
- Se consumen en grano tierno, para lo cual –como algunas son muy amargas–, antes de consumirlas observan si las aves silvestres pican las vainas tiernas.
- Una vez maduras las vainas realizan la cosecha y las semillas son destinadas a los juegos, a los que llaman juego de tortas, bomba, triquiñuelas, banquito, voluntario y perilla.
- Los juegos son muy tradicionales, practicados generalmente en el mes de mayo y juega la familia completa, tanto en sus casas como en las comunidades. El juego con las tortas sirve para desarrollar la creatividad y la psicomotricidad en los niños y la recreación entre los adultos.
- Las semillas secas son afectadas por el gorgojo (*Acanthoscelides obtectus* Say), por lo que son conservadas en fundas de tela o recipientes secos.
- Hay personas que no intercambian, pero hay otras que si lo hacen en la feria del Muyu Raimi en Cotacachi que se celebra cada año en el mes de agosto (Figura 4).

En Imbabura aún se conserva una alta diversidad de *Phaseolus* en las chakras, particularmente de las tortas (Figura 5). Al respecto, en el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP, de las 193 accesiones de tortas conservadas, 69 provienen de Imbabura y 5 de Manabí.



Figura 4. El Muyu Raymi o Feria de las Semillas se celebra en agosto de cada año en Cotacachi, Imbabura, liderada por la UNORCAC y el INIAP; es el momento para observar, adquirir o intercambiar, entre otras, semillas de tortas (Fotografía: E. Peralta, 2019, 2022).



Figura 5. Diversidad de tamaños, colores y formas observadas en las tortas cultivadas en Imbabura. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

Ramirez y Williams (2003), en referencia a la agrobiodiversidad de Cotacachi, mencionan que “las tortas o pallares, son porotos especiales cultivados por sus semillas grandes y aplanadas de colores y dibujos vistosos que se usan como piezas para juegos típicos”.

La diversidad genética de *Phaseolus* jugó un papel muy importante en el uso de estas especies en los juegos y el aprendizaje; esta no surgió por azar, sino que ha sido producto del manejo y selección de los productores (Figura 5, 6), quienes generaron su propio conocimiento alrededor de esta diversidad. En el caso de Imbabura y provincias cercanas, los pueblos Kichwas, dependiendo de los colores de las semillas y su parecido con los animales, les asignan diferentes nombres (Figura 7). Por ejemplo, una semilla de colores negro con amarillo y manchas blancas, se la conoce con el nombre quichua de huiracchuro o “wiruk churu”, nombres con los que se identifica también a un pájaro silvestre andino (*Pheucticus chrysogaster*); la torta de dos colores es conocida como “murungu” (blanco y negro, blanco y café); referente a un caballo y a una torta grande de color negro se la conoce con el nombre de “yana wakra”, es decir un toro adulto de este color.



Figura 6. Cultivo de tortas en Imbabura: **A.** Guardiana de semillas en Imantag, Cotacachi; **B.** Flores y vainas verdes; **C.** Vainas secas; **D.** Semillas maduras de la misma planta (Fotografía: E. Peralta).

1	Avanu	
2	Chapu	
3	Huiracchuro	
4	Katza	
5	Kustillas	
6	Lichi vaca	
7	Murungu	
8	Misi paya	
9	Pintado turu	
10	Puka chipi	
11	Puka wakra	
12	Sinchado turu	
13	Suku conejo	
14	Suku vaca	
15	Ukucha	
16	Yana chipi	
17	Yana wakra	
18	Quillu chumpi	
19	Wiruk chura	
20	Yurak	

Figura 7. Nombres kichwas y semillas de tortas de Imbabura y otras provincias, en donde se relacionan los colores de las semillas con los colores de los animales. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

Peralta et al. (2019), mediante entrevistas realizadas en Imbabura, identificaron 13 juegos diferentes practicados con los fréjoles comunes, popayanes y principalmente con las tortas. Los nombres de los juegos son los siguientes: el triquis, tres en raya o triqui-traca; la bomba o chunkana; el chulo; la ranfla; el banco; las cachas; el ennoque; los pares o nones; la perinola; el sapo; el viento o hueso; el churu o caracol y la pica y junto a estos el aprendizaje de las operaciones aritméticas. Los juegos con las tortas en los pueblos de Imbabura tanto citadinos como rurales, son practicados en la casa, el parque, la calle, la escuela, la cancha o en el campo. Juegan en los días de carnaval; en los meses de marzo y abril y con énfasis el 3 de mayo, el día de la cruz cristiana para la población mestiza católica y el día de la Chakana

o Cruz del Sur, símbolo sagrado de los pueblos andinos originales. Entre otros datos de interés relacionados está que son las mujeres las guardianas o cuidadoras de las semillas o tortas, quienes conservan celosamente las mismas hasta la próxima temporada de juegos. También, las personas de edad avanzada convocan a una reunión a sus hijos y nietos para repartir una porción de tortas a cada uno, como herencia, recomendando cuidar de ellas y seguir jugando. A continuación, describimos los tres juegos que más frecuentemente se practican hoy en día en Imbabura.

1. Triquis, tres en raya o triqui-traca.

Este juego consiste en trazar una figura sobre madera, cartón, papel o en el piso, usando marcadores, madera, carbón vegetal o piedras; con dos líneas horizontales cruzadas por dos verticales del mismo tamaño, que dan lugar a nueve celdas o casillas. Otra figura semejante consiste en tres líneas verticales cruzadas por tres horizontales y dos líneas oblicuas desde sus extremos, formando un cuadrado y dando lugar a nueve puntos de encuentro de estas. Los dos jugadores – hombres y/o mujeres – una vez que acordaron la apuesta en pares de tortas y quién inicia el juego; el primero coloca una torta en el punto central de encuentro de las líneas, enseguida el segundo jugador hace lo mismo en puntos laterales; el contrincante juega y coloca una torta del mismo color o tamaño en el mismo sentido o línea, el otro jugador se interpone con su torta para bloquearlo colocando a esta en el intermedio; hasta que uno de ellos con astucia, sagacidad, ligereza y viveza mental logra colocar sus tres tortas en línea y gana el juego (Figura 8).

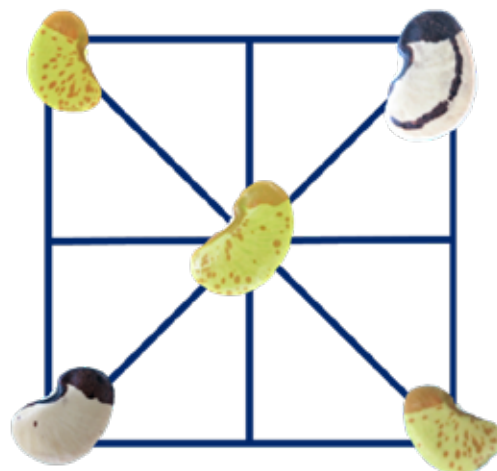
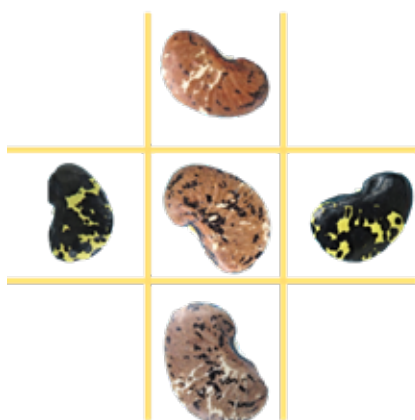


Figura 8. Dos maneras de jugar el tres en línea o triqui traca. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

2. La bomba o chunkana

Para este juego se inicia trazando un círculo en el piso o suelo, para lo cual usan una tiza, carbón o madera para rayar. El diámetro puede variar entre 50 cm a 1 m. Juegan entre dos o más jugadores (hombres, mujeres, adultos, jóvenes o niños) quienes acuerdan la apuesta, es decir cuántos pares de tortas se colocarán por cada uno dentro del círculo, como también la distancia desde donde se lanzará la semilla más grande o “katzá”, que puede ser muy cerca al círculo o hasta dos metros de distancia. El primer jugador que lanza trata con su semilla de golpear a las tortas que están dentro del círculo para sacarlas fuera de este, si lo logra gana esta o estas tortas y sigue lanzando mientras siga sacando, de otra manera cede el turno al siguiente y así sucesivamente hasta sacar todas las tortas del círculo (Figura 9).

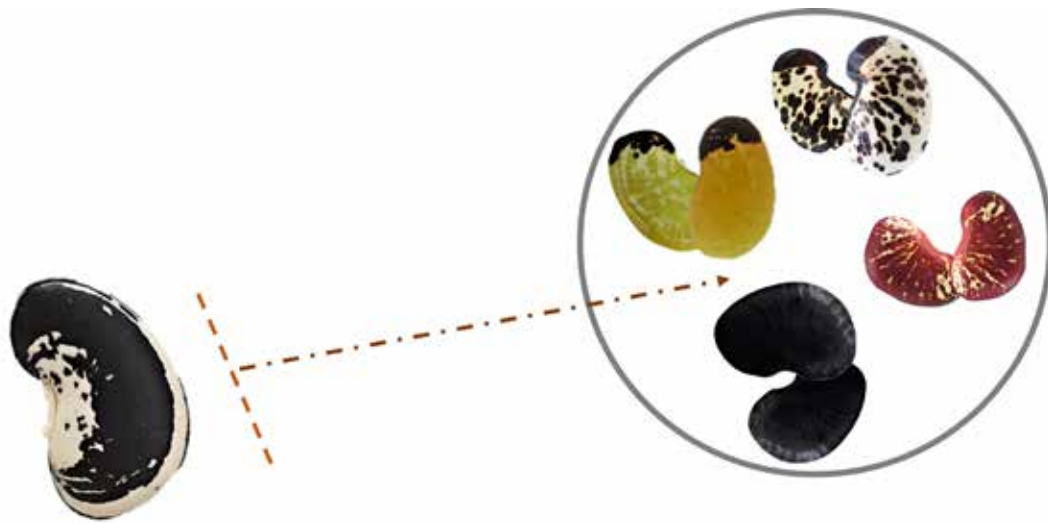


Figura 9. Ilustración del juego de la bomba o chunkana. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

3. La perinola y las tortas, kaspí piruru

En este juego pueden participar más de dos jugadores, tanto hombres como mujeres, jóvenes y niños. Para esto hay que disponer de una perinola de cuatro o seis lados, que son generalmente elaboradas en madera, y cada uno con su bolsa de tortas de todos los colores y tamaños. En la perinola de cuatro lados, cada lado viene marcado con una letra mayúscula: P=poner, T=todo, S=sacar, D=dejar; a diferencia de la perinola de seis lados que tiene grabado lo siguiente: T=tukuy=todo, SH=shuyay=espera, LL=lluckchi=saque, TCH=tukuylla churaychick=pongan todos, CH=churay=ponga y S=saki=deja. La perinola de cuatro lados es de uso frecuente en la población mestiza, mientras que la de seis lados es en la población indígena. Una vez puestos de acuerdo, quién juega primero y el número de pares de tortas a apostar, el jugador tomando la perinola por su cabeza entre los dedos pulgar e índice, hace bailar o girar a la misma sobre el piso o la mesa de juego y dependiendo del lado que se detenga, el jugador ejecuta la orden marcada en ella. Juegan alternadamente y gana quien más veces logra que la perinola marque T=tukuy=todo (Figura 10).



Figura 10. Perinola de cuatro lados y variabilidad de tortas para las apuestas, siempre por pares. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

Algunas razones del por qué persisten los juegos tradicionales con fréjoles en Imbabura y no en otras regiones de Ecuador pueden ser las siguientes:

- a) Los juegos con las tortas están arraigados a la cultura y tradiciones de los pueblos de Imbabura.
- b) Con el sincretismo cultural entre lo religioso católico y la cosmovisión andina, el juego de las tortas coincidentalmente lo han relacionado con la Santa Vela Cruz, que es el 3 de mayo. De esta manera, para cerrar la época del juego de tortas, en la casa donde se velaba la Cruz de Cristo se instalaba el juego de las tortas para entretenimiento de los acompañantes y que no se duerman, mientras el dueño de casa atendía con comida y bebida (Wiñay Kausay 2018).
- c) Los juegos se mantienen en la población, tanto mestiza como indígena, constituyendo un legado cultural de padres a hijos, generación tras generación (Figura 11).
- d) Se observa una conciencia generalizada en la población de esta provincia sobre la importancia de conservar la diversidad genética de sus cultivos, principalmente del fréjol y el maíz; lo que se perdió en las demás provincias del país.
- e) El INIAP, la Asociación de Educadores Ambientalistas de Cotacachi-ASEAC y la Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi-UNORCAC, desde el año 2003 han implementado actividades de educación en agrobiodiversidad como parte del aprendizaje escolar a nivel rural con el uso de la diversidad local, entre ellas las tortas como medio de enseñanza y rescate de los juegos (Sáenz, P. et al. 2009).



Figura 11. Jóvenes, adultos y niños participando del aprendizaje y los juegos tradicionales con fréjol torta en Otavalo, Imbabura (Fotografía: Sairi Cáceres, 2019, 2020).

Conservación de las especies de *Phaseolus* en Ecuador

Las diferentes especies de *Phaseolus* no están libres de una gamma de plagas y enfermedades. En el caso particular de las semillas, un insecto plaga observado en las tortas de Imbabura es el gorgojo (*Acanthoscelides obtectus* Say) (CIAT 1988), el cual puede causar un daño total a las simientes destinadas a la siembra, a los juegos y a otros fines (Figura 12).



Figura 12. Daños en granos de fréjol torta causados por el gorgojo (*A. obtectus* Say), especie presente en zonas templadas como Imbabura. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

De otra parte, observaciones directas realizadas por el autor principal en las dos últimas décadas, confirman la sustitución del fréjol común (*P. vulgaris*) de habito trepador o voluble (en áreas que se asocian con el maíz en la Sierra), por el fréjol popayán (*P. coccineus*); una de las razones está relacionada con la resistencia de esta segunda especie a las enfermedades como resultado de las lluvias frecuentes. En 2019, una situación similar se observó en localidades de las provincias del Azuay y Cañar. Así, el fréjol popayán está pasando a ser parte de los sistemas de producción como una alternativa al fréjol común, ya que su cultivo permite una cosecha más segura. Esta situación debe ser confirmada por los especialistas en el manejo de la agrobiodiversidad y así generar estrategias de conservación de las variedades nativas de fréjol antes de que estas terminen por desaparecer.

En el caso de las tortas, hasta hace ocho décadas estas estuvieron presentes en todos los territorios de la Sierra ecuatoriana; sin embargo, hoy en día difícilmente se les localiza en Ecuador excepto, como ya se señaló, en la provincia de Imbabura (Peralta et al. 2019, 2022). Esto sugiere la existencia de un grave problema de erosión genética en esta especie, por lo que su conservación *in situ* implica un gran reto para las organizaciones campesinas de Imbabura, como la UNORCAC o la Asociación de Jóvenes Kichwas de Imbabura (AJKI). Al respecto del uso de *Phaseolus* en los juegos tradicionales de los Andes, y particularmente con las tortas en Imbabura, Martínez-Castillo, et al (2022), señalan que “... si entendemos que, como proceso evolutivo, la domesticación de plantas implica un inicio (la selección de germoplasma silvestre...) y también un fin (la extinción de variedades...), esto nos permite reconocer la gran necesidad de llevar a cabo esfuerzos de colecta y conservación no solo de las especies de frijol de la región Andina... independientemente de los fines para las cuales fueron domesticadas”. Sin duda, la academia debe de jugar un rol importante y apoyar para generar estrategias de conservación y evitar la erosión genética de esta invaluable riqueza biocultural que incluye no solo la diversidad genética de *P. lunatus* usada en la alimentación, sino también en los juegos tradicionales.

Uso alternativo de las tortas

Además del uso de las tortas y otras especies de *Phaseolus* en los juegos tradicionales de los Andes, existen otros usos potenciales que deben ser explorados. Un profesor del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en Costa Rica, en 1995, al referirse a la conservación de los recursos fitogenéticos señaló que: “*A mayor uso, mayor conservación*”. Tomando en cuenta esto, el autor principal ha venido trabajando en la búsqueda de usos alternativos de las semillas de tortas; en el año 2022, al disponer de un buen número de las variedades de tortas que se cultivan en Imbabura, con semillas de tamaño mediano a grande y de colores diferentes, está promoviendo un emprendimiento de “joyería artesanal”. Con las técnicas de bisutería y el uso de la resina sintética busca generar otra alternativa de uso y así propender a una mayor conservación de la especie (Figura 13), que muy bien podrían ser adoptadas por artesanos de los pueblos de Imbabura para generar fuentes de trabajo e ingresos y a la vez conservar la especie.



Figura 13. Productos de bisutería, utilizando las tortas como elemento principal del adorno; elaborado por Roxana Terceros, Quito, 2022. (Fotografía: E. Peralta).

Conclusiones

Las semillas de las cuatro especies de *Phaseolus* en los Andes han sido usadas en la agricultura, la alimentación, la lúdica, los juegos y el aprendizaje de las cuatro operaciones básicas practicadas en escuelas y hogares. El reemplazo del uso de las tortas como elemento de juego y lúdica se limita en la década de los 80's y 90's siendo sustituidas por otros elementos para jugar producidos en serie y de diferentes materiales industriales.

Esta situación no solo representa un gran riesgo de erosión genética, sino también una erosión cultural y social, cuando la lúdica y el juego son parte importante del desarrollo del ser humano (como individuo y como grupo social).

Las tradiciones locales como el festejo de la cruz cristiana y de la chacana o cruz del sur, practicado tanto en poblaciones mestizas como indígenas, ha permitido mantener la diversidad en territorio, así como las costumbres ligadas a la semilla, aspectos que son visibilizados en la provincia de Imbabura, por lo que debería ser considerado como parte del patrimonio cultural del Ecuador y de la humanidad, además de fortalecer la conservación *in situ*.

En algunas comunidades de Imbabura el fréjol torta es cosechado en estado tierno para ser usado como parte de la alimentación y en estado seco para semilla y los juegos tradicionales.

Recordemos algunas frases relacionadas con la lúdica y el juego: “El juego infantil, con sus tradiciones y sus reglas, constituye un auténtico espejo social. Huamán J. 2017”; “El juego es vital, condiciona un desarrollo armonioso del cuerpo, de la inteligencia y la afectividad. Vicuña L. 2017”; “A través de los juegos y de su historia se lee no solo el presente de las sociedades sino el pasado mismo de los pueblos”; “Una parte importante del capital cultural de cada grupo étnico reside en su patrimonio lúdico, enriquecido por las generaciones sucesivas, pero amenazado también a veces de corrupción y extinción. Ríos L. 2017”.

Recomendaciones

Es importante realizar investigaciones de tipo agronómico, genético, nutricional, gastronómico y plantear proyectos y programas para promocionar el uso de la especie por su adaptación al cambio climático, la importancia en la alimentación y el uso social. A la vez, planificar actividades que permitan la caracterización de las accesiones del Banco de Germoplasma y la conservación de aquellas variedades que corran más riesgo de desaparecer frente el ataque de insectos plaga como el gorgojo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jaime Martínez e Iván Reinoso por su revisión y sugerencias preliminares en la redacción del texto, como también a los Revisores.

Referencias

- Arroyave, J. 1987. Maíz-Haba, una asociación para el valle del río Portoviejo. Boletín divulgativo N°. 196. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador. 5 p.
- Calle, D. 2016. Identificación y caracterización de los sistemas de comercialización primarios de la producción agropecuaria de agricultura familiar campesina en la provincia de Imbabura. Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. pp. 23, 24.
- Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. 2ª edición. Enciclopedia Boliviana. La Paz, Bolivia. pp. 108.
- CENTRO INTERNACIONAL de AGRICULTURA TROPICAL. 1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Aart van Schoonhoven; César Cardona; Jorge García. Producción: Héctor F. Ospina, Carlos A. Valencia, Cali, Colombia. 45 p. Tercera edición.
- Debouck, D. 2019. Prólogo. En: Lúdica y juegos con fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.
- Debouck, D. 1995. Cuando los antiguos ecuatorianos estaban ocupados jugando con las tortas: apuntes sobre la domesticación del fréjol en Ecuador. Unidad de Recursos Genéticos. CIAT, Cali, Colombia. Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano de la Zona Andina, RELEZA V. INIAP, PROFRIZA, COTESU, CIAT. Ibarra, Ecuador. pp. 35-36.
- Erazo, R. 2013. Fechas calibradas de maíz y fréjol, periodo de integración, yacimiento arqueológico Rumipamba, Quito. Revista No 5. Evidencia Ancestral. La otra historia. Quito, Ecuador. pp. 33-42.
- Gobierno Provincial de Imbabura-GPI. 2021. Diagnóstico y Propuestas de Estrategias Sostenibles para mejorar las Unidades Productivas Agropecuarias Familiares Campesinas de Imbabura. Ibarra, Ecuador. pp. 15-20.
- Hocquenghem, A-M. 1984. El hombre y el pallar en la iconografía Moche. En: Antropológica del Departamento de Ciencias Sociales. Vol. 2. N°. 2. Separata. Pontificia Universidad Católica del Perú. pp. 405.
- Martínez-Castillo, J., Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H., León, M. 2022. El papel del juego en la domesticación de las plantas. Herbario CICY. 14. Centro de Investigación Científica de Yucatán. A.C. Mérida, México. pp. 168-173.
- Mendoza, H. y Linzán, L. 1993. INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. Plegable No. 132. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador.

- Mendoza, H. y Linzán, L. 1992. INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano. Plegable No. 124. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador.
- Monteros-Altamirano, A., Tacán, M., Peña, G., Tapia, C., Paredes, N., Lima, L. 2018. Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador. Protocolos. Publicación miscelánea No 432. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos. Mejía, Ecuador. pp. 83.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. 1992. CULTIVOS MARGINADOS otra perspectiva de 1492. Producción y protección vegetal N°. 26. Editado por J. Hernández y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba, España. Roma, Italia. pp. 46, 48, 57.
- Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H. 2022. Uso social del fréjol torta: lúdica y juego en Suramérica. En: Memorias del II Simposio Internacional sobre el Fréjol Lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante Escenarios de Cambio Climático. Instituto de Etnociencias de la Universidad Central del Ecuador y Centro de Investigación Científica de Yucatán. A. C. México. Quito, Ecuador. pp. 16-17.
- Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H. 2019. Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.
- Ramírez, M., Williams, D. 2003. Guía Agro-culinaria de Cotacachi, Ecuador y sus alrededores. IPGRI-Américas. Cali, Colombia. pp. 30, 31.
- Sáenz, P., Nicklin, C., Williams, D. 2009. Guía para Profesores/as Rurales sobre el tema de Agrobiodiversidad. Sembrando semillas de reflexión y esperanza. Asociación de Educadores Ambientales de Cotacachi-ASEAC, UNORCA, INIAP. Quito, Ecuador. 86 p.
- Wiñay Kawsay. 2018. Ñawpa pukllaykuna. Juegos tradicionales. Revista intercultural. Edición especial. Otavalo, Ecuador. 24 p.
- <https://issuu.com/jhanetnelyhuamaniperez/docs/literatura>
- <https://1library.co/document/z1d155vz-taller-verbales-desarrollo-expresion-ninos-laurita-vicuna-huanuco.html>
- <https://es.studenta.com/content/116768039/rios-laura-2017-ludopedagogia-escolar-planetaria>
- https://issuu.com/eduardoperaltai/docs/2.201_c3_9adica_20y_20juegos_20fr_c3_89jol_20u.2/



CAPÍTULO IV

Fotografía: Eduardo Peralta Idrovo



Fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: calidad nutricional y potenciales beneficios para la salud humana.

Elena Villacrés¹, María Belén Quelal², Javier Álvarez³ y Eduardo Peralta⁴

^{1, 2, 3} Investigadores del Departamento de Nutrición y Calidad, E. E. Santa Catalina, INIAP, Mejía, Ecuador; elena.villacres@iniap.gob.ec; maria.quelal@iniap.gob.ec; javier.alvarez@iniap.gob.ec

⁴ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

Resumen

Phaseolus lunatus L. es una leguminosa que crece en ambientes tropicales, tanto en el trópico húmedo como en el seco. En Ecuador, las variedades tipo “pallar” de color blanco, en estado tierno o maduro, son utilizadas en la alimentación humana; sin embargo, las variedades con granos de otros colores no han sido lo suficientemente caracterizadas, ni utilizadas. En este contexto, se realizó la caracterización química de 15 variedades de *P. lunatus* (9 conocidas como fréjol torta y 6 conocidas como pallares, haba manaba o habichuela), con el fin de fomentar su uso y consumo como componente de una alimentación saludable. En la composición proximal se determinó que los componentes mayoritarios de esta leguminosa son los carbohidratos totales, mismos que variaron entre 57,05 a 66,53 g/100 g bs. En orden de concentración sigue la proteína total, cuyo mayor contenido lo presentó IM-008 Rosa Jaspeado, con 29,55 g/100 bs. En general, se determinó que los granos son ricos en fibra dietética insoluble, que alcanzó hasta 21,28 g/100 g bs en el pallar MA.04 de hoja puntada. Los minerales calcio y magnesio se presentaron en mayor concentración en las variedades tipo pallar, mientras que el hierro sobresalió en la variedad tipo torta IM-010 negro, con 7,84 mg/100g. Contrastando con este perfil nutricional se determinaron numerosos anti nutrientes, con predominio de los tiocianatos en la variedad tipo torta IM-010, con 48,48 mg/100 g y el ácido fítico en la variedad tipo torta IM-009 negro-dorado, con 9,48 mg/g; estos valores sugieren la necesidad de procesar los granos antes de su consumo para eliminar o disminuir gran parte de los anti nutrientes naturalmente presentes en los granos de esta especie.

Palabras clave: proteína, carbohidratos, anti nutrientes, ácido fítico, tiocianatos.

Abstract

Phaseolus lunatus L. is a legume that grows in tropical environments, both in the humid and dry tropics. In Ecuador, the white “pallar” type varieties, in a tender or ripe state, are used for human consumption; however, the varieties with grains of other colors have not been sufficiently characterized or used. In this topic, the chemical characterization

of 15 varieties of *P. lunatus* (9 known as torta beans and 6 as pallares, manaba or string beans) was carried out, in order to promote their use and consumption as component of a healthy diet. Proximal composition showed that the main components of this legume are total carbohydrates, which varied between 57.05 to 66.53 g/100 g bs. In order of concentration follows the total protein, whose highest content presented IM-008 heather pink color, with 29.55 g/100 bs. In general, it was determined that the grains are rich in insoluble dietary fiber, which reached up to 21.28 g/100 g bs in MA.04 pallar bean with pointed leaf. The minerals calcium and magnesium presented higher concentration in the pallar-type varieties, while iron predominated in the IM-010 black torta-type variety, with 7.84 mg/100g. Contrasting with this nutritional profile, numerous antinutrients were determined, with a predominance of thiocyanates in the torta-type variety IM-010, with 48.48 mg/100 g, and phytic acid in the torta-type variety IM-009 black-gold, with 9.48 mg/g. These values suggest the need to apply processes to the grains before consumption in order to eliminate or reduce the antinutrients naturally present in this species.

Key words: protein, carbohydrates, anti-nutrients, phytic acid, thiocyanates.

Introducción

Las leguminosas son una familia botánica que se caracteriza por su fruto en forma de legumbre, donde se alojan las semillas; se diferencian de las oleaginosas por su bajo contenido en grasa. En alimentación humana y animal se utilizan hasta 150 especies de leguminosas de las cuales, las más relevantes para el consumo humano, son los frejoles (*Phaseolus* spp.), las lentejas, las arvejas, los garbanzos y las habas. Algunas leguminosas se consumen en verde aprovechándose el grano tierno y la vaina (habas y frejoles tiernos); otras se secan, se desprenden de la vaina y los granos se consumen una vez rehidratados y cocidos (Duranti, 2006). En el caso particular del fréjol, en Ecuador se cultivan y consumen cuatro de sus cinco especies domesticadas: *Phaseolus vulgaris* L. (fréjol común), *Phaseolus lunatus* L. (tortas), *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus dumosus* Mac. (popayán). A nivel mundial, *P. vulgaris* es la especie más consumida de fréjol, siguiendo en orden de importancia *P. lunatus*.

Phaseolus lunatus es una especie herbácea anual o perenne que se cultiva desde el norte de México hasta el Sur de Chile, en áreas cálidas y templadas. En Ecuador es conocida con diferentes nombres (dependiendo de la variedad considerada): fréjol torta, haba pallar, haba de Lima y fréjol mantequilla. Su cultivo tiene un potencial agronómico en condiciones tropicales de sequía o exceso de humedad con rendimientos que superan los 2580 kg/ha (Chel-Guerrero et al. 2002). Esta especie, al igual que otras leguminosas, es una fuente esencial de proteínas y aminoácidos de origen vegetal para la población, por lo que es recomendado su consumo como parte de una dieta saludable para combatir la obesidad, prevenir y ayudar a controlar enfermedades como la diabetes, las afecciones coronarias y el cáncer (Anderson et al. 2002). La importancia de esta especie radica en varios aspectos: 1) desde el punto de vista económico, su cultivo representa una fuente de ocupación e ingreso; 2) es un cultivo tradicional ya que, al igual que otros cultivos como el maíz y la papa, ha acompañado al poblador ecuatoriano a partir del momento en que nació la agricultura, por lo que se puede considerar como un factor de identificación cultural; 3) es una fuente importante de nutrientes como las proteínas, vitaminas, fibra, carbohidratos y compuestos beneficiosos con efecto protector en el desarrollo de enfermedades como algunos tipos de cáncer, hipercolesterolemia, diabetes y osteoporosis (Pérez-Hidalgo et al. 1997).

En Ecuador, las variedades de *P. lunatus* conocidas como “habas pallar”, cuyos granos son de color blanco, en estado tierno con una humedad del 60% o maduro con una humedad del 14%, presentan bajo contenido de anti nutrientes y son utilizadas en la alimentación humana en las provincias de Manabí, Los Ríos y otras del litoral ecuatoriano; los pallares de tamaño mediano o grande tienen potencial para ser comercializados a nivel de la sierra, presentan un gran potencial agroindustrial y en países como Estados Unidos el grano tierno se comercializa como producto enlatado. Por otro lado, el grano seco de las variedades de otros colores (monocolor o bicolor) es amargo, debido a la presencia de saponinas, alcaloides, tiocianatos y otros anti nutrientes. En la provincia de Imbabura, las semillas secas son utilizadas no solo en la alimentación sino también en los juegos tradicionales (Peralta et al. 2022) y podrían ser usadas para la extracción de proteínas de cuya hidrólisis resultan péptidos para uso cosmetológico (Gallegos et al. 2013) y para la elaboración de insecticidas (Blanco-Labra y Aguirre-Mancilla 2002).

El calentamiento atmosférico está alterando la duración de la estación de crecimiento, afectando con ello las épocas de floración y cosecha de los cultivos. Las variaciones de las temperaturas y de las estaciones de crecimiento también podrían afectar la proliferación y propagación de algunas especies, como insectos, malas hierbas invasoras, o de enfermedades, todo lo cual podría afectar a su vez a las cosechas. Parte de estas posibles pérdidas se podrían compensar con prácticas agrarias como la rotación de cultivos para adaptarlos a la disponibilidad de agua, ajustar las épocas de siembra a las pautas de temperatura y precipitación y utilizar variedades de cultivos más adecuadas a las nuevas condiciones como *P. lunatus*, que es una especie más resistente al calor y a la sequía. Igualmente, debido al cambio climático y la competencia por recursos escasos, es necesario transformar todo el sistema alimentario, aumentando la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, reduciendo constantemente los impactos ambientales, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo los residuos alimentarios y el consumo de alimentos intensivos en la explotación de recursos como la carne y facilitando el acceso a alimentos de valor nutricional como *P. lunatus*. Esta especie es una importante fuente de diversidad genética que no ha sido lo suficientemente estudiada en Ecuador desde el punto de vista nutricional y funcional. Bajo este contexto el presente trabajo se realizó con el fin de determinar los compuestos nutricionales, anti nutricionales, funcionales y capacidad antioxidante, con potencial para fomentar una alimentación saludable.

Materiales y Métodos

Materiales

Las semillas de varios colores de fréjol torta o pallar (*P. lunatus*) utilizadas en esta investigación provienen de una colección realizada en la provincia de Imbabura con fines de lúdica y juegos (Peralta 2021); las de grano de color blanco mediano y pequeño fueron colectados en mercados de la provincia de Manabí (Zambrano 2022) y la de color blanco y tamaño grande (proveniente del Perú) se adquirió en un mercado de Rumiñahui en Pichincha (Peralta 2019). Los fenotipos de estas semillas se presentan en el Anexo 1.

Métodos

Composición proximal: Para los análisis se aplicaron las siguientes metodologías estandarizadas de la *Association of Official Analytical Chemistry* (AOAC): humedad (925.09), proteína (Nitrógeno total 6.25) método (955.39), grasa (920.39), fibra dietética (991.43) y cenizas (942.05). El contenido de minerales fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica en un espectrofotómetro AA-7000 (Shimadzu, Kyoto, Japón) siguiendo el método de la AOAC 985.35.

Fenoles totales: La determinación de polifenoles totales se realizó aplicando el ensayo colorimétrico de Folin-Ciocalteu, el cual se reduce produciéndose una coloración azul con una amplia absorción de luz a una longitud de onda de 765 nm, la intensidad de absorción de la luz es proporcional a la concentración de fenoles (Waterhouse 2002).

Capacidad antioxidante: La determinación de la capacidad antioxidante se realizó con base al radical estable denominado 2,2'-azinobis (3-3tilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico), más conocido como radical ABTS, el cual se reduce por la presencia de compuestos antioxidantes, en comparación con un antioxidante estándar denominado Trolox. El persulfato de potasio propicia la aparición del compuesto coloreado (verde azulado) ABTS+, el cual presenta un máximo de absorbancia de 734 nm (Pellegrini 1999).

Fibra dietética total: El contenido de fibra dietética total fue determinado en las muestras deshidratadas y desengrasadas. Las muestras fueron sometidas a ebullición cocidas a 100 °C con α -amilasa, para gelatinizar, hidrolizar y despolimerizar el almidón. Luego se incubaron a 60 °C con proteasas (para solubilizar y despolimerizar la proteína), luego se añadió amiloglucosidasa (para hidrolizar fragmentos de almidón a glucosa), se añadió 4 volúmenes de etanol para precipitar la fibra soluble y eliminar la proteína despolimerizada. El residuo fue filtrado, lavado con etanol al 78 %, luego con etanol al 95 y acetona (AOAC 991.43, AOAC 985.29).

Anti nutrientes

Nitratos: Se utilizó el método de ácido salicílico de Cataldo et al (1975) con modificaciones (INIAP, 2014). Previamente se molió la muestra y se tamizó a través de una malla N.º 40 con un diámetro de poro de 0,422 mm. Se pesó 2,5 g de muestra en un erlenmeyer y se añadió 10 mL de solución extractora (K_2SO_4 , 0.34M). Seguidamente se agitó por 10 min, se centrifugó en una centrifugadora *International Centrifuge*, por 10 min a 350 rpm. A continuación, se filtró utilizando un papel filtro Whatman #1. Luego en un vaso de precipitación de 50 mL se mezclaron 0.5 mL del filtrado con 1 mL de ácido salicílico al 5%. Después se dejó reposar 5 min y se añadió 10 mL de NaOH 4N, mezclando vigorosamente. Finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se realizaron las lecturas en un Espectrofotómetro UV- Visible (Thermo Fisher Scientific 201 Evolution, Madison, WI USA) a una longitud de onda de 410 nm, y con software Insight.

Tiocianatos: Los tiocianatos provienen de la hidrólisis de los glucosinolatos. Se realizó la determinación espectrofotométrica como tiocianato férrico (III), bajo las siguientes condiciones: un kit con solución neutra, conteniendo ácido clorhídrico a una concentración del 10-25%, longitud de onda 470 nm, tiempo de reacción 0 min, temperatura 20-25°C.

Taninos: El contenido de taninos fue medido por el método AOAC 952.03 (1964) con modificaciones. Previamente se molió la muestra y se tamizó a través de una malla N° 40 con un diámetro de poro de 0,422 mm. Se pesó 1 g de muestra y se extrajo la grasa durante 8 horas con hexano grado técnico. Luego se colocó en ebullición el residuo durante 1 hora con 100 mL de agua destilada. Después se dejó enfriar, se filtró y se aforó a 100 mL. Se tomó una alícuota de 5 mL del filtrado en balones de 100 mL, se añadió 2 mL de reactivo Folin-Denis, 5 mL de solución de carbonato de sodio saturado y se aforó a 100 mL con agua destilada. Se dejó reposar por 30 minutos para que ocurra la reacción y se realizaron las lecturas en un Espectrofotómetro UV- Visible (Thermo Fisher Scientific 201 Evolution, Madison, WI USA) a una longitud de onda de 680 nm.

Alcaloides: La concentración de alcaloides se determinó aplicando el método de Von Baer (1979) con modificaciones (Villacrés et al. 2020a). Previamente se molió la muestra y se tamizó a través de una malla N.º 40 con un diámetro de poro de 0,422 mm. Se pesó 0,2 g de muestra en un tubo cónico de centrifuga, a continuación, se agregaron 0,6 g de óxido de aluminio y se añadió 0,2 mL de KOH al 15%, se mezcló bien hasta tener una pasta homogénea. Seguidamente se agregaron 6 mL de cloroformo y se centrifugó por 10 minutos a 3.500 rpm, luego se recibió la fase clorofórmica en vasos de precipitación de 50 mL, provistos de embudos con algodón en la base del cono. Se repitió las extracciones por 10 veces más, se recogieron los lavados y se evaporaron con calor suave a 40°C sin llegar a sequedad dejando en la etapa final 1 mL. Se agregó 5 mL de H₂SO₄ 0.01 N y dos gotas de rojo de metilo, finalmente se tituló el exceso de ácido con NaOH 0.01N.

Actividad Ureasa: La actividad ureasa se determinó aplicando el método AACC 22-90, (2000). Previamente se molió la muestra y se tamizó a través de una malla N.º 40 con un diámetro de poro de 0,422 mm. Se pesó 0,2 g de muestra en un tubo de ensayo, luego se añadió 10 mL de solución de urea y se mezcló el conjunto. A continuación, se preparó el blanco, para lo cual se pesó 0,2 g de muestra en un tubo de ensayo, seguidamente se añadió 10 mL de una solución buffer fosfato 0.05 M. Luego se colocaron los dos tubos (blanco y muestra) en un baño maría Sybron a 30 °C, se agitó cada 5 min durante el periodo de digestión. Los tubos se retiraron los tubos del baño al cabo de 30 minutos. Se determinó el pH de los sobrenadantes, a los 5 min de haber retirado los tubos del baño maría.

Ácido Fítico: El ácido Fítico fue medido por el método Megazyme (2007). Se pesó 1 g de muestra en un erlenmeyer de 50 mL y se añadió 20 mL de ácido clorhídrico 0.66 M, se cubrió el recipiente con papel aluminio y se dejó en agitación toda la noche. Después se trasvasó 1 mL de la solución a un tubo de centrifuga y se centrifugó 10 min a 3500 rpm. A continuación, se transfirió 0,5 mL de sobrenadante del extracto resultante a un nuevo tubo de centrifuga y se neutralizó con 0.5 mL de NaOH 0.75 M. Para la determinación de fósforo libre, se colocó en un tubo de centrifuga 0.62 mL de agua destilada, 0.20 mL de la solución 1 y 0.05 mL del extracto de la muestra neutralizada. Después se mezcló en un vortex Genie 2 y se incubó durante 10 min a 40 °C en baño maría Sybron. A continuación, se añadió en el mismo tubo 0.02 mL de agua destilada y 0.20 mL de solución 2 y se mezcló en un vortex Genie 2, se incubó durante 15 min a 40 °C en un baño maría Sybron. Luego se añadió 0.30 mL de ácido tricloroacético y se centrifugó durante 10 min a 3.500 rpm. El sobrenadante se empleó en la determinación colorimétrica. Para la determinación de fósforo total, se colocó en un tubo de centrifuga 0.60 mL de agua destilada, 0.20 mL de solución 1, 0.05 mL del extracto de la muestra neutralizada y 0.02 mL de suspensión 2. Después se mezcló todo en

un vortex y se incubó durante 10 min a 40 °C en baño maría. A continuación, se añadieron en el mismo tubo 0.20 mL de solución 2 y 0.02 mL de suspensión 4; se mezcló en un vortex y se incubó durante 15 min a 40 °C en baño maría. Luego se añadió 0.30 mL de ácido tricloroacético y se centrifugó durante 10 min a 350 rpm. El sobrenadante se empleó en la determinación colorimétrica del fósforo, se pipeteó 1 mL de sobrenadante en un tubo de centrifuga y se añadió 0.5 mL de reactivo de color o solución AB. A continuación, se mezcló en un vortex y se incubó durante 1 hora a 40 °C en baño maría. Posteriormente se dejó reposar por 30 minutos y se leyó en el espectrofotómetro Thermo Scientific 201 Evolution, a una longitud de onda de 655 nm.

Inhibidores de Tripsina: Los inhibidores de tripsina fueron medidos por el método de Kakade (1984) y Hamerstrand et al (1981) con modificaciones (INIAP, 2014). Se pesó 1 g de muestra desengrasada en un erlenmeyer de 50 mL y se adicionó 50 mL de NaOH 0,01N (se ajustó el pH a 9.0), se cubrió el recipiente con papel aluminio y se agitó la mezcla por 3 horas. A continuación, se pipetearon en una serie de tubos de 10 mL las siguientes soluciones: a) estándar de tripsina: 2 mL de la solución de tripsina, 2 mL agua destilada; b) blanco de muestra: 2 mL del extracto de muestra; c) muestra: 2 mL del extracto de muestra, 2 mL solución estándar de tripsina. Luego los tubos se colocaron en un baño maría Sybron y se incubaron durante 10 min a 37 °C. Seguidamente se añadieron 5 mL de solución de BAPA (previamente calentada a 37 °C), y se incubó a 37°C por 10 min. Terminada la incubación se añadió 1 mL de ácido acético 30% v/v y se mezcló en un vortex Genie 2. Adicionalmente se agregaron 2 mL de estándar de tripsina al blanco de muestra (b). Se filtraron y posteriormente la absorbancia de cada solución se determinó a 410 nm frente a un blanco, en un espectrofotómetro Thermo Scientific 201 Evolution.

Resultados y Discusión

Humedad: El mayor contenido se observó en las variedades de Torta IM-004 blanco-negrita con 26,53% y el menor contenido correspondió a pallar MA 01-02 blanca de Manabí con 4,33 % (Tabla 1). Para esta última variedad este valor de humedad le permitiría tener una mayor estabilidad y durabilidad en el almacenamiento; no obstante, por esta característica sería el grano más duro entre los demás materiales evaluados. El contenido de humedad en un alimento es un índice de estabilidad del producto. Por otra parte, el control de la humedad es un factor decisivo en muchos procesos industriales tales como la escarificación y molienda de granos, el mezclado de productos sólidos finos, en la elaboración de pan, texturización y expandido de *P. lunatus*.

Grasa: En general las leguminosas presentan un bajo contenido de grasa. Los valores encontrados en los fenotipos en estudio oscilaron de 0,60 a 1,35 g/100 g ms (Tabla 1). Estos valores son similares al frejol lima tostado a 204 °C por 20 min (1,98 g/100 g ms) pero son menores a otras leguminosas como la lenteja que presenta 2 g/100 g ms (Almeida Costa y col., 2006) y habas secas (2,10 g/100 g ms). Las grasas son una parte importante de la dieta, pero algunos tipos son más saludables que otros. Escoger con mayor frecuencia grasas saludables ayuda a disminuir el riesgo de sufrir un ataque cardíaco, accidente cerebrovascular y otros problemas de salud mayores.

Proteínas: Los altos niveles de proteína observados en las variedades Torta IM-008 rosa-jaspeado (29,55 %), Torta IM-005 blanco-negro grande (27,18%) y Torta IM-010 negro

(26,69%) (Tabla 1), se acercan a los contenidos medios (22%) normalmente encontrados en distintas leguminosas (Belitz y Grosh 1997), lo que muestra su potencial como fuente alimenticia. La variabilidad en los contenidos de proteína de *P. lunatus* podría atribuirse a diversos factores tales como la variedad, aplicación de fertilizante, localización del cultivo y tipo de tratamiento al que se somete el grano (Akpapunam y Sefa-Dedeh 1997; Jood et al. 1998; Chel-Guerrero et al. 2002; Iqbal et al. 2006; y Herken et al. 2007). El porcentaje medio de proteína en las leguminosas se sitúa entre el 20-25%, encontrándose valores de hasta un 40% en el caso del lupino (Villacrés et al. 2021). Según Rubio y col., (2004), la mayoría de estos nutrientes se encuentran en forma de proteínas de almacenamiento, principalmente globulinas. Sin embargo, una pequeña parte de las sustancias nitrogenadas presentes en los granos de leguminosas no son de naturaleza proteica (bases púricas y pirimídicas, creatinas y creatinina, urea, amoníaco, etc.) y pueden dar un alto valor de nitrógeno total, sin embargo no todo este nitrógeno es proteico (Kochhar et al. 1988), excepto en el caso del lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el cual la mayoría de las proteínas (92 %) se encuentra en forma de proteínas de almacenamiento (Villacrés et al. 2020^a).

Estudios recientes atribuyen a las proteínas de leguminosas propiedades nutraceuticas por sus efectos beneficiosos en la salud, principalmente su papel protector frente a determinadas enfermedades (Duranti, 2006). Existen algunos estudios que relacionan fracciones específicas de proteínas con la reducción del colesterol en sangre y los niveles de triglicéridos (Fukui et al. 2002). Además, las proteínas de leguminosas se han visto asociadas a la reducción del riesgo cardiovascular (Anderson y Major 2002), a un efecto anticarcinogénico como consecuencia de la presencia de lectinas e inhibidores de proteasa en distintas legumbres (Clemente et al. 2004), a la prevención de obesidad y diabetes debido a la acción del inhibidor de α -amilasa (Suzuki et al. 2003; Muri et al. 2004; Oneda et al. 2004) y a una capacidad de transporte de minerales que mejoran su absorción, en lupino, por la presencia de α -conglutina (Duranti et al. 2001). Por todo lo expuesto, las proteínas de las leguminosas como *P. lunatus*, habas, habichuelas tienen un papel muy destacado en la industria alimentaria tanto en alimentos procesados como en la elaboración de nuevos productos texturizados destinados al consumo humano.

Actualmente la aplicación de distintas tecnologías ha permitido la obtención de productos con una elevada cantidad de proteína vegetal. Los concentrados y aislados proteicos más extendidos son los de soja (Henn y Netto 1998; Friedman y Brandon 2001), sin embargo, el contenido de proteína de *P. lunatus* (Tabla 1), muestra que esta especie puede utilizarse como materia prima para la obtención de los productos mencionados. Los concentrados proteicos provenientes de leguminosas se emplean en la industria alimentaria ya que ofrecen ventajas económicas, nutricionales y funcionales, manteniendo las cualidades sensoriales deseables y necesarias para la aceptación por el consumidor. Las aplicaciones más importantes son como mejoradores en la industria cárnica (sustitutos o complementos de la proteína animal), en fórmulas infantiles (Fernández-Quintela et al. 1993; Vioque et al. 2001) y también para mejorar la textura de los productos de panadería y pastas o en el procesamiento de quesos (El-Sayed 1997).

Calidad nutricional de las proteínas de leguminosas y *P. lunatus*

La digestibilidad y el valor biológico de las proteínas de leguminosas en general es algo inferior a las proteínas de origen animal (Belitz y Grosh 1997) debido a los siguientes factores: (1) deficiencia de aminoácidos azufrados (principalmente metionina), (2) naturaleza compacta

de las proteínas de reserva mayoritarias, (3) presencia de anti nutrientes como inhibidores enzimáticos (inhibidores de tripsina y quimotripsina), lectinas y ácido fítico, como se muestra en la Tabla 3 (4) impedimento estérico de los azúcares que están presentes en la mayoría de las proteínas de reserva (glicoproteínas), (5) presencia de compuestos fenólicos, que establecen uniones con las proteínas (enzimas digestivas incluidas) afectando al grado de proteólisis, (6) presencia de minerales, mediadores entre las interacciones de fitatos y proteínas, formando complejos proteína-fitato-mineral resistentes a la proteólisis, (7) interacciones proteína-proteína, como ocurre con las proteínas solubles en agua (fracción de albúminas) que interaccionan con las proteínas de reserva, provocando un descenso de la velocidad de proteólisis, (8) baja digestibilidad de las proteínas solubles en agua y finalmente (9) descenso de la actividad proteolítica por interferencias físicas como consecuencia de la presencia de fibra alimentaria (Aguilera 2009).

La mayor parte de los inhibidores son termolábiles, por lo que su capacidad inhibitoria se reduce significativamente con los procesos térmicos culinarios. El tratamiento térmico tiene un doble efecto sobre *P. lunatus*. Por una parte, disminuye y elimina la actividad de algunos factores anti fisiológicos, mientras que, por otro lado, aumenta la disponibilidad de aminoácidos azufrados presentes en altas concentraciones en los inhibidores de tripsina. Las alergias relacionadas con el consumo de *P. lunatus* son poco comunes en humanos, debido a la baja capacidad alergénica de las proteínas de almacenamiento (Lallés y Peltre 1996). Respecto a la deficiencia de aminoácidos azufrados, hay que considerar que *P. lunatus* se consumen habitualmente con arroz (ración diaria: 30 g de haba pallar con 100 g de arroz) (9), lo que supone una complementación de ambas proteínas, originando una proteína de alto valor nutricional.

Tabla 1. Composición proximal de fréjol torta *Phaseolus lunatus* (g/100 g muestra seca).

Código	Descripción	Humedad	Grasa	Proteína	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos totales
1	Pallar PE. 001 blanco-grande "Ica"	17,85	0,96	21,39	4,13	7,21	66,31
2	Torta IM. 002 rojo-blanco	20,22	0,96	19,38	4,01	7,12	68,53
3	Torta IM. 003 rojo	13,93	0,64	25,74	4,63	7,57	61,41
4	Torta IM. 004 blanco-negrita	26,53	0,6	26,4	3,64	9,68	59,68
5	Torta IM. 005 blanco-negro grande	11,74	0,92	27,18	5,19	7,77	58,93
6	Torta IM. 006 crema- negro	13,33	0,76	26,52	5,06	7,92	59,74
7	Torta IM. 007 negro-blanco	13,94	0,85	25,07	5,05	7,84	61,2
8	Torta IM. 008 rosa-jaspeado	14,8	0,67	29,55	4,51	8,22	57,05
9	Torta IM. 009 negro-dorado	39,3	0,84	22,17	4,1	11,2	61,7
10	Torta IM. 010 negro	17,35	0,94	26,69	4,45	8,31	59,6
11	Pallar MA. 01-02 blanco de Manabí	4,33	0,77	23,77	6,5	7,24	61,71
12	Pallar MA. 03 haba de Crucita	18,58	1,35	24,42	4,66	8,33	61,24
13	Pallar MA. 04 habichuela hoja puntada	15,82	0,76	22,23	4,03	6,91	66,07
14	Pallar MA. 05 habichuela de hoja ancha	14,71	0,64	23,26	4,15	6,97	64,97
15	Pallar MA. 06 habichuela de jardín	24,81	1,05	23,45	4,22	8,99	62,3

Cenizas: Los valores presentados en la Tabla 1, dan una idea aproximada de la riqueza en minerales de *P. lunatus*, con valores que fluctuaron entre 3,64 a 5,19 g/100 g ms. Las cenizas (o materia inorgánica) es el residuo que se obtiene al incinerar la materia seca para destruir la materia orgánica y cuantificar la cantidad de materia inorgánica de la muestra.

Carbohidratos totales: El análisis proximal muestra que los carbohidratos son los componentes mayoritarios de *P. lunatus*, con valores que variaron entre 57,05-68,53 g/100 g ms, en relación inversa al contenido de proteína (Tabla 1), resultado que se evidencia en el fenotipo IM.002 rojo-blanco que presenta el mayor contenido de carbohidratos (68,53 g/100 g ms) y el menor contenido de proteína (18,38 g/100 g ms). Los carbohidratos no son solamente una fuente energética, sino que desempeñan otras funciones. Esto está conduciendo hacia nuevas aproximaciones dietéticas, no sólo para una mejor nutrición, sino también para un mejor estado de salud. En los últimos años se ha aumentado el nivel de comprensión de la influencia de los carbohidratos en el rendimiento físico, por su capacidad de almacenamiento de glucógeno (FAO, 1999), proceso en el que participa principalmente el almidón, que representa el 51-67% en los fréjoles y habas, 25-50% en arvejas, 40-57% en lentejas (Salunkhe y Kadam 1989), 12 % en lupino nativo, entre 20-25 % en soya y maní (Villacrés et al. 2020^b).

Además del papel que desarrolla el almidón en la contribución energética, este compuesto es el mayor responsable de la textura y las propiedades organolépticas que presentan muchos alimentos, influyendo en la capacidad de gelificación, el comportamiento de fluidos y envoltorios. En el campo de la agroquímica y las industrias farmacéuticas el Almidón de las leguminosas tiene una interesante aplicación como agentes de encapsulación o de cubierta para la elaboración de tabletas (Duranti 2006). Los efectos beneficiosos asociados con el consumo de leguminosas están relacionados con la lenta digestión del almidón y el alto contenido de polisacáridos no amiláceos y almidón resistente (Jenkins y col., 1981; Hughes, 1991; Eastwood y Morris 1992; Truswell 1992; Schneeman 1994). Las leguminosas como *P. lunatus*, habichuelas o habas se consideran excelentes fuentes de almidón de digestión y asimilación lenta, beneficiosa para la salud al incrementar poco la glucemia postprandial si se compara con el almidón de digestión rápida. Las leguminosas son una de las principales fuentes de almidón resistente AR1, ya que la gruesa pared celular que tienen hace que el almidón sea inaccesible al ataque enzimático.

Fibra alimentaria y Pared Celular: En general, las leguminosas son ricas en fibra dietética. *P. lunatus* presentó un contenido promedio de 24,02 g/100 g para la fibra dietética total, de este valor 20,38 g/100 g ms correspondió a fibra insoluble y 4,02 g/100 g ms a fibra soluble (Tabla 2). La fibra alimentaria es una mezcla compleja de carbohidratos que están asociados a otros componentes distintos de éstos (proteínas, ceras, saponinas o fitoesteroles) (CAC, 2006), comprende un conjunto de sustancias que no se digieren ni se absorben en el intestino delgado humano como lignina y sustancias relacionadas (Gray, 2006). Los componentes principales de la fibra alimentaria proceden de las paredes celulares y comprenden la celulosa, las hemicelulosas y las pectinas, que consisten en una serie de polisacáridos, a menudo asociados o sustituidos con proteínas y compuestos fenólicos en algunas células. La pared celular es una estructura sumamente organizada, formada por una red tridimensional de microfibrillas de celulosa embebida en una matriz constituida por polisacáridos (hemicelulosas y pectinas), proteínas y fenoles en una solución ligeramente ácida (Azcon-Bieto y Tálón 2008). Para el aprovechamiento en la alimentación o la agroindustria es necesario considerar que la pared celular de las diferentes leguminosas

revela una estructura rica en pectinas, que contiene principalmente el azúcar arabinosa. Shiga et al. (2003) realizaron un estudio de los cotiledones de las arvejas y observaron que la pared celular está compuesta en gran medida de sustancias pécticas y hemicelulosa, mientras que su tegumento se componía fundamentalmente de celulosa.

El alto contenido de fibra dietética en *P. lunatus* lo hace recomendable en dietas de adelgazamiento y en el control de la *diabetes mellitus* tipo 2 (Gray 2006). Los efectos beneficiosos de la fibra han sido atribuidos al papel modificador que ejerce sobre algunas actividades fisiológicas del intestino humano que a su vez influyen en la actividad metabólica del cuerpo. En el estómago y el intestino delgado las propiedades físicas de la fibra alimentaria juegan un papel importante, ya que puede influir en el grado de viscosidad del contenido del estómago, que a su vez puede afectar a la velocidad con que los nutrientes salen del estómago hacia el intestino delgado. La presencia de polisacáridos viscosos puede afectar notablemente al grado de contacto de los alimentos con los sustratos de enzimas que los digieren en el intestino delgado, que a su vez influye en la tasa de digestión de los carbohidratos, y probablemente de las proteínas y las grasas (Gurr y Asp 1996). Los efectos beneficiosos atribuibles a un consumo adecuado de fibra es el aumento del bolo fecal, mejorando las funciones del intestino grueso, la disminución de los niveles plasmáticos de colesterol, así como de la respuesta glicémica (Almeida et al. 2006).

Minerales: *P. lunatus* es una buena fuente de calcio y magnesio por sus contenidos elevados de estos minerales. En el fenotipo MA.03 haba de crucita, el contenido de calcio alcanzó 150,7 mg/100 g ms (Tabla 2), valor que puede ayudar a cubrir el 15 % del requerimiento diario recomendado (RDR) de este mineral, para un adulto normal de 19-50 años. Aunque un adulto normal puede ampliamente duplicar la porción diaria de consumo de *P. lunatus*, con lo que se incrementaría el aporte al RDR. El calcio es un constituyente importante de los huesos y los dientes y también desempeña un papel esencial como segundo mensajero en las vías de señalización celular. Las concentraciones de calcio circulante están estrechamente controladas por la hormona paratiroidea (PTH) y la vitamina D **a expensas del esqueleto cuando las ingestas de calcio son inadecuadas** (Sandberg 2002). En *P. lunatus* se registró un contenido promedio de magnesio de 173,63 mg/100 g ms, valor que alcanzaría a cubrir el 43% del RDR. El magnesio es importante para muchas funciones fisiológicas del organismo, entre las más importantes se menciona su papel regulador de la función muscular, el sistema nervioso, los niveles de azúcar en la sangre, la presión sanguínea. Además, ayuda a sintetizar proteína, masa ósea y ADN (Iqbasl et al. 2006). En cuanto al hierro, el organismo humano utiliza este mineral para producir la hemoglobina, una proteína de los glóbulos rojos que transporta el oxígeno de los pulmones a distintas partes del cuerpo, además de la mioglobina, una proteína que suministra oxígeno a los músculos (Sandberg 2002). Para estas importantes funciones del organismo, el contenido promedio de hierro de *P. lunatus* (5,64 mg/100 g ms), alcanzaría para cubrir el 31 % del RDR. En general los contenidos minerales de las leguminosas son altos, pero es necesario estudiar la biodisponibilidad, debido a que, algunos minerales están enlazados a los fitatos, compuestos que constituyen el principal inhibidor de la absorción de hierro y cinc. *P. lunatus* presenta además contenidos importantes de polifenoles que inhiben la absorción de hierro (Tabla 2). La deficiencia nutricional de algunos minerales alcanza su máxima prevalencia en poblaciones con dietas a base de cereales y legumbres, pero la situación mejora sensiblemente con la adición de proteína animal o por eliminación de los fitatos y degradación de los polifenoles (Sandberg 2002).

Compuestos funcionales: Los alimentos funcionales son aquellos que contienen niveles altos de nutrientes y/o compuestos biológicamente activos que ofrecen beneficios para la salud en una o más funciones del organismo, más allá de la nutrición básica, de forma que resulta relevante ya sea para mejorar el estado de salud y bienestar o para reducir el riesgo de enfermedades. En las leguminosas y, específicamente en *P. lunatus*, los principales compuestos funcionales son los compuestos fenólicos, cuyo contenido se muestra en la Tabla 2.

Compuestos fenólicos: En *P. lunatus*, estos compuestos variaron de 1,76 a 3,28 mg EAg/g BS dependiendo del fenotipo de grano (Tabla 2), el mayor contenido correspondió al grano tipo torta “IM.006 crema-negro”; estos valores son menores a los reportados para lupino amargo (11,27 mg EAg/g BS) y podrían aumentar mediante la aplicación de procesos como la fermentación o la germinación (Villacrés et al. 2020^b), procesos de aplicación creciente en Ecuador, como estrategias para mejorar el valor nutricional, las características organolépticas, diversificar y aumentar el consumo de las leguminosas como *P. lunatus*. Los compuestos fenólicos tienen importancia como compuestos bioactivos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anti mutagénicas, anticancerígenas, antibacterianas, etc., y por su capacidad para modificar las funciones de algunas enzimas celulares clave. Los fenólicos comprenden un gran grupo de compuestos, de los cuales los flavonoides son los más extendidos en la naturaleza y dentro de ellos, los flavonoles son los que poseen mayor actividad antioxidante (Dueñas et al. 2002). Los taninos condensados o proantocianidinas también pertenecen a este grupo. Estos fenólicos, eran considerados anti-nutrientes debido a su facilidad para combinarse con proteínas, produciendo un aprovechamiento deficiente de dichos nutrientes (Liener 1994; Bartolomé et al. 2000).

Tabla 2. Otros compuestos nutricionales y funcionales en fenotipos de fréjol torta *Phaseolus lunatus* (g/100 g de muestra seca).

Código	Descripción	Fibra dietética (g/100 g BS)			Minerales (mg/100 g BS)			Capacidad antioxidante	Fenoles Totales
		Total	Insoluble	Soluble	Calcio	Magnesio	Hierro	ABTS (uMET/g BS)	mg EAg/g BS
1	Pallar PE. 001	24,13	19,88	4,25	161,1	144,0	4,48	15,58	2,99
2	Torta IM. 002	24,21	20,05	4,16	140,2	162,2	4,61	14,60	2,48
3	Torta IM. 003	24,22	20,57	3,65	150,5	161,0	5,36	15,91	2,81
4	Torta IM. 004	23,77	19,58	4,19	142,0	152,3	4,51	15,00	2,71
5	Torta IM. 005	24,38	20,49	3,89	120,5	158,9	4,61	14,67	2,81
6	Torta IM. 006	24,65	20,26	4,39	151,0	160,43	4,45	14,24	3,28
7	Torta IM. 007	24,11	19,91	4,20	160,5	154,41	4,62	14,85	2,86
8	Torta IM. 008	24,64	20,78	3,86	140,3	163,90	4,37	16,00	2,53
9	Torta IM. 009	24,80	20,86	3,94	150,6	160,23	6,76	14,65	1,85
10	Torta IM. 010	24,72	20,28	4,44	140,0	159,39	7,84	14,33	1,85
11	Pallar MA. 01-02	24,27	20,40	3,87	148,3	210,0	6,84	14,20	1,89
12	Pallar MA. 03	24,35	20,56	3,79	150,7	203,4	6,14	14,53	1,94
13	Pallar MA. 04	24,74	21,28	3,46	129,2	202,3	6,52	14,37	2,02
14	Pallar MA. 05	24,60	20,96	3,62	122,9	205,1	7,46	14,29	1,76
15	Pallar MA. 06	24,44	19,92	4,53	139,6	207,0	6,11	14,48	2,37

Capacidad antioxidante: En la Tabla 2 se observa que el valor promedio para este parámetro en *P. lunatus* fue 14,78 uMTroloxEq/g BS, resultado similar al reportado para *P. vulgaris* (12,89 uMTrolox Eq/g) (Xu et al. 2007); actualmente se reconocen a las leguminosas como fuentes de antioxidantes naturales (Dueñas et al. 2002). Diversos autores han estudiado la actividad antioxidante en extractos de legumbres sometidas a diferentes procesos tecnológicos, encontrando actividades antioxidantes mayores que las esperadas en leguminosas debido, posiblemente, a la fracción mayoritaria de compuestos fenólicos que presentan estos vegetales (Xu et al. 2007). Los fenólicos se incluyen en la categoría de captadores de radicales libres, aunque también pueden ejercer su acción antioxidante a través de otros mecanismos, como quelantes de iones metálicos que catalizan reacciones de oxidación (Ursini et al. 1999). El efecto protector de estos compuestos está basado en su acción preventiva o retardante de la formación de radicales libres. Estudios epidemiológicos muestran una correlación entre el consumo de alimentos ricos en compuestos fenólicos y un riesgo reducido de enfermedades cardiovasculares y de ciertos tipos de cáncer, mediante la protección de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) frente a la oxidación y la reducción de la agregación plaquetaria (Shrikhande 2000).

Compuestos no nutritivos: Además de los componentes mayoritarios como proteínas, carbohidratos y fibra, las leguminosas como *P. lunatus* contienen numerosos compuestos bioactivos que están presentes en pequeñas cantidades, pero que pueden tener efectos metabólicos y fisiológicos de interés. Algunos de estos componentes (fitatos, galactooligosacáridos, inhibidores de proteasas, lectinas, saponinas, etc.) se clasifican como factores anti nutricionales, pero en numerosos estudios se ha reconsiderado el impacto beneficioso que pueden tener en la salud, por lo que actualmente se los considera compuestos bioactivos (Tabla 3). Algunos de ellos pueden tener un papel en la prevención de enfermedades como trastornos cardiovasculares, diabetes y cáncer (Champ 2002; Durante 2006).

El contenido de nitratos varió con el fenotipo de grano y fue más alto en Torta IM. 005 blanco-negro grande, el fenotipo Torta IM. 009 negro-dorado y IM. 010 negro, con un promedio de 30 mg/100 g bs. Los valores de estos fenotipos fueron más bajos que aquellos reportados para otros vegetales como espinaca (48.5 mg/100 g) y hojas de lechuga fresca (55.5 mg/100 g), donde los nitratos están concentrados en las vacuolas, hojas y órganos de transporte, pero en menor concentración en flores, tubérculos y semillas. En general el contenido de nitratos de las leguminosas (Tabla 3) fueron más bajos que los niveles máximos permitidos para el consumo en lechuga y espinaca (1125 mg/100 g), citados en la normativa de algunos países europeos (Siomos y Dogras 2000).

Los tiocianatos son compuestos biológicamente activos provenientes de la hidrólisis de los glucosinolatos, éstos comparten las estructuras del núcleo que contiene residuos -D-glucopiranosas unidas a través de un átomo de azufre (S) a un éster de sulfato de -N -hidroxiimino y se distinguen entre sí por un grupo de variables R derivado de varios aminoácidos. Desde el punto de vista de la nutrición humana, los tiocianatos han sido estudiados en detalle y se considera que son los principales responsables de la acción anticancerígena (Conaway et al. 2000; Zhang et al. 2006). Estos compuestos pueden inducir la formación de enzimas de desintoxicación de fase II que protegen contra los agentes carcinógenos. Uno de los más importantes inductores de este tipo de enzimas de fase II es el isotiocianato de bencilo (Nilsson et al. 2006), comúnmente conocido como glucotropaeolin.

En los materiales experimentales el contenido de glucotropaeolin varió desde 8,88 (torta IM. 006 crema- negro) hasta 48,48 mg/100 g (torta IM. 010 Negro); estos valores son menores a los reportados para las siguientes crucíferas: brócoli (61,1 mg/ 100 g bs), col de bruselas (247 mg/100 g bs), col (108,9 mg/100 g bs), coliflor (62 mg/100 g bs) y nabo (56 mg/100 g bs). Varios autores mencionan que el aumento de la ingesta diaria de verduras crucíferas está asociado con un menor riesgo de ciertos tipos de cáncer (Wu et al. 2004), debido al contenido de sulforafano, isotiocianato derivado de glucorafano con amplias propiedades anticancerígenas (Zhang et al. 1994). Por otra parte, investigaciones recientes han demostrado que el método de cocción de los alimentos afecta considerablemente el contenido de glucosinolatos. Los procesos térmicos afectan la estabilidad y disponibilidad de los glucosinolatos, por ello es necesario seleccionar el proceso apropiado para preservar su bioactividad. Según estudios, los glucosinolatos presentes en las crucíferas se pierden en el proceso de cocción a través de la lixiviación en el agua de cocción (McNaughton y Marks 2003) al hervir el brócoli, la col de bruselas, coliflor y la col durante 40 minutos, o al vapor. La cocción de las mencionadas crucíferas durante 10 minutos dio lugar a la degradación térmica significativa de indol glucosinolato (Slominiski y Campbell 1989), pero es poco probable que la degradación térmica sea una de las principales causas de la disminución de glucosinolatos presentes en las leguminosas y crucíferas cuando se cocinan durante menos de 10 min (Rosa et al. 1997).

El contenido de alcaloides totales de las leguminosas contempladas en este estudio varió con el genotipo de grano, con valores que fluctuaron entre 0,87 a 1,86 % para Torta IM. 004 blanco-negrita, Torta IM. 005 blanco-negro grande y Pallar MA. 06 habichuela de jardín, respectivamente. La variabilidad de estos anti nutrientes en las diferentes especies está asociada con la cantidad de nitrógeno presente en el grano, la intensidad de la luz solar y la temperatura de las zonas de cultivo (Carvajal-Larenas et al. 2016). El contenido de alcaloides encontrado en la habichuela (1,86%) es similar al reportado para las siguientes especies de lupinus: *L. albus*, *L. campestris* y *L. angustifolius* (Jiménez-Martínez et al. 2001), lo cual exige procesos de remojo y cocción, previo al consumo de estos granos. Considerado esto, el nivel de alcaloides puede disminuir hasta 0.07% base húmeda, nivel considerado seguro para el consumo humano. Al respecto, las autoridades de salud de Ucrania, Francia, Australia y Nueva Zelanda han fijado un nivel de tolerancia de 0,2 g/kg base seca, para harinas de lupino y productos derivados (Magalhães et al. 2017).

Las saponinas presentaron una mayor variabilidad que los alcaloides totales, en un rango de 0,46 a 2,50 g/100 g bs (Tabla 3). Los genotipos que presentaron mayor concentración de estos compuestos fueron: torta IM. 005 blanco-negro grande (2,50 %), torta IM. 003 rojo (2,38 %) y torta IM. 007 negro-blanco (2,34 %). Las saponinas al igual que los alcaloides deben eliminarse previo al consumo de los granos, debido a su relación con el sabor amargo y su efecto hemolítico en el ser humano (Akpanunam et al. 1997).

Actividad ureasa, inhibidores de tripsina y ácido fítico: La concentración de estos compuestos en *P. lunatus* se cita en la Tabla 3, están relacionados con proteínas termolábiles que alteran la digestión de las proteínas e inhiben la actividad de las enzimas digestivas que intervienen en la hidrólisis proteica (Egounlety y Aworh 2003). La inactivación de la ureasa es un indicador confiable de la efectividad del procesamiento térmico aplicado y por tanto del grado de inhibición de la actividad de la tripsina (Yalcin y Basman 2015). Pruebas de comparación múltiple mostraron que hay un significativo efecto del genotipo sobre la actividad ureasa, este anti nutriente se detectó en mayor grado en la Torta PE. 001 blanco-

grande Ica con un diferencial de pH de 0,11, seguida por Torta IM. 003 rojo, Torta IM. 004 blanco-negrita y Torta IM. 006 crema-negro con 0,06. La cocción de los granos en olla abierta provoca una disminución sustancial de la actividad ureasa. En los granos de soya que fueron cocidos, tostados o extruidos la actividad ureasa se redujo en un 98 % (Yalcin y Basman 2015).

Las variedades Torta IM. 005 blanco-negro grande, Pallar MA. 05 habichuela hoja ancha y Pallar MA. 03 haba de Crucita presentaron el mayor valor en los inhibidores de tripsina (1,35 mg/ g bs), nivel similar al reportado para las siguientes especies de lupinus; *L. exaltatus* (1,37 TIU/mg) y *L. reflexus* (2,05 TIU/mg) (Ruiz-López et al. 2000). Una reducción del 71,71 % fue reportada para los granos térmicamente procesados. Una mayor reducción (97,42%) de los inhibidores de tripsina fue reportada para la soya cocida y fermentada. En este caso, la cocción produjo una reducción del 86,09%.

Tabla 3. Compuestos no nutritivos en fenotipos de fréjol torta *Phaseolus lunatus* L.

Código	Descripción	Nitratos (mg/100 g bs)	Tiocianatos (mg/100 g bs)	Alcaloides totales (g/100 g bs)	Saponina total (g/100 g bs)	Actividad Ureasa (DpH)	Inhibidores de tripsina (mg/g bs)	Acido fítico (mg/g bs)
1	Pallar PE. 001	10,00	28,56	1,12	2,4	0,11	1,19	7,36
2	Torta IM. 002	10,00	18,00	1,05	2,2	0,04	1,16	6,41
3	Torta IM. 003	10,00	10,44	0,99	2,38	0,06	1,27	7,50
4	Torta IM. 004	10,00	12,60	0,87	1,04	0,06	1,29	7,69
5	Torta IM. 005	30,00	25,80	0,87	2,5	0,04	1,27	9,01
6	Torta IM. 006	10,00	8,88	1,00	2,05	0,06	1,35	9,11
7	Torta IM. 007	10,00	48,00	1,12	2,34	0,05	1,32	8,89
8	Torta IM. 008	10,00	37,08	1,24	2,09	0,04	1,24	8,33
9	Torta IM. 009	30,00	34,44	0,99	2,26	0,06	1,28	9,48
10	Torta IM. 010	30,00	48,48	1,18	1,82	0,06	1,26	7,79
11	Pallar MA. 01-02	10,00	10,08	0,99	0,70	0,05	1,27	7,76
12	Pallar MA. 03	10,00	11,40	1,18	0,60	0,04	1,35	6,50
13	Pallar MA. 04	10,00	23,40	0,93	1,59	0,05	1,22	6,87
14	Pallar MA. 05	10,00	18,00	1,12	0,93	0,03	1,35	7,04
15	Pallar MA. 06	10,00	21,96	1,86	0,46	0,05	1,23	7,21

El ácido fítico es considerado como un anti nutriente debido a su capacidad para enlazar minerales, proteínas y almidones, disminuyendo su biodisponibilidad. Sin embargo, estudios “in vivo” han demostrado que este compuesto presenta efecto preventivo y propiedades terapéuticas (Mohan et al. 2016). El contenido de este anti nutriente varió con el genotipo de grano, con valores entre 6,41 a 9,48 mg/g bs. En promedio, el grupo de *P. lunatus* presentó un mayor contenido de ácido fítico (8,21 mg/g bs), con relación a las habichuelas (7,03 mg/g bs) y habas (7,13 mg/g bs). Estos valores son similares a los reportados para otros genotipos de fréjol (7,0 mg/g bs) y lenteja (6,0 mg/g bs) y menores a los citados para avena (17,7 mg/g) (Ruiz-López et al. 2000). Varios autores reportan que el ácido fítico de los granos crudos se reduce sustancialmente por procesos de remojo y procesamiento hidrotérmico (Vijayakumari et al. 2007). En tres variedades de lupino se determinó una reducción de 49,76 % después de aplicar procesos de desamargado y fermentación.

Conclusiones

La adopción de nuevas especies agrícolas como *P. lunatus*, por parte de los productores en sus fincas, podría propiciar su ajuste ante los cambios del clima y les ayudaría a estar preparados para sus efectos negativos. La disponibilidad de variedades resistentes y tolerantes es una manera de lidiar con los cambios en el área de plagas y enfermedades, y para soportar los eventos extremos como variaciones súbitas de temperatura. Los resultados mostrados en este capítulo indican que *P. lunatus* es una especie estratégica para fomentar una dieta más sana, debido al aporte de carbohidratos complejos y propiedades antioxidantes. El contenido de proteína en esta especie reviste importancia en regiones donde la carne y los lácteos no son muy accesibles, ya sea física o económicamente. También resalta el bajo contenido de grasa y el considerable contenido de fibra, que podría ayudar a reducir el colesterol y controlar el azúcar en sangre. Por todas estas cualidades, las organizaciones sanitarias recomiendan su consumo para hacer frente a las enfermedades no transmisibles, como la diabetes, las enfermedades cardíacas y la obesidad. El aumento del consumo per cápita de leguminosas como *P. lunatus* también favorecería a un planeta más saludable, considerando que los vegetales suelen usar menos energía, terrenos, agua y generan menos gases con efecto invernadero en comparación con los alimentos de origen animal.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jaime Martínez, por su revisión y sugerencias para la mejora del texto y a los Revisores.

Referencias

- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). The Association St. Paul, MN, USA: AACC/Eagan press.
- Akpanunam, M.A., Sefa-Dedeh, S. 1997. Some physicochemical properties and antinutritional factors of raw, cooked and germinated Jack bean (*Canavalia ensiformis*). Food Chem., 59 (I), 121-125.
- Anderson, J.W.; Major, A.W. 2002. Pulses and lipaemia, short- and longterm effect: potential in the prevention of cardiovascular disease. Br J Nutr., 88, 263-271.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1995, 2000, 2005. Official Methods of Analysis.
- Aguilera, Y., Dueñas, M.; Estrella, I., Hernández, T.; Benítez, V., Esteban, R.M., Martín-Cabrejas, M.A. 2010. Evaluation of phenolic profile and antioxidant properties of Pardina lentil as affected by industrial dehydration. J. Agric. Food Chem., 58, 10101-10108.
- Aguilera, Y.G. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Agrícola. 274 p.

- Almeida Costa, G.E., Queiroz-Monici, K.S., Machado Reis, S.M.P., Oliveira, A.C. 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea, and lentil legumes. *Food Chem.*, 94, 327–330.
- Azcón-Bieto, J., Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2a Ed. Publicacions i Edicions. Universitat de Barcelona.
- Bartolomé, B., Estrella, I., Hernández, M.T. 2000. Interaction of low molecular weight phenolics with proteins (BSA). *J. Food Sci.*, 65, 617-621.
- Belitz, H.D., Grosh, W. 1997. Química de los alimentos. 2ª Ed. Editorial Acribia.
- Champ, M.M.J. 2002. Non-nutrient bioactive substance of pulses. *Br. J. Nutr.*, 88, 307-319.
- Chel-Guerrero, L., Red-Flores, V.P., Betancur-Ancona, D., Vila-Ortiz, G.D. 2002. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Cannavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 584-591.
- CAC, Codex Alimentarius Commission. 2006. Report of the 27th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Bonn, Germany 21-25 November 2005. ALINORM 06/29/26, 2006.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. 2016. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454-1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>.
- Clemente, A., MacKenzie, D.A., Jonson, I.T., Domoney, C. 2004. Investigation of legume seed protease inhibitors as potential anticarcinogenic proteins. In Proceedings of the fourth international workshop on antinutritional factors in legume seeds and oilseeds; Muzquiz, M., Hill, G. D., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Burbano, C., Eds.; EAA Publications, Wageningen, 137–141.
- Conaway, C.C., Getahun, S.M., Liebes, L.L., Pusateri, D.J., Topham, D.K.W., Botero-Omary, M., Chung, F.L., 2000. Disposition of glucosinolates and sulforaphane in humans after ingestion of steamed and fresh broccoli. *Nutr. Cancer* 38, 168–178.
- Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I. 2002. Phenolic composition of the cotyledon and the seed coat of two varieties of lentils (*Lens culinaris*). *Eur. Food Res. Technol.*, 215, 478-483.
- Duranti, M. 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*. 77, 67-82.
- Duranti, M.; Scarafoni, A.; Di Cataldo, A.; Sessa, F. 2001. Interaction of metal ions with lupin seed conglutin. *Phytochemistry*, 56, 529-533.
- El-Sayed, M.M. 1997. Use of plant protein isolates in processed cheese. *Nahrung*, 41, 91-95.

- Eastwood, M.A., Morris, E.R. 1992. Physical properties of dietary fiber that influence physiological function: A model for polymers along the gastrointestinal tract. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 436-442.
- Egounlety, M., & Aworh, O. C. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation 412 with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Ha). *Journal of Food Engineering*, 56(2), 249-254. 415. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00262-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00262-5).
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1999. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Inseguridad alimentaria: la población se ve obligada a convivir con el hambre, y teme morir de inanición. In: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/x3114s/x3114s00.pdf>
- Fernández-Quintela, A., Larralde, J., Macarulla, M.T., Marcos, R.; Martínez, J.A. 1993. Leguminosas y concentrados de proteína: nuevas perspectivas y aplicaciones. *Alimentaria.*, 1, 59-63.
- Friedman, M., Brandon, D.L. 2001. Nutritional and health benefits of soy proteins. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 1069-1086.
- Fukui, K., Tachibana, N., Wanezaki, S., Tzuzaki, S., Takamatsu, K., Yamamoto, T., Hashimoto, Y., Shimoda, T. 2002. Isoflavone-Free Soy Protein Prepared by Column Chromatography Reduces Plasma Cholesterol in Rats. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5717-5721.
- Gray, J. 2006. Dietary fibre. Definition, analysis, physiology and health. ILSI Europe Concise Monograph Series. Brussels: ILSI.
- Gurr, M.I., Asp, N.-G. 1996. Dietary fibre. International Life Sciences Institute. ILSI Europe.
- Henn, R.L., Netto, F.M. 1998. Biochemical characterization and enzymatic hydrolysis of different commercial soybean protein isolates. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 3009-3015.
- Hughes, J.S. 1991. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. *Food Technol.*, 9, 122-126.
- Iqbal, A., Khalil, I., Ateeq, N., Khan, M.S. 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry* 97,331–335.
- Jiménez-Martínez, C., Hernández-Sánchez, H., Álvarez-Manilla, G., Robledo-Quintos, N., Martínez-Herrera, J., & Dávila-Ortiz, G. 2001. Effect of aqueous and alkaline thermal treatments on chemical composition and oligosaccharide, alkaloid and tannin contents of *Lupinus campestris* seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), 421-428.
- Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S., Taylor, R., Baker, H.M., Fielder, H., Baldwin, J.M., Bowling,

- A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L., Goff, D.V. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 362-366.
- Jood, S., Bishnoi, S., Sharma, A. 1998. Chemical analysis and physico-chemical properties of chickpea and lentil cultivars. *Food Nahrung*, 42, 71-74.
- Keck, A., Finley, J., 2004. Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium. *Integr. Cancer Ther.* 3 (1), 5-12.
- Kim, S.-J., Jin, S., Ishii, G., 2004. Isolation and structural elucidation of 4-(β -D-glucopyranosyldisulfanyl)-butyl glucosinolate from leaves of rocket salad (*Eruca sativa* L.). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68, 2444-2450.
- Kochhar, N., Walker, A.F., Pike, D.J. 1988. Effect of variety on protein content, amino acid composition and trypsin inhibitor activity of cowpeas. *Food Chem.*, 29, 65-78.
- Lallés, J.P., Peltre, E. 1996. Biochemical features of grain legume allergens in humans and animals. *Nutr. Rev.*, 54, 101-107.
- Liener, I. E. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *C. R. Food Sci. Nutr.*, 34, 31-67.
- Magalhães, S. C., Fernandes, F., Cabrita, A. R., Fonseca, A. J., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2017). Alkaloids in the valorization of European *Lupinus* spp. seeds crop. *Industrial Crops and Products*, 95, 286-295.
- McNaughton, S.A., Marks, G.C., 2003. Development of a food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of vegetables. *Br. J. Nutr.* 90, 687-697.
- Mithen, R., Bennett, R., Marquez, J., 2010. Glucosinolate biochemical diversity and innovation in the Brassicales. *Phytochemistry* 71, 2074-2086.
- Mohan, V. R., Tresina, P. S., & Daffodil, E. D. 2016. Antinutritional Factors in Legume Seeds: Characteristics and Determination. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 211-220). Oxford: Academic Press.
- Muri, M. A., Luffs, J. B., Lo-Sometz, H. 2004. Patent 2004/CN1498659.
- Nilsson, J., Olsson, K., Engqvist, G., Ekvall, J., Olsson, M., Nyman, M., et al. 2006. Variation in the content of glucosinolates, hydroxycinnamic acids, carotenoids, total antioxidant capacity, and low-molecular-weight carbohydrates in Brassica vegetables. *Journal of the Sciences of Food and Agriculture*, 86, 528-538.
- Peralta Idrovo, E., Peralta Idrovo, F., & Peralta Idrovo, H. 2022. Uso social del fréjol torta: lúdica y juego en Sur América. *Siembra*, 9. N°. 3. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central. Quito. Ecuador.
- Pérez-Hidalgo, M.A.; Guerra-Hernández, E.; García-Villanova, B. 1997. Dietary fiber in

- three raw legumes and processing effect on chickpeas by enzymatic-gravimetric method. *J. Food Comp. Anal.*, 10, 66-72.
- Rosa, E.A.S., Heaney, R.K., Fenwick, G.R., Portas, C.A.M., 1997. Glucosinolates in crop plants. *Hortic. Rev.* 19, 99-215.
- Rubio, L.A.; Rodriguez, J., Fernández, C., Crespo, J.F. 2004. Storage proteins: physiological and antigenic effects. EAAP publication n°. 110: Toledo, Spain. 159-175.
- Ruiz-López, M. A., García-López, P. M., Castañeda-Vazquez, H., Zamora, N. 497 J. F., la Mora, P. G.-D., Pineda, J. B., Muzquiz, M. 2000. Chemical Composition and Antinutrient Content of three *Lupinus* Species from Jalisco, Mexico. *Journal of Food Composition Analysis*, 13(3), 193-199.
- Sarmiento TR, 2012. Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas.
- Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. 1989. CRC Handbook of world food legumes: nutritional chemistry processing technology and utilization. CRC Press, INC Boca Ratón: Florida, I, 5-25.
- Sandberg, A.S. 2002. Bioavailability of minerals in legumes. *Br J Nutr.*, 88 (3), 281-285.
- Shiga, T.M., Lajolo, F.M., Filisetti, T.M.C.C. 2003. Cell Wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 23 (2): 141-148.
- Shrikhande, A.J. 2000. Wine by products with health benefits. *Food Res. Int.*, 33, 469-474.
- Slominski, B.A., Campbell, L.D., 1989. Formation of indole glucosinolate breakdown products in autolyzed, steamed and cooked brassica vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 37, 1297-130.
- Schneeman, B.O. 1994. Carbohydrates: Significance for energy balance and gastrointestinal function. *J. Nutr.*, 124, 1747-1753.
- Siomos, A. S., & Dogras, C. C. 2000. Nitrates in vegetables produced in Greece. *Journal of Vegetable Crop Production*, 5(2), 3-13.
- Suzuki, H.; Sakane, I., Hosoyama, H., Sugimoto, A., Nagata, K., Tsunoda, T. 2003. Patent: 2003/JP2003095941.
- Villacrés, E., Álvarez, J., & Rosell, C. M. 2020a. Effects of two debittering processes on the 517-alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100,2166-2175. <https://doi.org/10.1006/jfca.1999.0887>.
- Ursini, F., Tubaro, F., Rong, J., Sevanian, A. 1999. Optimization of nutrition: polyphenols and vascular protection. *Nutr. Rev.*, 57, 241-249.

- Vijayakumari K., Pugalenth M., & Vadivel V. 2007. Effect of soaking and hydrothermal processing methods on the levels of antinutrients and in vitro protein digestibility of *Bauhinia purpurea* L. seeds. *Food Chemistry*, 103, 968-975.
- Villacrés, E., Quelal, M. B., Jácome, X., Cueva, G., & Rosell, C. M. 2020b. Effect of debittering and solid-state fermentation processes on the nutritional content of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *International Journal of Food Science & Technology*, 521 55(6), 2589-2598.
- Vioque, J.; Sánchez-Vioque, R.; Pedroche, J.; Yust, M.M.; Millán, F. 2001. Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos. *Grasas y aceites.*, 52, 127-131.
- Von Baer, D., Reimerdes, E. H., & Feldheim, W. (1979). Methoden zur Bestimmung der Chinolizidinalkaloide in *Lupinus mutabilis*. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 169(1), 27-31. <https://doi.org/10.1007/BF01353410>
- Waterhouse, A. L. 200. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Xu, B.J., Yuan, S.H., Chang, S.K.C. 2007. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *J. Food Sci.*, 72, 167-177.
- Yalcin, S., & Basman, A. 2015. Effects of infrared treatment on urease, trypsin inhibitor and lipoxygenase activities of soybean samples. *Food Chemistry*, 169, 203-210.
- Zhang Y., Talalay P., 1994. Anticarcinogenic activities of organic isothiocyanates: chemistry and mechanisms, *Cancer Res.* 54 1976S– 1981S.
- Zhang, Z., Ober, J.A., Kliebenstein, D.J., 2006. The gene controlling the quantitative trait locus epithiospecifier modifier1 alters glucosinolate hydrolysis and insect resistance in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 18, 1524–1536.
- Zhang, Z., Ober, J.A., Kliebenstein, D.J., 2006. The gene controlling the quantitative trait locus epithiospecifier modifier1 alters glucosinolate hydrolysis and insect resistance in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 18, 1524–1536.

Anexo

Anexo 1. Fenotipos de variedades torta o haba pallar utilizadas en el análisis químico, nutricional y funcional. Laboratorio de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Mejía, 2023.

Código	Descripción	Fenotipo
1	Pallar PE. 001 blanco grande “Ica”.	
2	Torta IM. 002 rojo-blanco.	
3	Torta IM. 003 rojo.	
4	Torta IM. 004 blanco-negro.	
5	Torta IM. 005 blanco-negro grande.	
6	Torta IM. 006 crema-negro.	
7	Torta IM. 007 negro-blanco.	
8	Torta IM. 008 rosa-jaspeado.	
9	Torta IM. 009 negro-dorado.	
10	Torta IM. 010 negro.	

Continuación Anexo 1.

Código	Descripción	Fenotipo
11	Pallar MA. 01-02 blanco de Manabí.	
12	Pallar MA. 03 blanco de Crucita.	
13	Pallar MA. 04 habichuela de hoja puntada.	
14	Pallar MA. 05 habichuela de hoja ancha..	
15	Pallar MA. 06 habichuela de jardín.	

Elaboración: E. Peralta, 2023.



CAPÍTULO V

Fotografía: Rubén Alcivar Murillo



Fotografía: INIAP, E.E. Portoviejo

Cultivo, mercado y consumo del haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la provincia de Manabí.

Eddie Zambrano Zambrano¹ y Eduardo Peralta Idrovo²

¹ Investigador, responsable del Programa de Maíz, E.E. Portoviejo, INIAP, Ecuador; eddie.zambrano@iniap.gob.ec

² Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

Resumen

Documentos históricos sobre los *Phaseolus* en los territorios del actual Ecuador indican la presencia del cultivo de haba pallar o habichuela (*Phaseolus lunatus* L.) y el uso de sus semillas en la alimentación en la provincia de Manabí desde muchos siglos atrás. Información estadística nacional (1975) evidencia su presencia como cultivo y el INIAP (1987 y 1992) publicó información de las variedades mejoradas de haba pallar y su manejo en asociación con maíz. Con estos antecedentes, se realizó un diagnóstico del cultivo de *P. lunatus* en Manabí para determinar su situación actual e identificar la tecnología local de manejo, producción, mercado y consumo. Se elaboró una encuesta en formato electrónico con 70 preguntas relacionadas con los factores socioeconómicos, agronómicos, de uso y ecológicos. Se realizaron 35 encuestas a 33 agricultores hombres y dos mujeres de siete cantones. Entre los resultados más relevantes se encontró que: la costumbre de cultivar la heredaron de sus abuelos, y cultivan pallar por más de 50 años, usando diferentes arreglos de siembra y en rotación de cultivos, en época de invierno y de verano. Siembran en surcos o en hoyos, con tutores o asociado con maíz. Se identificaron cuatro variedades de haba pallar y cinco de habichuela. Durante el cultivo realizan una serie de prácticas agrícolas; la cosecha la realizan entre los tres y cuatro meses después de la siembra. La mayoría produce para el consumo familiar y el mercado; la vaina verde se oferta a los intermediarios en unidades como sacos o pacas, y a los consumidores en “mazos”. Los precios son variables y están en función de la época de cosecha. Son consumidas en el almuerzo, hasta cuatro veces por semana; conocen por lo menos diez formas de preparar como alimento. Es un cultivo de temporal, importante en los sistemas de producción de agricultura familiar campesina y un gran potencial para la costa ecuatoriana.

Palabras clave: sistemas de producción, manejo agronómico, épocas, semilla, precios, consumo.

Abstract

Historical documents about the *Phaseolus* in the present-day ecuadorian territories indicate the presence of pallar bean cultivation or kidney beans (*Phaseolus lunatus* L.), and the use of its seeds in food within the Manabí province since many centuries ago. National statistical information (1975) evidences its presence as a crop and INIAP (1987 and 1992) published information on improved pallar bean varieties and their management in association with

corn. With this background, a diagnosis of the cultivation of *P. lunatus* in Manabí was made to determine its current situation and identify the local technology of management, production, market and consumption. An electronic survey was prepared with 70 questions related to socioeconomic, agronomic, use and ecological factors. 35 surveys were carried out on 33 male and two female farmers from seven counties. Among the most relevant results, it was found that they cultivate pallar for more than 50 years, using different planting arrangements and crop rotations, as in winter as in summer seasons; they sow in furrows or in holes, with stakes or associated with corn crop. Four varieties of pallar bean and five of kidney beans were identified. They inherited the habit of cultivation from their grandparents. For cultivation they carry out a wide series of agronomic practices. The harvest is done three to four months after sowing; most produced for family consumption and for marketing; the green pod is offered to intermediaries in units such as sacks or bales and to consumers in “decks”. The sale prices are variable and are based on the time of harvest. Beans are eaten at lunch, up to four times a week. They know at least ten ways to prepare it as a food. It is a rainfed crop, especially important in peasant family farming production systems of the coast region.

Keywords: production systems, agronomic management, times, seed, prices, consumption.

Introducción

En la provincia de Manabí, Ecuador, el fréjol torta (*Phaseolus lunatus* L.) es conocido con los nombres de haba pallar, haba manaba y habichuela.

Por información histórica del pallar en Ecuador particularmente en esta provincia. Estrella (1998), en su libro “Pan de América, etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador”, señala que, a esta especie de fréjol, se le denomina en idioma quichua como Pallar (Velasco, 1977, I:157) y que otros nombres vulgares son: torta, pallar, frijol de Lima, fréjol manteca y fréjol payar.

Los fréjoles conocidos en Manabí como haba manaba y habichuela, son de grano blanco; las primeras de tamaño mediano, las segundas de tamaño pequeño; las dos cultivadas y usadas en la alimentación humana de esta provincia. Estrella (1998), continua y señala que “*Ph. lunatus es una planta herbácea, anual, bienal o perenne, que tiene algunas variedades trepadoras y enanas, con semillas grandes o pequeñas. Esta leguminosa se produce principalmente en zonas tropicales y subtropicales. Nuestros nativos prefieren la variedad perenne, de semillas grandes, que se produce principalmente en áreas calientes de la Costa, el Oriente y los valles serranos*”.

Estrella (1998) resalta la historia de *P. lunatus* en los territorios que hoy son parte del Ecuador, al indicar que el cronista Fernández de Oviedo (1959, V: 13) reporta que los conquistadores encontraron en Atacames unas “habas de comer”, las cuales pueden corresponder a pallares, ya que las habas propiamente dichas (*Vicia faba* L.) fueron introducidas posteriormente. Respecto a Manabí y Portoviejo, indica que Cieza (1962: 150) refiere la existencia de «muchas legumbres y habas», y que a comienzos del siglo XVI se comían unas habas que se diferenciaban poco de las de España, pero que «eran de mucho sustento» (Anónimo 1907). Al parecer esta fue una región tradicional para la producción, ya que en el siglo XVIII Montúfar y Frasso (1890) hablan de que los sembríos de pallares «son los que más se ejercitan».

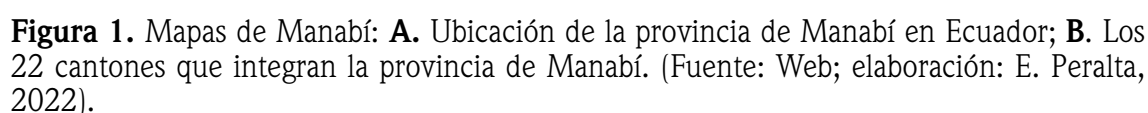
Para la región Sierra, Estrella (1998) menciona a la Relación de Paute de 1582, al decir que los indios comían «frísoles grandes y pequeños», los grandes pueden ser pallares. Para la región amazónica, señala que “en Zamora en el año de 1573, se cuenta que los nativos comían frísoles a manera de habas”. Para el siglo XVIII se citan a los pallares como cultivos frecuentes en las naciones de Sima, Simigayes, Andoas y Canelos en la región oriental (Echeverría, 1895). Pazos (2018), resalta que en la *Historia del Reino de Quito en la América Meridional* (*Historia Natural* del padre Juan de Velasco 1789/1987), se menciona a dos tipos de fréjol: “[...] *mata hambres*, blancos, grandes, muy chatos y *pallares*, mucho mayores, anchos y chatos [...]” (pág. 157).

Manabí es la provincia costera de Ecuador que presenta una mayor superficie cultivada y por ende un mayor consumo de esta especie a la época. Además, al estar compartiendo Manabí un ambiente similar con las provincias colindantes es altamente probable que en éstas también se cultiven y consuman las habas pallares y las habichuelas. Por lo tanto, amerita realizar una investigación para confirmar esta hipótesis, lo cual permitiría evidenciar que la especie *P. lunatus* y sus variedades son importantes en los sistemas de producción, en la alimentación y nutrición de poblaciones rurales y urbanas de la región costa.

Recabando antecedentes estadísticos históricos relacionados con *P. lunatus*, se encontró que en la publicación “Estimación de la superficie cosechada y de la producción agrícola del Ecuador, realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), año 1975, en la columna correspondiente al cultivo de haba (*Vicia faba* L.) equivocadamente se incluyen los datos de haba manaba (*P. lunatus*). Tómese en cuenta que el haba *V. faba* L. se cultiva exclusivamente en las provincias de la Sierra, en tanto que el haba manaba *P. lunatus* L. proviene de la provincia de Manabí. De esta confusión de especies, amerita rescatar los valores que fueron asignados a estas provincias de la Costa y la Amazonia (Napo) en aquel año, pues sirven para sostener que el cultivo de *P. lunatus* fue importante en el sistema de producción o tiene potencial para aquello y, al publicar información relacionada con *P. lunatus* en el país, se facilita la identificación correcta de las dos especies.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, entregó dos variedades mejoradas de haba pallar en la Estación experimental de Portoviejo: INIAP Portoviejo 491 (1993) e INIAP Portoviejo 490 (1992) y las recomendaciones técnicas para el manejo asociado con maíz (Mendoza y Linzán 1992-1993 y Arroyave 1987).

A la época, se conoce que en la provincia de Manabí se cultiva y consume *P. lunatus*, no así en la provincia del Napo, de la que no se dispone de ninguna información relacionada. Manabí es una de las 24 provincias del país (Figura 1-A), situada en la región Costa, es la cuarta provincia más grande del Ecuador (19.427 km²). Manabí limita al norte con Esmeraldas, al este con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos, al sur con Santa Elena, al este y sur con Guayas, y al oeste con el océano Pacífico. La población de la provincia es alrededor de un millón y medio de personas (proyección Obras Públicas, 2020). La provincia de Manabí está constituida por 22 cantones (Figura 1-B). El clima es considerado como subtropical seco a subtropical húmedo y extremadamente húmedo, influenciado por dos corrientes marinas. El invierno o época de lluvias inicia en diciembre y concluye en mayo, es caluroso, afectado por la corriente del Niño y el verano o época seca que va de junio a diciembre, menos caluroso, por influencia de la corriente de Humboldt. La temperatura media es de 24 °C y la altitud varía de cero metros hasta los 600 m s.n.m.



Materials y métodos

Resultados

EL TERRENO QUE CULTIVA ES:

Categoría	Porcentaje
Propio	54,3 %
Arrendado	37,1 %
Otro	8,6 %

Figura 2. Situación de la tenencia de la tierra en la que cultivan estas leguminosas en Manabí, 2022.

Las respuestas provienen de los territorios de siete cantones: Portoviejo, Santa Ana, Tosagua, 24 de mayo, Chone, Pedernales y Sucre. La altitud de estas localidades se encuentra en el rango de 20 a 210 m, aproximadamente. El 54,3% respondió que la tierra en la que cultiva es propia, el 37,1% es arrendado y el 8,6 % de otra condición (préstamo, cuidado, etc.), (Figura 2).

Los encuestados respondieron que para hacer sus cultivos donde son parte del sistema de producción el haba y la habichuela, el 65,7 % contrata mano de obra; el 25,7% no contrata y el 8,6% intercambia la mano de obra. El 65,7% señaló que además de la agricultura trabajan en otras actividades, el 34,3% informó que solo practica la agricultura. A la pregunta de cuál de las actividades le genera mayores ingresos, hubo innumerables respuestas; sin embargo, el 25,7% respondió que es la agricultura, donde resaltan la producción de maíz, complementadas con actividades ganaderas, de cultivo de guanábana y otros cultivos.

2. Factores agroeconómicos y de uso

Dependiendo de la edad y la oportunidad de los agricultores encuestados, la práctica de siembra de haba manaba data de hace por lo menos 50 años, hasta agricultores con pocos años de siembra, mientras que para habichuela mencionaron por lo menos 30 años. El 48,6% cultiva esta especie en monocultivo; el 25,7% en espaldera; el 17,1% usan tutores y el 8,6% en asociación con maíz (Figura 3).

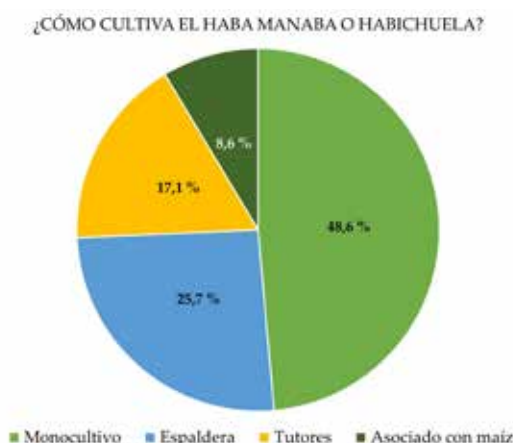


Figura 3. Sistemas de cultivo de haba y habichuela en Manabí, 2022.

En cuanto a las rotaciones del cultivo, el 25,7% de agricultores antes de estas leguminosas sembraron maní y el resto lo hicieron con maíz, cilantro, fréjol, pimienta o mantienen el suelo en descanso, y el 22,6% respondió que sembrarán maíz, plátano, yuca, maní, maracuyá y otros cultivos o dejarán el suelo en descanso. Respecto de la época de siembra, el 63,3% indicó que siembran haba manaba entre los meses de diciembre a abril y el 36,7% habichuela en este mismo periodo (época de invierno); es decir, en enero empieza el invierno y con las primeras lluvias, realizan las primeras siembras. En áreas del valle del río Portoviejo, que son más húmedas, las siembran lo hacen en los meses de marzo y abril. En la época de verano (junio a septiembre), el 28,3% siembra haba manaba y el 44% habichuela. Las primeras siembras realizan con la humedad remanente del invierno, es decir en el mes de mayo. Otros lo hacen en el mes de octubre con agua de riego por gravedad o por goteo, donde está disponible.

Sobre la preparación del suelo para la siembra, el 31,7% informó que para la siembra de estas leguminosas practican la labranza mínima en surcos y el 28,6% abriendo hoyos. El 20% realizan una labor de arado y el 19,7% practican labores de arado, rastrado y surcado

(Figura 4). En las labores agrícolas, el 71,4% usa herramientas manuales y el 28,6% emplean maquinaria agrícola.

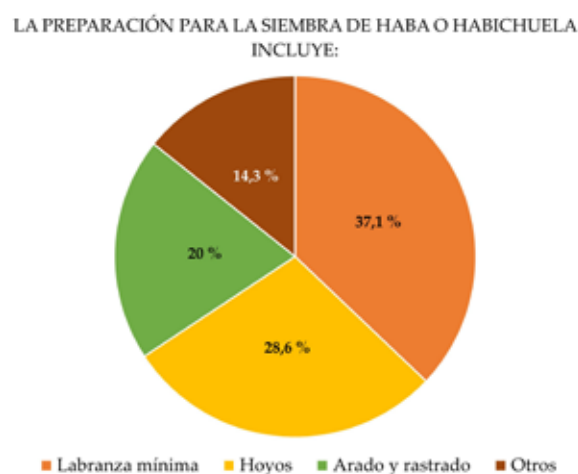


Figura 4. Prácticas de preparación de suelos y siembra en Manabí, 2022.

La generalidad de los agricultores señaló que preparan los suelos con una anticipación entre 15 y 60 días para la siembra de haba manaba y habichuela. 62,9% siembran en sitios u hoyos y el 37,1% en surcos. Los surcos pueden variar entre 1, 1,5, 2 y 3 m de distancia entre sí. El 56,3% lo hace a una distancia de 2 m. La distancia entre sitios u hoyos puede variar entre 0,5 a 3 m de distancia, donde el 21,0% lo hacen a 1 m de distancia, el 19,9% entre 2 a 2,5 m y el resto se distribuye en distancias más cortas o amplias. Todos los agricultores siembran 2 semillas por sitio u hoyo y 77,1% de productores usa semilla propia; el 17,1 % usa semilla seleccionada y el 5,8 % usa semilla mejorada.

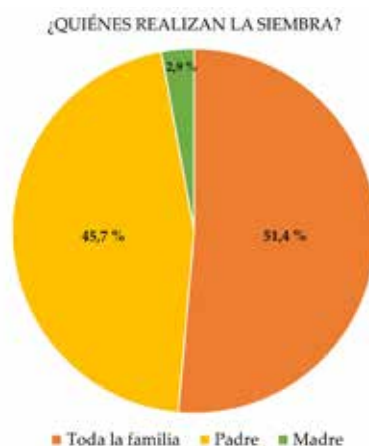


Figura 5. Participación de la familia en la labor de siembra de esta leguminosa en Manabí, 2022.

Para 51,4% de encuestados, la siembra realiza todos los miembros de la familia; 45,7% el padre y sólo el 2,9% la realiza la madre (Figura 5).

Con relación a las variedades de haba manaba conocen las siguientes: blanca veranera INIAP 491, invienera, morada y criolla; mientras que de habichuela conocen a correlona, de jardín, blanca, morada, oreja de burro y troquera. Sobre la historia del cultivo, la respuesta fue que es un cultivo ancestral, con más de 100 años de uso, cultivado desde los abuelos y

los padres; indicaron que 77,1% aprendieron a cultivar de los padres, 17,1% de los abuelos y 5,8% entre hermanos y vecinos (Figura 6).



Figura 6. Fuentes de conocimiento sobre el cultivo en Manabí, 2022.

En la Figura 12 (Anexo 2), se presentan fotografías de semillas de tres variedades de haba pallar o haba manaba y tres de habichuela (semillas pequeñas a muy pequeñas o de jardín), muestreadas en julio de 2022 en uno de los mercados de Portoviejo.

Un alto porcentaje de agricultores (97,1%) saben que, desde tiempos de los abuelos, se sembraban estas leguminosas en estos territorios; que es un cultivo ancestral. Respecto del origen de las semillas, el 66% no sabe; 26% dice que es propia del lugar y, 8% que se heredó de generación en generación.

Sobre las labores de cultivo, 71,4% de agricultores realiza deshierba, 25,7 % realizan deshierba y aporque y 2,9% sólo el aporque. Para el control de malezas o malas hierbas 40% usa herramientas manuales, 34,3% aplica herbicida, 5,7 % hace uso de las dos prácticas y el 2,8% no usa ninguna (Figura 7).



Figura 7. Formas de combate de malas hierbas o malezas en Manabí, 2022.

El 94,3% usa abonos y fertilizantes, 5,7% no los utiliza; los primeros emplean abonos completos como el triple 15; 8-20-20; urea; materia orgánica y abonos foliares. Respecto del uso del riego indicaron que es muy variable, que, dependiendo de la disponibilidad, unos indican que realizan entre 4 y 15 riegos y otros entre 2 y 4 riegos por mes.

Sobre la presencia de insectos-plaga, el 97,1% realiza control de insectos, el 2,9% no lo hace. Las plagas más mencionadas fueron: lorito verde o empoasca, negrita, mosca blanca, pulgones, hormigas y gusanos. Usan insecticidas como la Cipermetrina y otros; informaron que éstas atacan en las diferentes etapas de las fases de crecimiento y desarrollo de la planta y que el follaje es la parte más afectada. Sobre las enfermedades, el 80% realiza control y el 20% no lo hace; mencionan a la roya, ceniza y quemazón como las principales y usan productos con base en azufre para el control.

El haba manaba y la habichuela cosechan en tierno entre 2 y 3 meses, mientras que en seco lo hacen a los 4 meses; en los dos estados la cosecha es manual. El 34,3% respondió que producen sólo para la alimentación familiar, el 28,6% para la alimentación familiar y para vender en el mercado; el 25,7% producen sólo para el mercado y, 11,4% para la familia, el mercado y las amistades.

Sobre la cosecha, las respuestas fueron diversas; así, los que producen para el mercado indicaron que en cada ciclo cosechan entre 8 y 60 pacas; otros cosechan por sacos y otros entre 10 y 500 mazos. Un entrevistado informó que una paca contiene 60 libras de vainas o 2.700 vainas verdes y en octubre 2022 se vendió entre \$ 15 y 18 dólares la paca. Una libra tiene 45 vainas y un mazo o atado entre 20 y 24 vainas.

Algunos productores venden entre 300 y 10.000 mazos por ciclo, otros en sacos de 50 libras y otros entre 8 y 300 pacas. Los precios por mazo que le pagan al productor pueden variar entre 0,20 y 0,50 dólares, dependiendo de la época. Mencionaron que un saco de 50 libras vende en \$ 15,00 o varía entre 12 dólares en invierno y 40 dólares en verano; otros señalaron que una paca puede vender entre 15 a 25 dólares, en función de la época.

El 48,6% selecciona las vainas para el mercado por el tamaño; el 28,6% por el peso; el 14,3% por el tamaño y el color; el 5,7% por el color y el 2,8% por el tamaño y el peso; el 51,4% mencionó que cada mazo tiene 20 unidades; el 20% señaló que van de 10 a 15; el 8,6% hasta 25 unidades y 20% desconoce.

Respecto de los precios al consumidor, en agosto de 2022, los 223 g de habichuela en grano tierno presentó un precio de \$ 1 dólar, al ser así, el valor de 1 kg equivaldría a \$ 4,48 dólares (Figura 17, Anexo 4). En otro sitio, los 207 g de haba manaba costaba \$ 1 dólar, por lo que el precio de 1 kg equivaldría a \$ 4,83 dólares, es decir 35 centavos más (ofertado en tiendas ubicadas entre Portoviejo y Chone). En uno de los supermercados de Portoviejo el precio de 300 g de haba manaba fue de \$ 1,68 dólares, con un equivalente de \$ 5,60 el kilogramo en grano tierno.



Figura 8. Formas de comercialización del haba manaba o habichuelas en tierno en Manabí, 2022.

El 42,9% vende la producción al intermediario; el 28,6% al intermediario y consumidor; el 20% no vende y el 8,5% lo hace directamente al consumidor (Figura 8).

Respecto al consumo, el 100% señaló que lo consumen en el almuerzo; un 40% en el almuerzo y la merienda y apenas una persona (2,9%) indicó que consume también en el desayuno; el 85,7% consume haba o habichuela por igual; el 11,4% solo haba manaba y el 2,9% solamente habichuela; el 82,9% de los entrevistados señaló que consume de 2 a 3 veces por semana, el 5,7% hasta 4 veces y el 11,4% consume todos los días de la semana. Sobre los platos que preparan, lo hacen entre 2 y 10 platos diferentes y los nombres más mencionados fueron: caldos o sopas con queso o con costilla de chanco; menestra, ensalada; frita o refrita y en estofado y sobre el gusto o preferencia, la mayoría respondió que les gusta por el buen sabor, porque es nutritiva, un buen alimento y porque es fácil de preparar.

En relación con el uso del grano seco de haba o habichuela, el 80% de los encuestados informó que los usa como semilla propia y para el consumo familiar como alimento y el 20% para vender en el mercado; mencionaron que preparan hasta siete platos, donde sobresalen el arroz moro con cuero de chanco, la menestra, el viche y los caldos.

Sobre la preferencia de consumo, el 51,4% señaló que consumen en estado tierno o seco; el 45,7% en grano tierno y el 2,9% en grano seco (Figura 9).

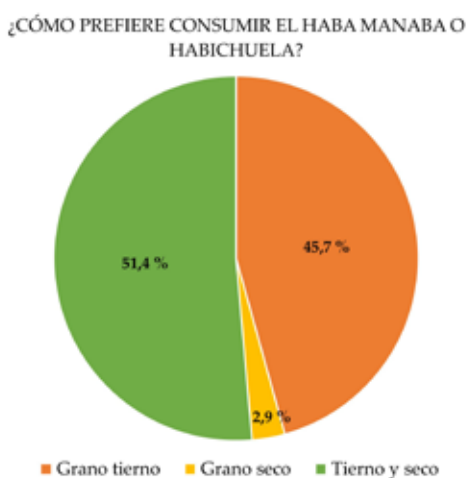


Figura 9. Preferencias de consumo de haba o habichuela en el área rural de Manabí, 2022.

En cuanto a la labor de trilla y almacenamiento, las vainas secas son trilladas manualmente; 77,1% de los agricultores almacena en costales, 20% en tanques de plástico y 2,9% en tanques metálicos.

Sobre la presencia de plagas de almacén, el 88,6% mencionó la presencia de gorgojo o polilla y 11,4 % no sabe el nombre o no tuvo problema con plagas de almacén. Para el control o combate los agricultores indicaron que almacenan en frascos herméticos; guardan en la nevera, usan agroquímicos como el Gastoxin® y productos naturales como arena, ceniza o en mezclas con ajo y laurel y finalmente los que venden el grano seco lo hacen por libras, a \$ 2 dólares la libra en promedio.

3. Factores ecológicos

Cuando se preguntó ¿cómo afecta el exceso de lluvia o la sequía al cultivo de haba o habichuela?, indicaron que incrementa la presencia de enfermedades como pudrición de raíz, muerte de las plantas, el daño de hojas y tallos produce la caída de las flores, el daño en las vainas, el crecimiento exagerado y la pérdida de la cosecha. Respecto a la sequía, informaron que se observa una mayor presencia de plagas, escasa floración, mal llenado de las vainas, estrés por falta de agua, muerte de las plantas y bajo rendimiento.

El 91,4% de encuestados considera que el haba manaba y habichuela es un cultivo de temporal o secano, pero que, en áreas bajo riego responden muy bien a esta labor. Sobre los suelos donde cultivan, el 62,9% indicó que cultiva esta leguminosa en suelos planos; 17,1% en suelos ondulados; 14,3 % en suelos de ladera y 5,7 % muy ondulados (Figura 10).



Figura 10. Topografías del cultivo de haba y habichuela en Manabí, 2022.

El 57,1% indicó que los suelos de cultivo son arcillosos; 20 % arenosos y 22,9% suelos francos (Figura 11); el 85,7% de los entrevistados afirma que son suelos fértiles, 5,7% que son suelos pobres, y 8,6% desconoce.

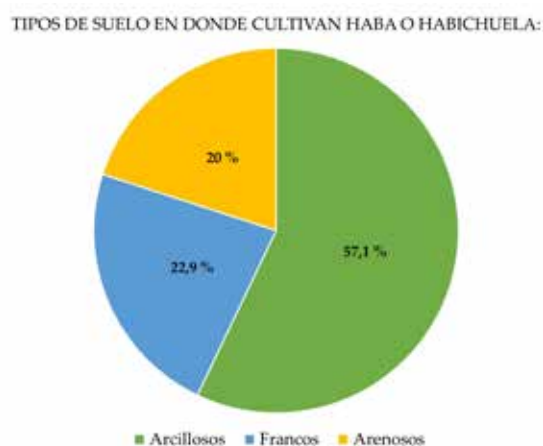


Figura 11. Textura del suelo de cultivo en Manabí, 2022.

Además, el 91,4% señaló que seguirá sembrando y el 8,6% mencionó que no lo hará. Sobre el interés de los jóvenes en hacer agricultura, el 54,3% respondió que sí, el 31,4%

dice que no, y el 14,3% que desconoce. Finalmente se consultó si conoce sobre los efectos del cambio climático en la agricultura de la zona, a lo que indistintamente indicaron que saben que afecta a los cultivos, que se pierden las cosechas o bajan los rendimientos, que genera una mayor incidencia de plagas y enfermedades por mayor cantidad de lluvia o sequía; que las altas temperaturas afectan a los cultivos y que ya se siente una mayor temperatura.

Conclusiones

La información que compartieron los agricultores de seis cantones de Manabí contribuye, por una parte, a fortalecer los datos históricos del cultivo y el consumo de *P. lunatus* en este territorio desde tiempos ancestrales y, por otra, a demostrar cómo lo siguen cultivando y consumiendo en el presente.

De los resultados de la encuesta aplicada en Manabí se puede concluir que alrededor del cultivo y consumo de haba manaba y habichuela existe un bagaje de conocimientos, empezando por la conservación de una importante diversidad genética, pues los productores informaron que conocen por lo menos cuatro variedades de grano grande (haba manaba) y cinco de grano mediano a pequeño (habichuela), los dos tipos de semillas de color blanco (Anexo 2). En el banco de germoplasma del INIAP se conservan cinco colectas realizadas en Manabí; sin embargo, creemos que amerita completar la recolección del material genético en la parte tropical de Ecuador, con fines de su preservación, caracterización, uso en investigación y desarrollo.

A la vez, como prácticas de manejo del cultivo se pueden visualizar la disponibilidad de una tecnología tradicional, la que va siendo ajustada a las nuevas oportunidades para su mejora como, por ejemplo, el uso del agua de riego por goteo. La siembra es practicada bajo diferentes arreglos de siembra, tanto en monocultivo (tutores y espalderas), como en la asociación con el cultivo de maíz (Anexo 3) y en la lógica campesina, realizan rotaciones con otros cultivos de la zona para conservar la fertilidad y reducir la presencia de plagas en los ciclos de verano y de invierno. La producción en dos ciclos por año les permite mejorar la seguridad alimentaria y la generación de ingresos económicos. Así, este cultivo es un componente importante de la agricultura familiar campesina, pues en todas las fases del cultivo (desde la siembra a la cosecha) participa toda la familia.

Algunos agricultores practican la siembra con labranza mínima, otros hacen uso de herramientas manuales o de maquinaria agrícola y, durante el ciclo de cultivo de cuatro meses, realizan control de plagas y enfermedades. La cosecha más importante es como vaina verde o grano tierno, tres meses después de la siembra, siendo esta cosecha orientada al consumo familiar y al mercado local (Anexo 4) gracias a su gran demanda. Sin embargo, la cosecha en grano seco no deja de ser menos importante, pues esta constituye la semilla para la siguiente siembra y para la alimentación en el hogar rural.

Los resultados de esta investigación muestran que el haba manaba y las habichuelas juegan un importante papel en la seguridad alimentaria y nutricional de la población rural manabita, la que manifiesta que las consumen frecuentemente en por lo menos diez platos diferentes. Por otro lado, la comercialización de la cosecha es principalmente en vaina verde a través de los intermediarios o acopiadores y eventualmente de manera directa a los consumidores. Comercializan en sus propias unidades y la más frecuente al intermediario son en sacos o

pacas y al consumidor en los “mazos” o atados que contienen entre 20 y 24 vainas. Los precios que reciben los agricultores son muy variables, depende de la época de cosecha, de la calidad de la vaina y del grano tierno.

Finalmente, el cultivo de haba manaba y habichuela es un renglón importante en la alimentación, al ser un cultivo y producto que genera trabajo e ingresos a las familias campesinas y otros actores de la cadena productiva. Por todo lo analizado, el haba manaba y la habichuela constituyen un componente importante y primordial en la agricultura familiar campesina de Manabí, con un gran potencial para la costa ecuatoriana.

Recomendaciones

Con la información preliminar disponible, se propone realizar investigaciones agronómicas, genéticas, gastronómicas y a la vez organizar proyectos y programas para promocionar el uso potencial de la especie por su adaptación frente al cambio climático y en la alimentación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jaime Martínez por su revisión y sugerencias para la mejora del texto, como también al Ing. Iván Reinoso R. A la vez, a los ingenieros Heriberto Mendoza Z., Luis Duicela G. (exinvestigadores del INIAP), Ing. Iván Peralta T. (elaboración de encuesta digital), agricultores de Manabí y a los Revisores.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta a 35 productores de la provincia de Manabí, Ecuador, entre agosto y octubre de 2022.

A. Factores socioeconómicos

1. Ubicación
2. ¿El terreno en el que cultiva haba manaba y/o habichuela es propio, arrendado u otro?
3. ¿Contrata mano de obra para las labores agrícolas?
4. ¿Además de la agricultura, trabaja en otra actividad?
5. ¿Cuál de las actividades le genera mayores ingresos?

B. Factores agronómicos y de uso

6. ¿Cuántos años viene cultivando haba y/o habichuela?
7. ¿Cómo realiza el cultivo?
8. ¿Antes o después de estas, qué cultiva?
9. ¿En qué meses del año siembra?
10. ¿La preparación del suelo, qué labores incluye?
11. ¿Qué herramientas usa para la preparación del suelo?
12. ¿Cuánto tiempo antes prepara el suelo para la siembra?
13. ¿Cómo hace la siembra?
14. ¿A qué distancia se trazan los surcos?
15. ¿Cuántas semillas coloca por hoyo o por sitio?
16. ¿Para la siembra, usa semilla propia?
17. ¿Quiénes realizan la siembra?
18. ¿Cuántas variedades de haba manaba conoce?
19. ¿Cuántas variedades de habichuela conoce?
20. ¿Conoce desde cuando se siembran en Manabí?
21. ¿Quién le enseñó a cultivar?
22. ¿Usted sabe si sus abuelos sembraban este cultivo?
23. ¿Sabe de dónde trajeron las primeras semillas?
24. ¿Realiza labores de deshiera o aporque en este cultivo?
25. ¿Para el control de malezas, qué utiliza?
26. ¿Fertiliza o abona este cultivo?
27. ¿Qué utiliza para abonar o fertilizar?
28. ¿Si dispone de agua de riego, con qué frecuencia la utiliza?
29. ¿Existen insectos-plaga en este cultivo?
30. ¿Cómo se llaman estas plagas?
31. ¿Realiza el control de estos insectos?
32. ¿En qué época y parte de la planta atacan estos insectos?
33. ¿Qué utiliza para el control?
34. ¿Existen enfermedades en este cultivo?
35. ¿Cómo se llaman estas enfermedades?
36. ¿Realiza el control de estas enfermedades?
37. ¿En qué época y parte de la planta atacan estas enfermedades?
38. ¿Qué utiliza para el control?
39. ¿En cuántos meses cosecha en estado tierno o secos estos cultivos?
40. ¿La cosecha es manual?
41. ¿A qué destina el grano tierno o el grano seco?
42. ¿Cuántos mazos o atados cosecha por ciclo?
43. ¿Cuántos atados o mazos vende en el mercado?
44. ¿En el mercado, cuánto le pagan por mazo o atado?
45. ¿Práctica la selección de vainas verdes para vender en el mercado?

46. ¿Cuántas vainas verdes tiene cada mazo o atado?
47. ¿A quién vende o entrega la vaina verde o el grano tierno?
48. ¿En su hogar, esta leguminosa consume en el desayuno, almuerzo o en la merienda?
49. ¿Qué consumen más en su hogar: haba o habichuela?
50. ¿Cuántas veces a la semana consumen?
51. ¿Cuántos platos prepara?
52. ¿Cómo se llaman estos platos?
53. ¿Por qué le gusta consumir estos granos?
54. ¿El grano seco, para qué utiliza?
55. ¿Cuántos platos prepara?
56. ¿Cómo prefiere consumir: tierno o seco?
57. ¿Cómo trilla y almacena el grano?
58. ¿Qué plaga ataca al grano seco en almacén?
59. ¿Cómo se llama esta plaga?
60. ¿Cómo combate a la plaga de almacén?
61. ¿Si vende el grano seco, qué precio le pagan?

C. Factores ecológicos

62. ¿Cómo afecta el exceso de lluvia a este cultivo?
63. ¿Cómo afecta la sequía a este cultivo?
64. ¿Es un cultivo de temporal?
65. ¿Cómo son los suelos en los que cultiva?
66. ¿Qué tipo de suelos?
67. ¿Son suelos fértiles o pobres?
68. ¿Seguirá sembrando este cultivo en los próximos años?
69. ¿Cree que a los jóvenes no les interesa la agricultura?
70. ¿Qué conoce sobre los efectos del cambio climático?

Anexo 2. Variedades de haba manaba y habichuela:

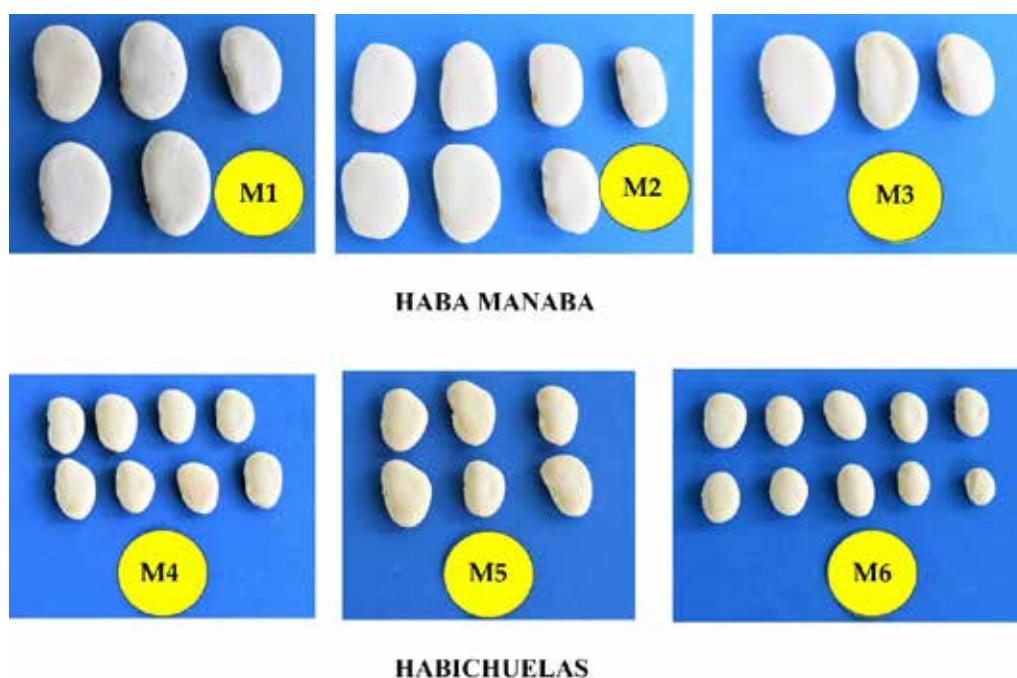


Figura 12. Muestra de variedades de haba manaba y habichuela, disponibles en mercados de Portoviejo (Colector: E. Zambrano. Foto. E. Peralta, 2022).

Anexo 3. Manejo del cultivo:



Figura 13. Sistema de producción de haba manaba en espalderas. Portoviejo, 1992. (Fotografía: E. Peralta).



Figura 14. Cultivo de haba manaba en crecimiento, en el sistema de espalderas y riego por goteo en San Clemente, Manabí, 2022. (Fotografía: E. Zambrano).



Figura 15. Sistema de producción de habichuela en espalderas, bajo riego por goteo, San Clemente, Manabí, 2022. (Fotografía: R. Alcívar).



Figura 16. Sistema de producción tradicional asociado maíz con haba o habichuela, practicado por los agricultores más antiguos en Manabí, 2022. (Fotografía: E. Zambrano)

Anexo 4. Oferta en grano tierno:



Figura 17. Presentación y precios de haba manaba y habichuela en mercados de Portoviejo (Fotografías: H. Mendoza, 2022).



Figura 18. Vaina verde de haba manaba en los mercados de Portoviejo, 2022. (Fotografía: E. Zambrano).



Figura 19. Vaina verde y grano tierno de habichuela en los mercados de Portoviejo, 2022. (E. Zambrano).



Figura 20. Vaina verde en “mazos” y grano tierno de haba en los mercados de Portoviejo, 2016. (E. Zambrano).

Referencias

- Arroyave, J. 1987. Maíz-Haba, una asociación para el valle del río Portoviejo. Boletín divulgativo N°. 196. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador. 5 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Aart van Schoonhoven; César Cardona; Jorge García. Producción: Héctor F. Ospina, Carlos A. Valencia, Cali, Colombia. 45 p. Tercera edición.
- Estrella, E. 1994. El Pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Tercera edición. FUNDACYT. Quito, Ecuador. pp. 72.
- INEC. 1975. Estimación de la superficie cosechada y de la producción agrícola del Ecuador, año 1975. Quito, Ecuador.
- Mendoza, H. y Linzán, L. 1993. INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. Plegable No. 132. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador.
- Mendoza, H. y Linzán, L. 1992. INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano. Plegable No. 124. Estación Experimental Portoviejo. INIAP. Portoviejo, Ecuador.
- Pazos, S. 2018. Cultura Culinaria: *Phaseolus vulgaris* o purutu, Fréjol, pallares, etc. En: AMÉRICA. Revista de la Corporación Cultural Grupo América. N° 128. Quito, Ecuador. pp. 130.

https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Manab%C3%AD
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/proyeccion_cantonal_total_2010-202012016-v1.pdf

A photograph of several white beans scattered on a large green leaf. Two dried bean pods are at the top. The text 'CAPÍTULO VI' is overlaid in yellow.

CAPÍTULO VI

Fotografías: Eduardo Peralta Idrovo



Uso de *Phaseolus lunatus* L. en la alimentación humana en la provincia de Manabí.

Eduardo Peralta Idrovo¹ y Eddie Zambrano Zambrano²

¹ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

² Investigador, responsable del Programa de Maíz, E.E. Portoviejo, INIAP, Ecuador; eddie.zambrano@iniap.gob.ec

Resumen

Diferentes especies de leguminosas de origen andino y de grano comestible fueron parte de la agricultura y la alimentación de los pueblos precolombinos, formando parte de variados platos en tiempos de la colonia y la república en los territorios que hoy corresponden al Ecuador; entre estas leguminosas destacan algunas especies de fréjol (*Phaseolus* sp.). En la provincia de Manabí, una especie de fréjol que resalta actualmente en la alimentación humana es *Phaseolus lunatus* L., conocida localmente con los nombres de haba manaba o habichuela. Con el objetivo de conocer y compilar datos relacionados con el requerimiento del grano y las formas de uso de esta leguminosa en Manabí, se aplicó una encuesta virtual a 64 personas de los cantones de Portoviejo y Manta. Los resultados mostraron que esta especie es adquirida como grano tierno en los mercados locales, los precios varían dependiendo de la época de invierno o verano; se consume de tres a cuatro veces por semana, en 19 formas diferentes de preparación, aunque predominan tres platos. Los resultados muestran la importancia de esta especie en la alimentación de los pobladores de Manabí y, seguramente, también de las provincias costeras vecinas por compartir ambientes y costumbres muy parecidas. Este trabajo muestra la existencia de una gran riqueza en la cocina costumbrista y gastronómica de Manabí, en comparación con las provincias serranas (en Imbabura y Pichincha se reportó la elaboración de solo cuatro platos), resultado que amerita una investigación más detallada.

Palabras clave: Haba manaba, fréjol, Imbabura, Pallar, Pichincha, recetas tradicionales.

Abstract

Different species of legumes of Andean origin and edible grain were part of the agriculture and diet of pre-Columbian peoples, forming part of various dishes in colonial and republican times in the territories that today correspond to Ecuador. Among these legumes, some species of beans (*Phaseolus* sp.) stand out. In the province of Manabí, one species of bean that currently stands out in human consumption is *Phaseolus lunatus* L., locally known by the names of manaba bean or habichuela. To know and compile data related to the requirement and forms of use of this legume in Manabí, a virtual survey was applied to 64 people from the counties of Portoviejo and Manta. The results showed that this species is acquired as a tender grain in the local markets, the prices vary depending on the winter or summer season. It is consumed three to four times a week, in 19 different ways of preparation, although three dishes predominate. The results show the importance of this species in the diet of the inhabitants of Manabí and, surely, also of the neighboring coastal

provinces, because they share very similar environments and customs. This work shows the existence of a great richness in the traditional and gastronomic cuisine of Manabí, in comparison with the mountainous provinces, since in both Imbabura and Pichincha provinces the elaboration of only four dishes was reported, a result that deserves a more detailed investigation.

Keywords: Manaba bean, kidney bean, Imbabura, pallar, Pichincha, customary recipes.

Introducción

El fréjol torta, pallar, haba manaba o habichuela, son los nombres con los que se conoce al frijol Lima en Ecuador. Es una de las cuatro especies de *Phaseolus* que se cultiva y consume en las tres regiones geográficas del país, cuyo origen radica en estos territorios.

Para conocer cómo se consumió, y se sigue consumiendo el pallar y/o torta (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador, es importante remitirnos a algunos antecedentes sobre su uso en la alimentación humana desde épocas pasadas, uso que casi siempre estará ligado al fréjol común (*P. vulgaris* L.) por compartir el mismo tiempo de domesticación y agro ambientes. Estrella (1998), refiriéndose a los pallares, indica que antiguamente se comían las semillas tanto tiernas como maduras en preparaciones similares a la del fréjol común. Cordero (1950), respecto de *P. lunatus* Molina, señala que “produce unos granos que decimos pallares o tortas, y es de vegetación indefinida; no es tan útil como el fréjol común, y se lo tiene más bien como un vegetal curioso, aunque se aproveche alguna vez de su fruto, especialmente cuando tierno”.

De información rescatada de documentos de la época colonial, Pazos (2018) afirma que, durante la segunda mitad del siglo XVIII, las clases populares se alimentaban principalmente de granos como el fréjol, trigo, maíz y algún tipo de tubérculo (papa). Pazos (2018) cita al jesuita Mario Cicala (1771), quien informó en el tomo II de su Descripción Histórica que “el poroto americano se divide en tres tipos, el primero fue la *habichuela quimbolito* que se consumía en Panamá, el segundo se llamó *pallares* (*P. lunatus* Molina) y el tercero *mata hambre*; continúa y señala que “la segunda clase se llama pallares. [...] La habichuela es oblonga, un tanto oscura, bastante achatada y plana [...] La cáscara de la habichuela pallares es muy delgada, de color blanco rosáceo, pero su médula es muy blanca, al cocinar se hincha a maravilla, tiene un muy especial gusto; el sabor es un poquito dulce y es legumbre muy apreciada por su rara cualidad, exquisitez y finura; solo crece y se reproduce en climas muy cálidos [...]” (Cicala, 1771/1994, págs. 425-425).

En esta retrospectiva, es importante también mencionar el hallazgo realizado por el arqueólogo Erazo en el año 2006 (citado por Peralta et al. 2019), pues permite pensar en la línea del tiempo sobre el uso de estas especies de leguminosas en la agricultura. Los fréjoles fueron parte de la alimentación de los pobladores antiguos asentados en el Reino de Quito de hace por lo menos 900 años (Figura 1), pasando a ser más tarde parte de los cultivos y alimentos de la época colonial y contemporánea. Pazos (2018), menciona a los fréjoles o leguminosas que se consumían desde tiempos de la colonia, citando entre estos al pallar, el porotón de semillas rojas y blancas, los huevitos de paja y al matahambre, y resalta que “los pallares crecen en la región costa del Ecuador y sigue siendo un grano muy apreciado”. Este autor cita el manual de cocina de Pablo Sanz (1852) para mencionar las siguientes recetas que entre sus ingredientes contienen a los porotos o fréjoles: judías verdes con cebolla, judías frescas a la inglesa, judías a la provenzal, judías con vino y judías a lo paisano, con influencia de la cocina francesa, española, de la Gran Colombia y de los inicios de la vida republicana. También, Pazos (2018) menciona el tratado de Gehin (1897), del cual rescata la primera receta de cocina que contiene fréjol en la sopa juliana o de primavera, junto a doce nombres de recetas que llevan fréjol en el cocimiento.

Las referencias descritas previamente nos retrotraen al pasado, a épocas de la colonia y su relación con la alimentación, en donde los *Phaseolus* son ingredientes importantes en la manutención y las diferentes recetas de cada periodo. Es evidente que las poblaciones humanas de hace siglos tuvieron una manera de diferenciar a las especies y variedades de fréjol, tanto del común, el porotón y el pallar y, por ende, para elaborar los platos con fréjol, pues seleccionaban las de mejor sabor, apariencia y consistencia.



Figura 1. Fréjol antiguo carbonizado, con cerca de 900 años, encontrado por Rodrigo Erazo† en excavaciones realizadas en el complejo arqueológico Rumipamba, Quito (Fotografía: E. Peralta, 2022).

Hoy en día, la información existente sobre el uso e importancia de *P. lunatus* en la alimentación en Ecuador es escasa, aunque datos anecdóticos indican que esta especie es muy consumida en la provincia costera de Manabí. Allí, *P. lunatus* es conocido con los nombres de haba manaba o habichuela, dependiendo del tamaño del grano en estado tierno o seco, grano que siempre es de color blanco. Tomando esto en cuenta, para disponer de información actualizada y desde la fuente, se realizó una investigación cuyo objetivo fue conocer y compilar reseñas relacionadas con el requerimiento y las formas de uso en la alimentación humana de *P. lunatus* en la provincia de Manabí.

Materiales y métodos

Se elaboró una encuesta electrónica conteniendo 12 preguntas relacionadas con el uso de *P. lunatus* en la alimentación humana (Anexo 1), la cual fue aplicada en la provincia de Manabí a 64 personas, incluyendo a amas de casa y de emprendimiento de comida. La encuesta fue levantada entre los meses de agosto y septiembre de 2022. También, con el fin de explorar el uso alimenticio de esta especie en otras regiones de Ecuador, esta encuesta fue aplicada a tres personas en las provincias serranas de Imbabura y Pichincha.

Resultados

¿EN DÓNDE COMPRA EL HABA MANABA O LA HABICHUELA?

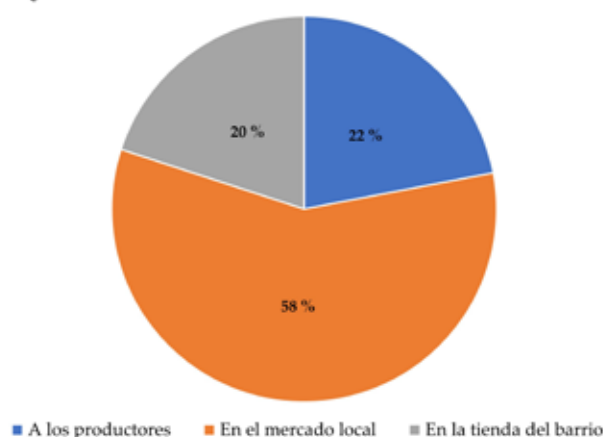


Figura 2. Lugares y porcentajes en la que los consumidores de haba y habichuela acceden a esta leguminosa en Manabí, 2022.

Desde los cantones de Portoviejo y Manta, participaron 64 personas (34 mujeres (56%), 18 hombres (28%) y 10 que no se identificaron (16%). El 58% de los encuestados mencionaron que adquieren el haba manaba y/o habichuela en los mercados locales, el 22% lo hacen directamente de los productores y el 20% en la tienda del barrio (Figura 2). El 55% de los encuestados respondió que adquieren el producto ya desgranado, el 28% en mazos (*el mazo es una unidad de comercialización en Manabí, que consiste en un atado 20 de vainas y cada vaina contiene de 3 a 5 semillas o granos*) y el 13% lo hace al granel o por porciones (Figura 3). Probablemente, el tiempo que se requiere para desgranar o retirar los granos de las vainas, hace que los consumidores prefieran adquirir las habas y habichuelas en grano, listas para la cocción o preparación de los alimentos.

¿EN QUÉ FORMA COMPRA EL GRANO TIERNO DE HABA O HABICHUELA?

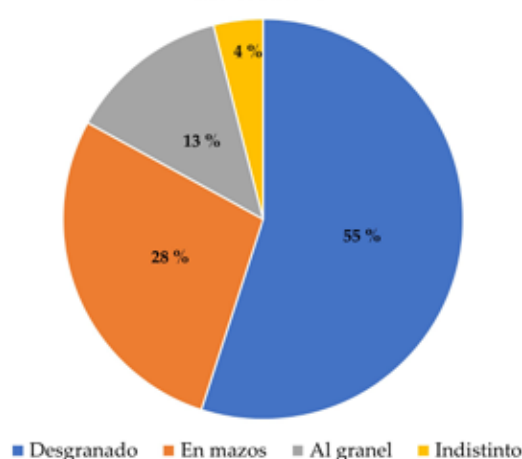


Figura 3. Estado en que los consumidores de haba y habichuela prefieren comprar esta leguminosa en Manabí, 2022.

El 67% de los encuestados compró a \$ 1 dólar la libra de grano tierno o fresco del haba o habichuela; el 13 % compró entre 1,5 a 2 dólares la libra, dependiendo de la época o temporada del año y el 20% compró en mazos o por porciones a 0,35 centavos en promedio.

El consumo es eminentemente preferido en grano tierno, fresco o verde: 91% de los encuestados prefieren el grano tierno y el 9% en grano seco. Algunos encuestados aclararon que adquieren el grano seco para sus siembras y otro que reciclan su propia semilla (Figuras 4 y 5).

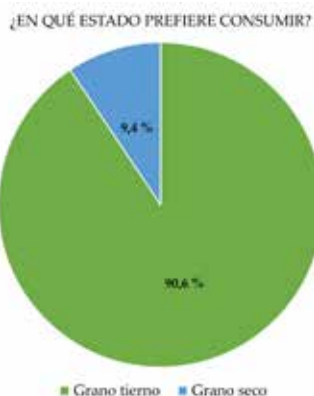


Figura 4. La mayoría de los encuestados (91%) prefieren comprar y consumir el haba y la habichuela en estado tierno, Manabí, 2022.



Figura 5. Haba manaba en estado tierno, ofertada en mercados de Manabí y Quito (Fotografía: E. Peralta, 2019).

El 89% de los encuestados respondieron que el consumo de haba y habichuela lo hacen en el almuerzo y 11% en la merienda (Figura 6), algunos informaron que se consume entre 3 a 4 veces por semana. El 47 % respondió que preparan entre 2 a 3 platos diferentes, el 22% preparan más de 4 platos, el 20% sabe preparar más de 6 platos distintos, el 6% prepara un solo plato y el 5% no precisó la respuesta.

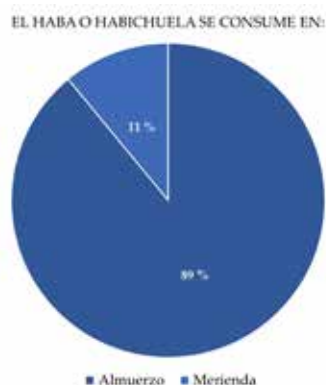


Figura 6. Momentos de consumo de haba manaba y/o habichuela en Manabí, 2022.

En conjunto, los encuestados mencionaron 19 nombres diferentes de platos que preparan con haba manaba y/o habichuelas; esta diversidad de platillos hace evidente la riqueza en la cocina y la gastronomía manabita, donde esta leguminosa es parte muy importante. Se mencionan los nombres de los platos, iniciando con los nombrados con mayor frecuencia, como: menestra de haba o habichuela; caldo de haba o habichuela con carne de res; sopa de habas o habichuelas con costilla o hueso de chanco; ensalada de haba o habichuela; sopa de haba con queso; haba o habichuela “refritada”; sopa de haba o habichuela; viche (Vicente) de pescado, camarón o carne con haba o habichuela; arroz colorado con haba o habichuela; sopa de haba con mondongo; arroz moro con habichuela; sopa de verduras o legumbres; arroz con menestra de haba o habichuela; habas zapateadas; batido de haba; puré de haba; sancocho; crema de haba y graneado de habas y queso. La mayoría compartió de manera resumida el cómo elaboran los diferentes platos antes mencionados, en los cuales puede variar el haba o la habichuela, dependiendo de la disponibilidad en el mercado; los platos siguen siendo los mismos. Algunas personas lo hicieron con más detalle, incluyendo los ingredientes y la preparación (Anexo 2, Figura 7).

Uso alimentario en Imbabura y Pichincha

Aunque no se realizó un trabajo sistemático en otras provincias de Ecuador, se logró obtener información en las provincias serranas de Imbabura y Pichincha. A diferencia de la provincia de Manabí, en estas provincias *P. lunatus* es conocido como torta o pallar. Entre las diferentes variedades de tortas cultivadas en Imbabura existen algunas que presentan menos sustancias amargas en las semillas o granos tiernos; según los agricultores, una guía para detectar esta característica es observar que las aves silvestres o pájaros pican las vainas en este estado, lo que es un indicador para cosecharlas y, una vez bien cocidas, ser usadas en la alimentación humana. En el año 2019, una familia campesina, compartió uno de los platos que elaboran con cualesquiera de los *Phaseolus* que estén disponibles en la chacra; es decir, pueden usar tortas tiernas, popayanes o fréjol común en este estado (Peralta, E. et al. 2019) (Anexo 3, Figura 8).

En lo que respecta a la provincia de Pichincha, en la feria de semillas o “Tarpuy Raymi” realizada en San José de Minas el 18 de septiembre de 2022, el agricultor Kleber Tello, entre otros productos de “La chacra”, expuso semillas y vainas de una variedad de torta que es cultivada en Mindo a 1.270 m s.n.m. Este productor proveyó testimonio de que los granos en estado tierno (Figura 9) son utilizados en la alimentación. Además, eventualmente se encuentra a la venta tortas tiernas de color blanco en los pequeños abastos, mercados o supermercados de Quito (Anexo 3, Figuras 9 y 10).

Conclusiones

El haba manaba o habichuela es un ingrediente importante en la alimentación de la población de Manabí, tanto rural como urbana. La frecuencia de consumo en grano tierno de esta leguminosa es un indicador de su importancia en la dieta diaria de las familias manabitas, y la variabilidad de platos elaborados constituye un abanico de conocimientos y experiencias culinarias que contribuye a enriquecer la gastronomía de esta provincia. Por ello, es muy importante compilar con más detalle las diferentes formas de preparación e identificar otras maneras de consumo, lo cual permita elaborar un recetario que sirva para divulgar la cultura y costumbres manabitas alrededor de esta leguminosa. Por otro lado, Peralta et al (2019) han reportado la importancia de *P. lunatus* en la provincia de Imbabura. Allí, esta especie recibe el nombre de torta y, a diferencia de Manabí en donde solo hay variedades de grano blanco, existe una gran diversidad de variedades con semillas de diferentes colores y sabores más amargos, aspectos que han favorecido más su uso lúdico. Sin embargo, la torta también es consumida como grano fresco por las familias campesinas de Imbabura, por lo que es necesario realizar investigaciones sobre el consumo de esta especie en la región andina de

Ecuador. Por último, es necesario motivar a los cocineros, chefs locales y nacionales para que desarrollen e incluyan a las tortas, habas manabas y/o habichuelas en sus menús, y así trascender el uso y bondades de estos granos a todo Ecuador y otros países en donde esta especie se consume.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jaime Martínez por su revisión y sugerencias para la mejora del texto, como también al Ing. Iván Reinoso R. A la vez, a los ingenieros Heriberto Mendoza Z., Luis Duicela G. (exinvestigadores del INIAP), Ing. Iván Peralta T. (elaboración de encuesta digital), amas de casa, agricultores de Manabí y a los Revisores.

Anexos

Anexo 1. Encuesta a consumidores en Manabí

1. ¿Dónde compra el haba manaba y/o la habichuela?
2. ¿De qué forma compra en grano verde o tierno el haba o habichuela?
3. ¿A qué precio compra en grano o vaina tierna?
4. ¿El grano seco compra por kilos, libras, porciones u otra medida?
5. ¿El haba manaba y/o la habichuela consume en el desayuno, almuerzo o merienda?
6. ¿Prefiere consumir en grano seco o grano tierno?
7. ¿Cuántos platos prepara con habas?
8. ¿Cómo se llaman estos platos o preparados con habas?
9. ¿Cuántos platos prepara con habichuelas?
10. ¿Cómo se llaman estos platos o preparados con habichuelas?
11. ¡Comparta sus recetas con haba!
12. ¡Comparta sus recetas con habichuela!

Anexo 2. Formas más frecuentes de consumo de haba manaba y habichuela en Manabí

1. Viche de pescado con habas.
2. Lomo de cerdo salteado con verduras y habas.
3. Ensalada fría de habichuela.
4. Caldo de habas con carne de cerdo.
5. Caldo de habas o habichuelas con queso manaba.
6. Sopa de haba con costilla o hueso de chancho.
7. Menestra de haba o habichuela.
8. Haba “refritada”.
9. Carne apanada con menestra de habichuela.



Figura 7. Platos costumbristas de Manabí con haba pallar y habichuela: **A.** Viche de pescado con habas; **B.** Lomo de cerdo salteado con verduras y habas; **C.** Ensalada fría de habichuela; **D.** Caldo de habas con carne de cerdo (Fotografía: E. Zambrano, 2022).

Anexo 3. Formas de consumo en las provincias de Imbabura y Pichincha

Fréjol o poroto típico de los abuelos

Este plato fue compartido en Colimbuela a 2.465 m s.n.m. (Imantag, Cotacachi, Imbabura), donde se comentó que el mismo fue heredado de sus padres y sus abuelos. Puede ser preparado con diferentes variedades de fréjol común o poroto, popayanes o con fréjol torta o pallar de variedades menos amargas en estado tierno, es decir de los llamados “dulces”, que son comestibles (Figura 8).



Figura 8. Platos elaborados con pallares y popayanes tiernos y otros alimentos andinos en Imbabura (Fotografía: E. Peralta, 2016, 2019).

También, en Mindo, Pichincha, consumen tortas en estado tierno, al elaborar por lo menos dos platos: arroz moro con fréjol torta tierno y un refrito con granos tiernos de torta bien cocidos (Figura 9).



Figura 9. Variedad de pallar o torta de colores, consumida en la alimentación en Mindo, Pichincha. (Fotografía: E. Peralta, 2022).

En San Rafael, Quito (Pichincha), Roxana Terceros (2019) contribuyó con la preparación de una ensalada (Figura 10) con granos tiernos de pallar o tortas tiernas blancas, adquiridas en tiendas del barrio o de las “caseritas”, probablemente provenientes de Manabí u otra provincia costeña.



Figura 10. Ensalada de haba manaba, torta o pallar para acompañar atractivos platos costumbristas. (Fotografía: E. Peralta, 2019).

Referencias

- Cordero, L. 1950. Enumeración Botánica. Provincias de Azuay y Cañar. Segunda edición. Afrodísio Aguado S.A. Madrid, España. pp.39.
- Estrella, E. 1998. El Pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. 3ª. Edición. FUNDACYT. Quito, Ecuador. pp. 72, 73.
- Pazos, S. 2018. Cultura Culinaria: *Phaseolus vulgaris* o purutu, Fréjol, pallares, etc. En: AMÉRICA. Revista de la Corporación Cultural Grupo América. N° 128. Quito, Ecuador. pp. 127-137.
- Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H. 2019. Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. pp.150-155, 178.



CAPÍTULO VII



Identificación de las etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.)

Eduardo Peralta Idrovo¹, Jaime Martínez-Castillo²

¹ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

² Profesor-Investigador Titular C, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. México; jmartinez@cicy.mx

Resumen

El ciclo biológico de los fréjoles (*Phaseolus* sp.), tanto entre especies como dentro de éstas, es variable según el genotipo y los factores ambientales (clima y suelo), por lo que, las plantas de un mismo genotipo cultivadas en diferentes condiciones climáticas o ambientales no presentarán el mismo estado de desarrollo e idéntico número de días a la etapa a evaluar o identificar después de la siembra. Por esto, no se puede esperar la misma época de cosecha de una misma variedad de fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) sembradas en un ambiente costero, serrano o amazónico en Ecuador, regiones en donde las condiciones de cultivo (temperatura, precipitación y suelos) son diferentes. Esta escala del tiempo, usada de manera general por técnicos y agricultores, sigue siendo válida para la toma de decisiones. Sin embargo, no deja de ser importante el uso de una escala basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que ocurren en las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo vegetativo. Como objetivo se planteó el de identificar los cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para establecer las etapas de la escala de desarrollo del cultivo de tortas. La información fue levantada con cinco variedades de fréjol torta de Imbabura y una introducida, de tipo trepador en un valle de la Sierra ubicado a 2.492 m sobre el nivel del mar, con agricultura de temporal, en una huerta periurbana cercana a Quito, Ecuador. La caracterización se realizó tomando como referencia la guía elaborada por el CIAT (1982), para fréjol común (*P. vulgaris*), la cual fue adaptada y ajustada para *P. lunatus*.

Los resultados mostraron que tanto en las etapas de la fase vegetativa (crecimiento) como en las de la fase reproductiva (desarrollo), se observaron diferencias en el comportamiento de las variedades evaluadas. En la etapa V0 o germinación, las variedades se comportaron como precoces y tardías, lo cual influye en la etapa V1 o emergencia, la misma que varió entre 10 y 15 días. Situación semejante ocurrió en la etapa R6 o floración, con un rango entre 71 y 108 días; lo que insidió directamente en las fases posteriores. Este trabajo servirá de base para el estudio del fréjol torta o pallar en Ecuador y otros países andinos en donde se cultiva esta especie.

Palabras clave: escala, cambios morfológicos, crecimiento, días después de la siembra.

Abstract

The biological cycle of beans (*Phaseolus* sp.), both between and within species, varies according to genotype and environmental factors (climate and soil), so that plants of the same genotype grown in different climatic or environmental conditions will not have the

same stage of development and the same number of days from sowing to the stage to be evaluated or identified. Therefore, it is not possible to expect the same harvest time for the same variety of bean (*Phaseolus lunatus* L.) sown in a coastal, highland or Amazonian environment in Ecuador, regions where growing conditions (temperature, rainfall and soils) are different. This time scale, generally used by technicians and farmers, is still valid for decision-making. However, it is still important to use a time scale based on plant morphology and physiological changes that occur at different stages of growth and vegetative development. The objective was to identify the morphological and physiological changes that serve as a basis for establishing the stages of the development scale of the pallar crop. The information was collected on five varieties of Imbabura bean torta and one introduced climbing bean variety in a valley of the Sierra located at 2,492 m above sea level, in rainfed agriculture, in a peri-urban orchard near Quito, Ecuador. The characterization was carried out using as a reference the guide developed by CIAT (1982) for common bean (*P. vulgaris*), adapted and adapted for *P. lunatus*.

The results showed that in both the vegetative (growth) and reproductive (development) stages, differences were observed in the behaviour of the varieties evaluated. In the V0 or germination stage, the varieties behaved as early and late, which influenced the V1 or emergence stage, which varied between 10 and 15 days. A similar situation occurred at R6 or flowering stage, with a range between 71 and 108 days, which directly influenced the later stages. This work will serve as a basis for the study of the cultivation of the pallar bean in Ecuador and other Andean countries where this species is cultivated.

Keywords: scale, morphological changes, growth, days after sowing.

Introducción

De las cinco especies de fréjol (*Phaseolus* sp.) domesticadas, cuatro se cultivan y consumen en los Andes ecuatorianos; sin embargo, el fréjol común o poroto (*P. vulgaris* L.) es el que mayor atención ha recibido por parte de los investigadores por ser la especie más cultivada y consumida a nivel nacional, regional y mundial.

En las regiones Sierra y Costa de Ecuador, se cultivan y consumen principalmente el fréjol común, siendo la prioridad nacional para la producción, la investigación y el desarrollo, principalmente con variedades de tipo arbustivo. En segundo orden de importancia están los fréjoles tortas, pallares, haba manaba o habichuela; todos los nombres comunes asignados en las diferentes regiones de Ecuador a variedades cultivadas de *P. lunatus* L. Estas variedades (para las que a partir de este momento solo llamaremos como fréjol torta) que se cultivan y conservan en los valles serranos y en la Costa ecuatoriana, así como los popayanes (*P. coccineus* L. y *P. dumosus* Mac.) que se mantienen en algunas provincias de la Sierra, no concitaron el mismo interés que el fréjol común por lo que no fueron objeto de interés hasta antes del 2023.

En este contexto y valorando las proyecciones realizadas por científicos e investigadores de América, el fréjol torta ha concitado cada vez más interés, por la potencialidad que presenta para la provisión de alimento como un aporte a la seguridad alimentaria frente a los efectos de la variación climática. Por lo que, y con el afán de contribuir a un mayor conocimiento de la especie y sus variedades, se consideró pertinente realizar una investigación para determinar las etapas de crecimiento y desarrollo de éstas en un ambiente favorable ubicado en Alangasí, Quito, Ecuador.

Documento base

La presente investigación está basada en una publicación del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (Cali, Colombia) de 1982, titulada “Etapas de desarrollo de la planta de frijol común, Guía de estudio”. Los autores consideraron pertinente tomar esta guía, rescatar, adaptar y verificar la información relacionada de esta especie a las variedades de torta. De tal manera que, se ha seguido y transcrito todas y cada una de las fases del crecimiento y desarrollo propuestas, con las características adaptables a los genotipos de fréjol torta evaluados en este estudio. En esta narrativa se usa letra cursiva cuando se citan frases o párrafos textuales tomados de la guía.

Conceptos generales

Crecimiento: *Generalmente, se entiende por crecimiento el cambio en volumen o en peso. Es un fenómeno cuantitativo que puede ser medido con base en algunos parámetros tales como anchura, longitud, acumulación de materia seca, número de nudos, índice del área foliar, etc.*

Desarrollo: *El desarrollo es cualitativo; se refiere a procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de fenómenos o eventos sucesivos. Por ejemplo, el evento de aparición de botones florales o racimos marca el cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta (CIAT 1982).*

Características generales del desarrollo: fase vegetativa y fase reproductiva

Fase vegetativa: *La fase vegetativa se inicia cuando se les brindan a las semillas las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta (Figura 1).*

En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemos terminales del tallo y de las ramas producen nudos en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior.

Fase reproductiva: *Esta fase se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallo, flores y vainas (CIAT 1982).*

Etapas de desarrollo

El conjunto de estas diez etapas forma la “Escala de desarrollo de la planta de frijol”. Cada etapa comienza en un evento del desarrollo de la planta con cuyo nombre se le identifica y termina donde inicia la siguiente etapa y así sucesivamente (Figura 1).

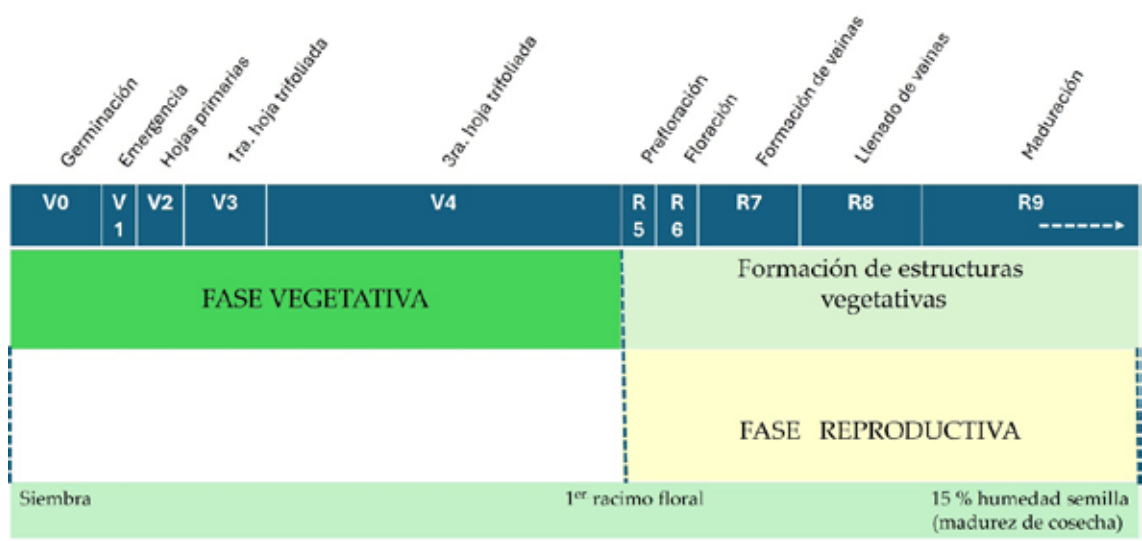


Figura 1. Etapas de desarrollo de una planta de fréjol torta, variedad Katza, de hábito IV, en las condiciones ambientales de Alangasí, Quito, Ecuador (Adaptado de CIAT-1982).

Factores que influyen en la duración de las etapas: *Genotipo y clima*

Los factores más importantes que afectan la duración las etapas de desarrollo del fríjol incluyen el genotipo (hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen otros factores como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas.

Hábito de crecimiento: *determinado e indeterminado*

Las plantas de fréjol pueden ser de hábito de crecimiento determinado o indeterminado, lo cual está definido fundamentalmente por las características de la parte terminal del tallo y de las ramas. Si al empezar la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, las plantas son de hábito determinado y si terminan en un meristemo vegetativo, la planta es de hábito indeterminado.

Variedades de fréjol torta colectadas en las provincias de Imbabura y Manabí, Ecuador (2019 y 2022), fueron sembradas en el valle de los Chillos en Quito; todas fueron caracterizadas como de hábito indeterminado; aunque se conoce que en esta especie existen los dos tipos o hábitos de crecimiento. Al respecto, Vásquez (1997) menciona que en el Perú “las variedades erectas o arbustivas son de hábito de crecimiento determinado, tienen flores terminales y que las variedades decumbentes o rastreras son de hábito de crecimiento indeterminado”. En la mayoría de las variedades tradicionales las guías son largas (3 a 6 m), indeterminadas, rastreras (por lo tanto, útiles para cobertura del suelo) o trepadoras (FAO 1992).

En el CIAT se han definido cuatro tipos de hábito de crecimiento para el fréjol común con base en las características de la parte terminal del tallo, el número de nudos, la longitud de los entrenudos y la aptitud para trepar: Tipo I, determinado arbustivo; Tipo II, indeterminado arbustivo; Tipo III, indeterminado postrado; y Tipo IV, indeterminado trepador.

Precocidad: duración de etapas

Es otro factor que influye en la duración de las etapas de desarrollo, ya que es causa de diferencias importantes en el desarrollo de las plantas, aún en las pertenecientes a un mismo tipo de hábito de crecimiento.

Clima: luz y temperatura

Los factores climáticos que más inciden en las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura; tanto los promedios de estos factores como las variaciones diarias y estacionales de la temperatura desempeñan una función importante en la duración de las etapas de desarrollo (CIAT 1982).

Identificación del problema

El poco interés mostrado por parte de los centros de investigación y de la academia en especies de fréjol subutilizadas en Ecuador, no ha permitido disponer de información de tipo morfológica y agronómica que sirva de referencia para conocer su comportamiento fenotípico en los diferentes ambientes y la proyección para manejar de manera comercial con fines de producción de alimentos u otros objetivos.

Justificación del problema

A la época, en Ecuador no se dispone de información relacionada con los factores bióticos y abióticos, es decir, con lo concerniente a las plagas y enfermedades y al clima y suelo; y, peor aún con la morfología de la planta de fréjol torta. En el caso de la provincia de Manabí, donde las variedades cultivadas de esta especie tienen importancia comercial y son conocidas como haba manaba, habichuela o pallar, los investigadores al realizar recomendaciones técnicas para el cultivo usaron como referencia, por ejemplo, los días después de la siembra (dds), como una escala de tiempo, que requiere ser precisada.

Como ocurre en otras plantas y cultivos, el ciclo de vida del fréjol torta cambia según el genotipo y los factores climáticos. Así, plantas de la misma especie sembradas en condiciones de suelo y clima diferentes, no pueden presentar el mismo estado de crecimiento o desarrollo a los 60 días después de la siembra. Por lo que, sin subvalorar a la escala del tiempo, es importante disponer de una escala de referencia basada en la morfología de la planta y los cambios de orden fisiológico que ocurren durante su desarrollo. Esta información permitirá a investigadores, técnicos y agricultores disponer de datos confiables y mejor criterio para optimizar las prácticas de manejo del cultivo en campo cuando sea requerido.

Pregunta de investigación

¿Cómo son las etapas de la fase vegetativa y de la fase reproductiva de las plantas de fréjol torta en las condiciones de la región Sierra de Ecuador?

Objetivos:**Objetivo General**

Identificar los cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para establecer las etapas de la escala de desarrollo del cultivo de fréjol torta en la región Sierra de Ecuador.

Objetivos Específicos

- 1. Identificar y caracterizar las etapas de crecimiento y desarrollo de seis variedades de hábito indeterminado de fréjol torta.
- 2. Caracterizar cada una de las fases del periodo vegetativo y las del reproductivo de seis variedades de hábito indeterminado de fréjol torta.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación

Alangasí, Quito, Pichincha.

Altitud: 2.492 m.

Sitio: Huerta periurbana de agricultura agroecológica.

Material genético

El material de siembra para la investigación provino de una colección realizada en la Feria de Semillas de Cotacachi entre los años 2019 y 2022 y una muestra de fréjol torta tipo “Ica”.

Material genético:

Nº.	Nombre quichua / español *	Color de la semilla	Tamaño de la semilla
1	Kustillas	Negro/dorado	Pequeño
2	Sinchado turu	Rojo/blanco	Mediano
3	Yana Wakra	Negro	Mediano
4	Puka Wakra	Marrón/rosado /crema	Mediano
5	Katza	Negro/blanco	Grande
6	Pallar tipo “Ica”	Blanco	Muy grande

*todas de hábito IV o trepador. Fecha de siembra: 18-01-2024

Resultados

A. Días después de la siembra para las etapas de desarrollo de seis variedades de fréjol torta

En la Figura 2 se presentan las etapas de crecimiento y desarrollo de las seis variedades de fréjol torta bajo estudio. En la gráfica se observa la heterogeneidad de las diferentes fases en los genotipos evaluados, haciendo evidente la misma entre las fases vegetativa y reproductiva.

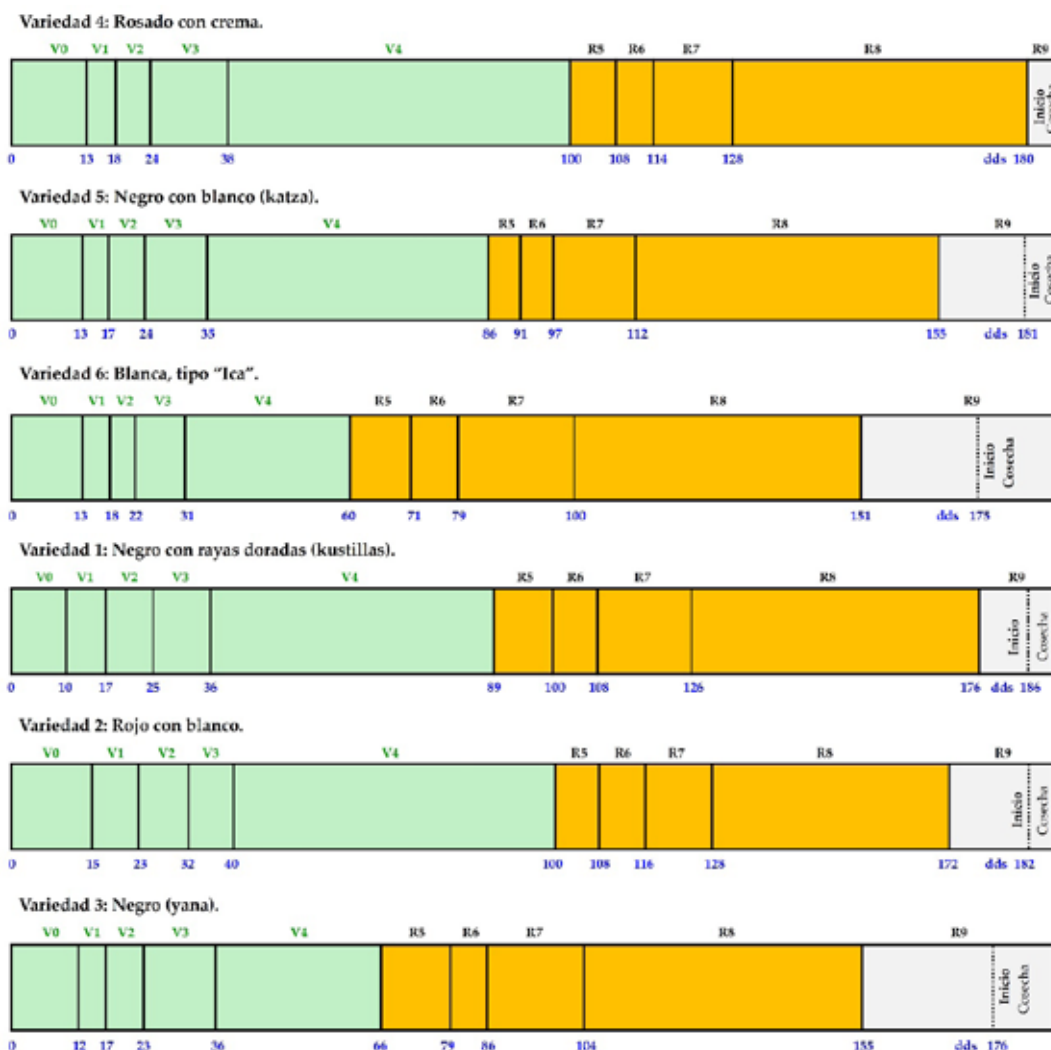


Figura 2. Días después de la siembra para las etapas de desarrollo de seis variedades de fréjol torta o pallar de hábito de crecimiento indeterminado (IV), en las condiciones ambientales de Alangasí (valle de los Chillos, 2.492 m s.n.m., temperatura entre 10 a 23 °C), Quito, Ecuador.

Es concluyente, por ejemplo, que la variedad 6 (Ica) termina la etapa V4 a los 60 días, mientras que las variedades 2 (Sinchado Turu) y 4 (Puka Wakra) lo hacen en 100 días; en un ambiente con manejo homogéneo, por lo que sobresale la respuesta genética de los cultivares.

B. Descripción de las etapas de desarrollo

1. Etapas de la fase vegetativa

Etapas de la fase vegetativa

Germinación en campo

En la práctica de la siembra, la semilla se coloca en un suelo removido, con humedad e iluminación adecuadas, es decir en un ambiente favorable. Se toma como la etapa **V0**, el día en que se ubica a la semilla en este medio (18-01-2024), con humedad de la lluvia o de riego inicial suficiente cuando el suelo este seco (Figura 3).

“La semilla absorbe agua inicialmente y ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones químicas que liberan los nutrientes de los cotiledones”.

A los pocos días emerge la radícula (generalmente por el lado del hilum) o por la parte más angosta de la semilla, luego se convierte en raíz primaria cuando aparecen sobre ella las raíces secundarias y terciarias. Días más tarde crece el hipocótilo, quedando los cotiledones al nivel del suelo. En este momento concluye la etapa de la germinación.



Figura 3. Fenotipos de seis variedades de tortas sembradas en suelo húmedo con agua de riego localizado de presiembra (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Germinación en papel húmedo

Además del experimento en campo, también se realizó una observación tipo “laboratorio”, en un ambiente adecuado, usando papel toalla, con humedad controlada; observándose que no todas las semillas de torta germinan a la vez, aun proviniendo de la última cosecha (Figura 4).



Figura 4. Germinación de seis variedades de tortas en papel con humedad controlada, desde el día 1 hasta el día 15 (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Este comportamiento permite pensar que existen variedades de hábito de crecimiento IV, indeterminado (voluble o trepador) de tipo precoz y tardío para germinar. En la Figura 4, se muestra este comportamiento entre el día uno y el día 15 en papel húmedo. La variedad más tardía para germinar tanto en campo como en laboratorio fue la número 2 (semilla roja con blanco), la cual presentó la radícula entre los 18 y 21 días bajo condiciones controladas; y en campo el inicio de la emergencia ocurrió a los 15 días.

Etapla V1: emergencia

Esta etapa inicia cuando los cotiledones de la planta salen o aparecen a nivel del suelo (Figura 5). Durante esta etapa, el hipocótilo se endereza y continúa creciendo hasta lograr su máximo tamaño. Cuando éste se encuentra completamente erecto, los cotiledones empiezan a separarse y a abrirse hasta desplegarse totalmente (Figura 6).

Si se tratara de cultivar, cuando el 50 % de la población esperada de plantas en un campo de cultivo presenta los cotiledones a nivel del suelo, se considera que se encuentra en la etapa V1.

Las variedades de fréjol torta evaluadas emergieron entre los 10 y 15 días. La primera variedad en emerger fue la 1 (Kustillas) a los 10 días y las variedades 3 (Yana Wakra) y 4 (Puka Wakra) a los 15 días.

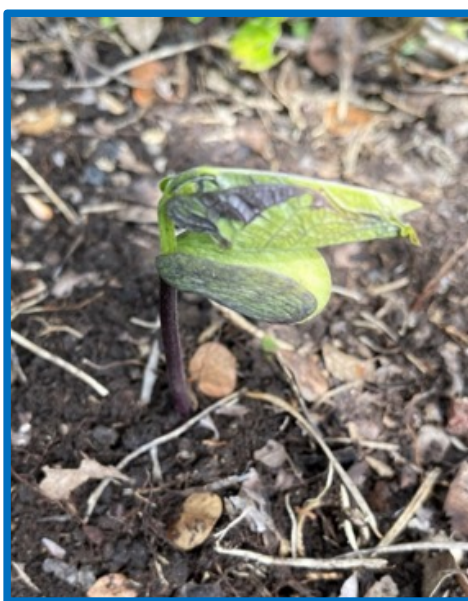


Figura 5. Emergencia de los cotiledones a nivel del suelo (Fotografía: E. Peralta, 2024)



Figura 6. Hipocótilos erectos y cotiledones iniciando su separación en la emergencia (Fotografía: E. Peralta, 2024).

V2: hojas primarias

La etapa V2 comienza cuando las hojas primarias de la planta del fréjol torta se hallan desplegadas (Figura 7). *Estas hojas son unifoliadas y opuestas, están ubicadas en el segundo nudo del tallo principal y cuando están completamente desplegadas se encuentran por lo general en posición horizontal.*

En esta fase se inicia el desarrollo vegetativo rápido de la planta, pues se empiezan a formar el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas.

Las hojas primarias aparecieron entre los 17 y 26 días. Para este estudio, las variedades 1 (Kustillas), 3 (Yana Wakra) y 5 (Katz) fueron las primeras en presentar, mientras que la variedad 2 (Sinchado Turu) resultó ser la más tardía.



Figura 7. Plantas en etapa V2; la primera hoja trifoliada inicia su crecimiento (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Etapa V3: primera hoja trifoliada

Las hojas trifoliadas son alternas. Al inicio de la etapa V2 se observa la primera hoja trifoliada iniciando su crecimiento. Los cotiledones pierden su forma, se arrugan, contraen o arquean. Los pequeños folíolos de la hoja están unidos, aumentan de tamaño, se despliegan y se extienden en un solo plano.

La etapa V3 se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana (Figura 8). La hoja no ha alcanzado todavía su tamaño máximo y el entrenudo entre las hojas primarias y la primera trifoliada es aún corto, como el pecíolo de esta. Cuando se inicia la etapa V3, la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias.

Más tarde el pecíolo crece y la primera hoja trifoliada se sobrepone a las primarias; la segunda hoja trifoliada ya ha aparecido y los cotiledones se han secado casi en su totalidad o han caído.

El tallo sigue creciendo, la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera hoja trifoliada se despliega.

Para las variedades de fréjol torta evaluadas, las primeras hojas trifoliadas aparecieron entre los 22 y 34 días. Las variedades 3 (Yana Wakra) y 6 (Ica) fueron las primeras en presentar y la variedad 2 (Sinchado Turu) resultó ser la más tardía.



Figura 8. Plantas en etapa V3; la primera hoja trifoliada está desplegada (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Etapa V4: tercera hoja trifoliada

La etapa V4 comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada, es decir, cuando las láminas de los folíolos se ubican en un solo plano; y se encuentra por debajo de la primera hoja trifoliada (Figura 9).

A partir de esta etapa se hacen claramente diferenciadas algunas estructuras vegetativas como el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas que se desarrollan a partir de las triadas de yemas que se encuentran en las axilas de las hojas de la planta.

El número de ramas, la longitud y el tipo de ramificación dependen principalmente del genotipo y las condiciones del cultivo.

La primera rama comienza su desarrollo cuando la planta inicia la etapa V3, es decir, la primera hoja trifoliada desplegada.

Cuando en el tallo principal se encuentran entre tres a cuatro hojas trifoliadas desplegadas, la primera rama habrá formado ya el primer nudo que presenta una hoja trifoliada.

De esta forma, continúa el desarrollo de otras ramas en el tallo y hojas trifoliadas.

En las variedades de fréjol torta estudiadas, la tercera hoja trifoliada apareció entre los 30 y 40 días. La variedad 3 (Yana Wakra) fue la primera en presentar, siendo la variedad 2 (Sinchado Turu) la más tardía.



Figura 9. Plantas en etapa V4; la tercera hoja trifoliada está completamente desplegada (Fotografía: E. Peralta, 2024).

2. Etapas de la fase reproductiva

Cuando en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo, termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta. En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas y maduración.

En plantas de hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de estructuras vegetativas continúa durante esta fase, o sea que la planta produce nuevos nudos, ramas y hojas.

Etapas R5: prefloración

La etapa R5 se inicia cuando aparece el primer racimo. En las variedades indeterminadas, al inicio de esta etapa, los racimos se observan en los nudos inferiores; el tallo y las ramas continúan creciendo debido a que presentan en su parte apical no una inflorescencia sino un meristema vegetativo. Las inflorescencias que resultan del desarrollo de las yemas se encuentran en las axilas de las hojas trifoliadas. En sus estados iniciales de desarrollo, las inflorescencias pueden confundirse con las ramas.

En un racimo los órganos más notorios son las brácteas de forma triangular y las bractéolas de forma ovalada o redonda.

El complejo axilar de las variedades indeterminadas puede presentar un desarrollo floral y vegetativo.

Los racimos se desarrollan produciendo botones, que al crecer adquieren la forma típica y la pigmentación según la variedad.

Un día antes de que ocurra el fenómeno de antesis, es decir, la apertura de la flor, el botón presenta algunos abultamientos característicos. Al final de este proceso se abre la flor (Figura 10).

En este estudio, la primera variedad en presentar prefloración fue la 6 “Ica” de grano blanco grande, a los 60 días después de la siembra, seguida de la variedad 3 (Yana Wakra), de grano negro, a los 66 días, siendo las más tardías las variedades 2 (Sinchado Turu) y 4 (Puka Wakra), a los 100 días.



Figura 10. Plantas en etapa R5; aparecen los primeros racimos y botones florales (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Etapa R6: floración

La etapa R6 se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta, la cual corresponde al primer botón floral que apareció. En las variedades de hábito de crecimiento indeterminado, la floración comienza en la parte baja del tallo y continua en forma ascendente. La

floración en las ramas ocurre en el mismo orden que en el tallo; es decir, es ascendente. Dentro de cada racimo, la floración empieza en la primera inserción floral y continua en la siguiente.

Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina empieza su crecimiento; como consecuencia de esto, la corola marchita cuelga o se desprende (Figura 11).

La primera variedad de fréjol torta en florecer fue la 6 (Ica) a los 71 días, seguida por la variedad 3 (Yana Wakra) a los 79 días; las variedades más tardías fueron la 2 (Sinchado Turu) y la 4 (Puka Wakra) con 100 y 108 días, respectivamente.

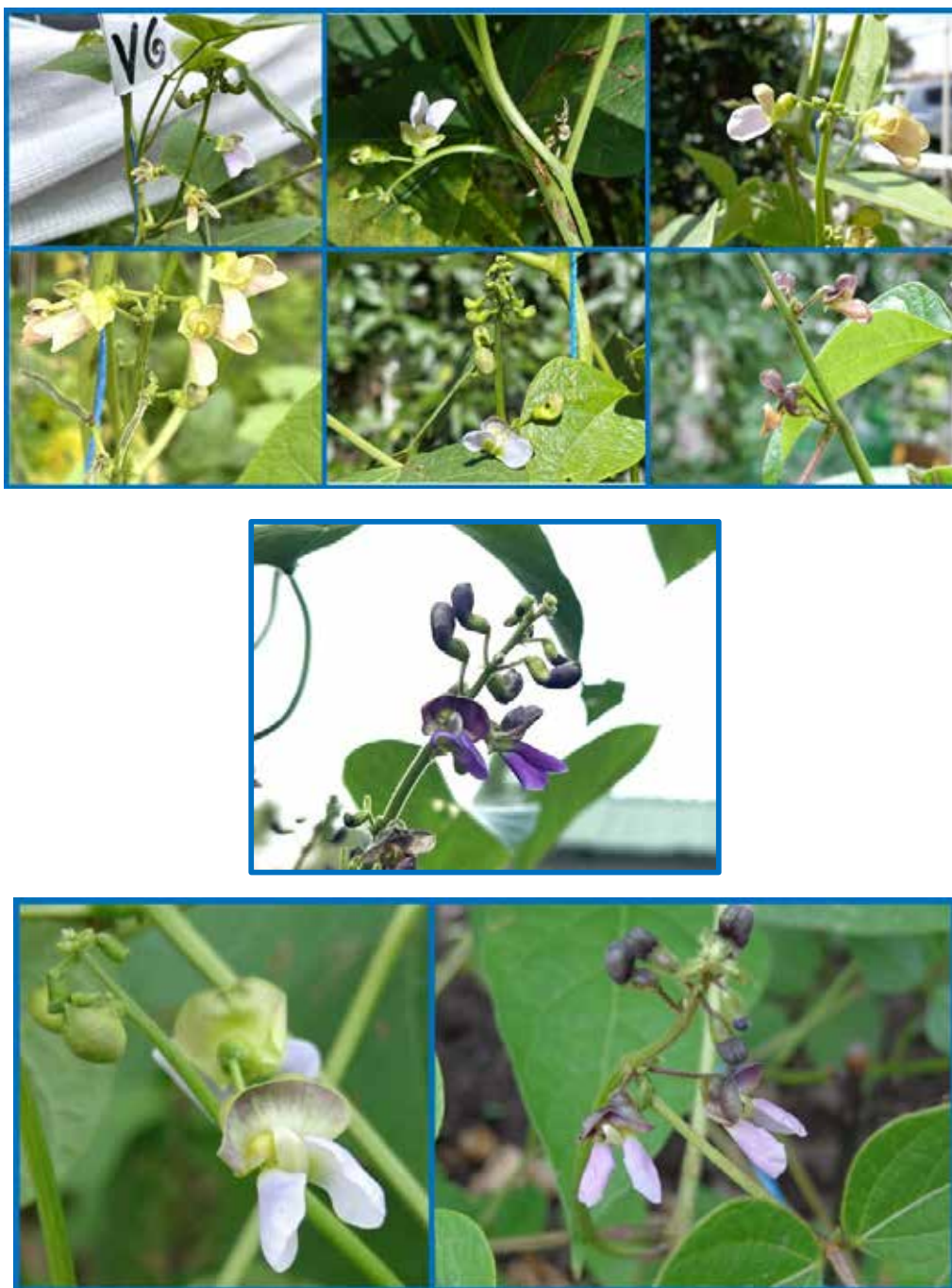


Figura 11. Plantas en etapa R6. Flores completamente abiertas y botones próximos a abrir (Fotografía: E. Peralta, 2024).

C. Etapa R7: formación de vainas

La etapa R7 se inicia cuando una planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida (Figura 12).

En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado las primeras vainas se forman en la parte inferior y la aparición de las demás ocurre de manera ascendente.

La formación de vainas inicialmente comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 o 15 días después de la floración ocurre principalmente un crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de las semillas. Cuando las valvas alcanzan su tamaño final y el peso máximo, se inicia el llenado de las vainas.

En las variedades de fréjol torta evaluadas, la 3 (Yana Wakra) y 6 (Ica) se observó que, al inicio de la formación de vainas, se presentan entre 3 a 4 racimos florales en el tallo principal y de 1 a 2 racimos en las ramas laterales de la parte baja de la planta. Las primeras variedades que presentaron este carácter fueron la 6 (Ica) y la 3 (Yana Wakra), con 79 y 86 días, respectivamente. La más tardía fue la variedad 2 (Sinchado Turu) con 116 días.





Figura 12. Plantas en etapa R7; las flores presentando las primeras vainas, con corola desprendida o próximas a desprenderse (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Etapas R8: llenado de las vainas

La etapa R8 inicia cuando empieza a llenar la primera vaina en la planta, al ser así, comienza el crecimiento de las semillas. Vistas de lado o por las suturas, las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento (Figura 13).

Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para comenzar a adquirir las características de la variedad. En un gran número de variedades ocurre entonces la pigmentación de la semilla lo cual aparece primero alrededor del hilum y luego se extiende a toda la testa.

En algunos genotipos, las valvas de las vainas también empiezan a pigmentarse. La distribución de la pigmentación ya sea uniforme, en rayas, etc., depende del genotipo.

Al finalizar esta etapa también se observa el inicio de la defoliación, comenzando por las hojas inferiores que se tornan cloróticas y caen. El momento de la defoliación también depende del genotipo.

Para este carácter se destacan en primer lugar, las variedades 6 (Ica) y 3 (Yana Wakra) con 100 y 104 días respectivamente. Las más tardías fueron las variedades 2 (Sinchado Turu) y la 4 (Puka Wakra), ambas con 128 días.





Figura 13. Plantas en etapa R8; las vainas en proceso de llenado (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Etapas R9: maduración

La etapa R9 se considera como la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración.

Esta etapa se caracteriza por la decoloración y secado de las vainas. Este cambio en la coloración de las vainas son indicativo del inicio de la maduración de la planta; continua su amarillamiento, la caída de las hojas y los racimos se secan; mientras las vainas al secarse pierden su pigmentación (Figura 14).

El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar un 15 %, momento en el cual las semillas adquieren su coloración típica, aunque puede cambiar durante el almacenamiento.

La planta adquiere un aspecto diferente, disminuye la presencia de flores, las vainas cambian de color y forma y se encuentran listas para la cosecha.

Entre las variedades de fréjol torta evaluadas, la fase de maduración para la variedad V6 (Ica) se inició a los 151 días después de la siembra, mientras que la variedad más tardía V4 (Puka Wakra) inició a los 180 días.

La primera cosecha (inicio de cosecha) se realizó en la variedad V6 (Ica) a los 175 días, es decir, 24 días después de iniciada la maduración. En las variedades V1 (Kustillas), V4 (Puka Wakra) y V5 (Katza), la primera cosecha se efectuó a los 186 días, cinco días después de iniciada la maduración (Figura 15).

Al llegar la época seca o verano, las plantas se apresuran en madurar. La cosecha final fue concluida entre los 190 días después de la siembra (V3 Yana Wakra, V5 Katza, V6 Ica) y los 200 días (V1 Kustillas, V2 Sinchado Turu, V4 Puka Wakra), el 4-08-2024. Se estimó que entre un 5 a 10% de vainas faltaron secarse, las plantas continuaron perdiendo las hojas y ya no hay presencia de flores.



Figura 14. Plantas en etapa R9; las vainas en proceso de maduración (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Finalmente, la variedad 4 (Puka Wakra) presenta semillas de color negro moteado con blanco (Figura 15); este carácter es el resultado de la segregación debido a cruzamientos naturales. El color de la semilla de siembra de la planta madre fue marrón (rosado con crema) (Figura 3) y a la cosecha segregó en semillas de color negro moteado con blanco. Hay que saber que según la FAO (1992) *P. lunatus* presenta hasta un 32% de fecundación cruzada. En esta área periurbana, en refrescamientos de semillas realizados en años anteriores, así como en este estudio se observó una fuerte presencia de insectos polinizadores (abejas, mariposas, avispa, etc.); los cuales son potenciales responsables del cruzamiento natural.

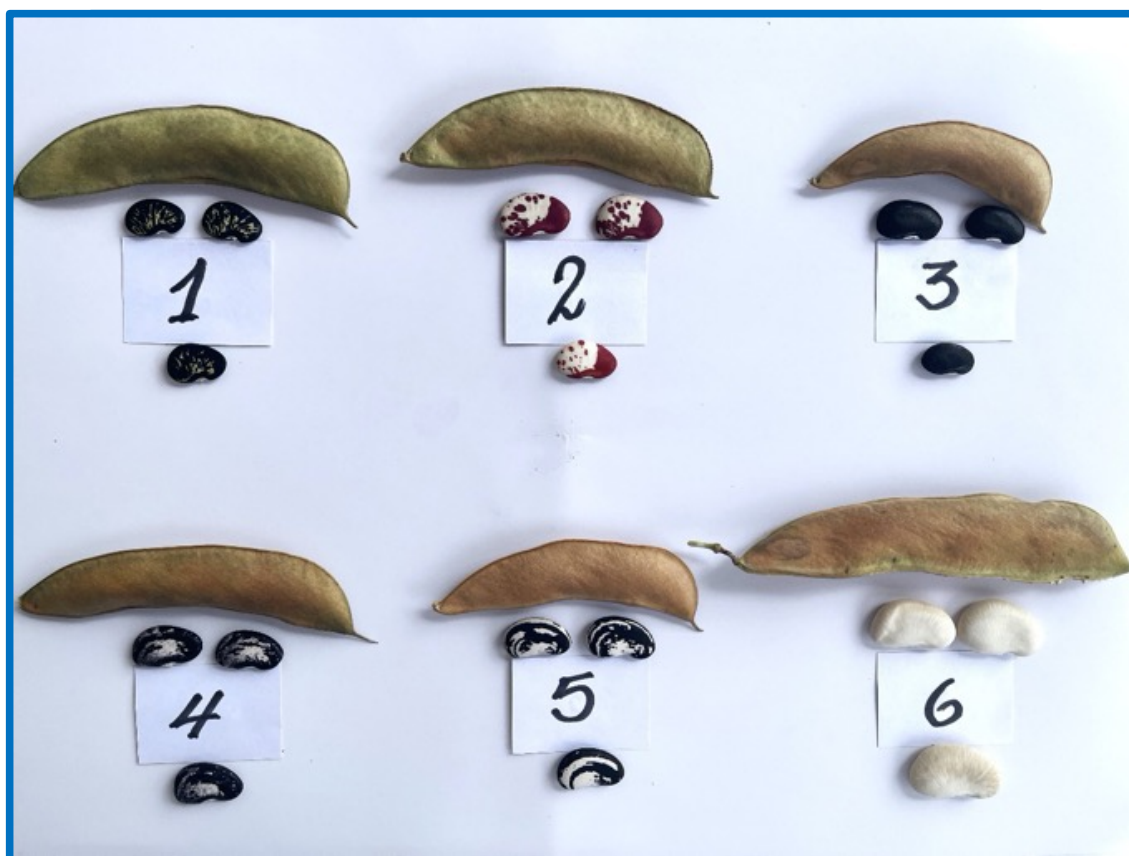


Figura 15. Vainas secas y semillas de las seis variedades a la cosecha (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Conclusiones

1. Las variedades de torta estudiadas –cultivadas en un ambiente propicio y manejo homogéneo– hicieron evidente su respuesta de tipo genético en cuanto a las etapas de crecimiento y desarrollo.
2. La escala del tiempo manejada por técnicos y agricultores referida a los “días después de la siembra” (dds) es útil, pero a la vez relativa, cuando se maneja un grupo de variedades con fenologías diferentes.
3. El poder identificar dónde inicia y dónde termina cada fase de las etapas de crecimiento y del desarrollo, permite conocer el comportamiento de cada variedad en una localidad; sin embargo, la respuesta será diferente al sembrar o cultivar a nivel de la Costa (30-400 m); de los valles serranos (2.200 a 2.800 m) y de la Amazonia (400 m).
4. La Guía de estudio del CIAT (1982), es un documento útil para facilitar la caracterización de las etapas vegetativas y reproductivas de las especies de *Phaseolus*.

Referencias:

- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1983). Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común. Guía de estudio. Contenido científico: Fernández, F., Gepts, P., López, M. Producción: Ospina, H. Cali, Colombia. 26 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1992). Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. Pp. 54.



CAPÍTULO VIII

Evaluación de la adaptabilidad y el rendimiento del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en un valle periurbano de la ciudad de Quito, Ecuador

Eduardo Peralta Idrovo¹

¹Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

Resumen

Frente a impredecibles desastres naturales causados por la variación del clima en la tierra, como la pérdida de la biodiversidad, de los cultivos y las cosechas; los científicos están trabajando en la búsqueda de alternativas de cultivo. En los últimos años se ha identificado que *Phaseolus lunatus* L. presenta algunas bondades para esta finalidad. Especie conocida en Ecuador con los nombres de fréjol torta, pallar, haba manaba o habichuela, de semillas de tamaño pequeño, mediano y grande, multicolor, con contenidos de proteína entre 21 y 30%, fibra y minerales; cultivado en Costa y Sierra. Al disponer de unas pocas semillas de una variedad de grano blanco grande, se decidió realizar una evaluación preliminar de la adaptabilidad y el rendimiento por planta en un valle interandino a 2.492 m s.n.m. El objetivo fue evaluar la respuesta agronómica de doce plantas de fréjol pallar en un ambiente de valle, cultivadas bajo un enfoque de agricultura periurbana, agroecológica. En una parcela experimental de 7,68 m² se sembraron 12 semillas, separadas a 0,8 m entre sí, con una superficie de 0,64 m² por unidad experimental. A la vez, se implementó un sistema de espaldera en el centro del lote usando tutores de madera y metálicos para sostener un alambre colocado a 2,10 m de altura. Se evaluaron 31 variables cualitativas y cuantitativas y se realizaron los análisis de frecuencias, medidas de tendencia central y caracterizaciones de tipo morfológico. Los resultados obtenidos más importantes fueron: Días a la emergencia: 12 a 17; al inicio de la floración: 85; al inicio de la maduración: 153; a la primera y segunda cosecha: 181 y 190. Color de las flores: lila y blanco; color de la vaina seca: crema y café. Promedio de largo del tallo principal: 3,28 m; número de vainas secas por planta: 38; número de semillas por vaina: 1 a 3; semilla o grano de tamaño grande: 91%; rendimiento promedio: 133 g por planta; peso de 100 semillas secas: 210 g y el número estimado de semillas por kg: 478. Para algunos caracteres o variables de tipo poligénico, se observó mucha variabilidad, llevando a pensar que se trata de una población. A la vez, se identificaron a las líneas que superaron el promedio de rendimiento para investigaciones agronómicas futuras.

Palabras clave: producción potencial, variabilidad, conservación, agricultura, alimentación.

Abstract

Faced with unpredictable natural disasters caused by climate change, such as the loss of

biodiversity, crops, and harvests, scientists are working to find alternative crops. In recent years, *Phaseolus lunatus* L. has been identified as having some advantages for this purpose. This species, known in Ecuador as fréjol torta, pallar, haba manaba, or habichuela, has small, medium, and large multicolored seeds with protein content between 21 and 30%, as well as fiber and minerals; it is cultivated in the coastal and highland regions. With a few seeds of a large, white-seeded variety available, a preliminary evaluation of its adaptability and yield per plant was conducted in an inter-Andean valley at 2,492 meters above sea level. The objective was to evaluate the agronomic response of twelve lima bean plants in a valley environment, cultivated using a peri-urban, agroecological approach. Twelve seeds were sown in a 7.68 m² experimental plot, spaced 0.8 m apart, with each experimental unit covering 0.64 m². A trellis system was implemented in the center of the plot using wooden and metal supports to hold a wire placed at a height of 2.10 m. Thirty-one qualitative and quantitative variables were evaluated, and frequency analyses, measures of central tendency, and morphological characterizations were performed. The most important results obtained were Days to emergence: 12 to 17; to the start of flowering: 85; to the start of ripening: 153; to the first and second harvests: 181 and 190, respectively. Flower color: lilac and white; dry pod color: cream and brown. Average main stem length: 3.28 m; number of dry pods per plant: 38; number of seeds per pod: 1 to 3; large seed size: 91%; average yield: 133 g per plant; weight of 100 dry seeds: 210 g; and estimated number of seeds per kg: 478. For some polygenic traits or variables, significant variability was observed, suggesting that this is a population. Lines that exceeded the average yield were identified for future agronomic research.

Key words: yield potential, variability, conservation, agriculture, food.

Introducción

Martínez-Castillo, et al. 2022, cita a otros autores y resalta que: “El género *Phaseolus* es originario del continente americano y comprende a todas las especies conocidas comúnmente en español como frijoles (nombre usado principalmente en México) o porotos (nombre usado en América del Sur). Está integrado por más de 70 especies, de los cuales cinco han sido domesticadas: *Phaseolus acutifolius* A. Gray (teparí o escumite), *Phaseolus coccineus* L. (ayocote, tocomarí, botil), *Phaseolus dumosus* Macfadyen (gordo, acalete), *Phaseolus lunatus* L. (ib, comba, patachete, navajita, lima) y *Phaseolus vulgaris* L. (cimatl, frejol, frijol, etc.) y todas pueden cohabitar con sus poblaciones silvestres (Delgado-Salinas et al. 2006, 2024). En conjunto, los frijoles representan la legumbre de grano más importante en la dieta del ser humano a nivel mundial (Bitochi, et al. 2017). Sin embargo, a lo largo de la historia de algunas culturas nativas de América, al parecer, estos han sido algo más que un alimento ya que tienen otros usos”.

De las cinco especies de *Phaseolus* domesticadas, cuatro se encuentran cultivadas en Ecuador y en orden de importancia económica, ecológica y social se encuentra el fréjol común (*P. vulgaris* L.), seguido del fréjol torta o pallar (*P. lunatus* L.) (Peralta, et al. 2019).

Las variedades cultivadas de fréjol torta, pallar o frijol lima (*P. lunatus* L.) de semillas de grano grande y de colores múltiples, tienen su lugar de origen en los Andes ecuatorianos y en el norte del Perú (Serrano-Serrano, et al. 2010).

Inicialmente se pensaba que Guatemala era el centro de origen del cultivo de *lunatus* por

las formas silvestres encontradas. Debouck, et al. en 1989, al localizar formas silvestres en la vertiente del Pacífico del norte peruano y los Andes ecuatorianos, les permitió aseverar que existía otro centro de domesticación. Los científicos confirmaron una doble domesticación independiente a partir de poblaciones silvestres locales desde tiempos precolombinos (Gutiérrez-Salgado, et al. 1995; Motta-Aldana, 2010); investigación que se respaldó en el uso de marcadores moleculares y selecciones de domesticación.

De otra parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP de Ecuador y el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT de Colombia han realizado colectas tanto de material silvestre como del cultivado para sus bancos de germoplasma en territorio ecuatoriano.

El INIAP, a través de la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada al sur de Quito (3.050 m s.n.m.), inició sus actividades de conservación de la agrobiodiversidad en el primer quinquenio de 1980, al crear la Unidad de Recursos Fitogenéticos y el banco de germoplasma de cultivos andinos. En 1990, estableció de manera oficial, el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) y el banco de germoplasma del Ecuador; este banco actualmente conserva 28.500 accesiones de 290 géneros y 500 especies de plantas de origen andino e introducidas (Murillo, et al. 2023; Monteros-Altamirano, et al. 2018; Castillo, 1995; INIAP, 1985).

En este banco se conservan 193 accesiones de *P. lunatus*, colectadas principalmente en las provincias de la Sierra ecuatoriana; donde se destaca Imbabura con 69 accesiones (37 %) (Murillo, et al. 2023), las que aún no han sido caracterizadas agro morfológicamente. Las plantas madre de estas colectas son cultivadas y conservadas por los agricultores para primariamente mantener los juegos tradicionales con las semillas multicolores de las tortas (Peralta, et al. 2019, 2023); en la alimentación su uso es muy limitado, debido a que son amargas, es decir, abundantes en el contenido de un glucósido cianogénico conocido como linamarina (ácido cianhídrico); y que por olvido de las prácticas de detoxificación puede ocasionar intoxicaciones (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO 1992).

Otra provincia que resalta por la tradición del cultivo y el consumo ancestral del pallar en Ecuador es la provincia de Manabí en el centro de la Costa ecuatoriana. A la torta o pallar en este territorio se le conoce con los nombres de haba manaba o habichuela y en una investigación realizada en el 2023, se conoció del uso frecuente de por lo menos nueve variedades (cuatro de haba y cinco de habichuela de grano blanco grande, mediano y pequeño) tanto en la agricultura como en la alimentación (Zambrano y Peralta, 2023). En el banco de germoplasma del INIAP se conservan cinco accesiones (Murillo, et al. 2023).

El banco de germoplasma del CIAT conserva 3.301 accesiones de formas silvestres, tipo maleza y cultivadas (Murillo, et al. 2023), entre estas se encuentran las provenientes de Ecuador; es decir, se mantiene y dispone de la gran diversidad de la especie.

Frente a los embates causados por la variación del clima, debido al cambio climático en el planeta, los científicos están percibiendo amplias posibilidades de producción y uso del *P. lunatus*, para tratar de mitigar estos desastres y aportar a la seguridad alimentaria de los pueblos (Martínez-Castillo y León, 2022).

En el caso de Ecuador, el fréjol pallar se encuentra desde unos pocos metros sobre el nivel

del mar (30 m), hasta los 2.800 m en los valles de la Sierra, bajando hasta los 400 m en la Amazonia. Predominan las variedades de tipo perenne, de hábito indeterminado o trepador, lo cual puede ser una “ventaja” para producir cosechas en grano tierno o grano seco a través del tiempo (Zambrano y Peralta, 2023, Peralta y Zambrano, 2023, Peralta, et al. 2019).

Las variedades con semillas de color blanco, de tamaño pequeño, mediano y grande para consumo humano, en el caso ecuatoriano se cultivan en la provincia de Manabí y sus alrededores (100 a 300 m) (Zambrano y Peralta 2023, Mendoza y Linzán, 1993, 1992). En el caso del Perú, según Vásquez (1997), la producción de pallar para alimentación humana se ubica en la costa central (Ica, Ancash y Lima); el 90% se produce en Ica, en valles ubicados entre 300 a 400 m s.n.m. (Espinoza, 2012) y en Chiclayo a 50 m; principalmente los cultivos de semilla de color blanco de tamaño mediano a grande.

Con estos antecedentes, el autor consideró pertinente realizar un estudio preliminar de adaptación y rendimiento del material genético de fréjol pallar de grano grande, de color blanco, adquirido en pequeña cantidad en un mercado local cercano a Quito; presumiblemente proveniente del Perú (información del comerciante de granos secos), por lo que se le identificó con el nombre de tipo “Ica” para fines de esta investigación.

¿Por qué es importante el estudio preliminar de la adaptabilidad y el rendimiento del pallar de grano blanco a 2.492 m s.n.m.?

Entre las razones que motivaron realizar esta investigación preliminar de adaptación del pallar en uno de los valles de la Sierra ecuatoriana, en primer lugar está el de salvaguardar la viabilidad de las pocas semillas disponibles; luego conocer el comportamiento agronómico en un ambiente diferente; determinar el potencial de rendimiento de la variedad; sentar las bases para futuras investigaciones de alto rigor científico, alentar a pequeños productores y guardianes de semillas a incluir esta especie en sus huertas o chakras biodiversas para así disponer de otra alternativa en la alimentación y a los institutos de investigación agrícola y la academia a planificar y ejecutar proyectos o actividades en esta especie de *Phaseolus*.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo fue refrescar, multiplicar y evaluar la adaptabilidad y el rendimiento de forma preliminar de una muestra de fréjol torta o pallar de grano blanco grande. Entre los específicos están el de evaluar la respuesta agronómica de doce plantas de fréjol torta tipo “Ica” en un ambiente de valle con clima Ecuatorial-Mesotérmico, semihúmedo, cultivadas bajo un enfoque de agricultura periurbana, agroecológica.

Hipótesis

Por los antecedentes de producción de fréjol pallar de grano blanco en la Costa de Ecuador y el grano comercial ingresado del Perú, la hipótesis planteada fue que las variedades de fréjol pallar o frijol lima cultivadas a nivel litoral no se adaptan a los ambientes de los valles interandinos.

Materiales y métodos

En este trabajo de investigación se evaluó de manera preliminar la adaptabilidad y el rendimiento de una variedad o población cultivada de fréjol torta, pallar o frijol lima de grano blanco grande, que se adquirió en el año 2019 en una tienda de granos secos, en el mercado local de Rumiñahui (Sangolquí), ubicado en el valle de los Chillos, cercano a Quito.

Características del área de trabajo

El experimento de campo se realizó en una pequeña huerta periurbana, donde anualmente se practica agricultura a pequeña escala con enfoque agroecológico-orgánico, ubicado en una urbanización citadina, perteneciente a la parroquia rural de Alangasí del cantón Quito, en la provincia del Pichincha, en Ecuador; localizada a 2.492 m s.n.m. En esta localidad, la precipitación estimada está alrededor de los 1.500 mm anuales, con más frecuencia entre los meses de octubre y abril; el suelo es de tipo franco areno-limoso, medio en materia orgánica, con un pH de 6,5 y el clima es Ecuatorial Mesotérmico, semihúmedo, con temperaturas entre 11 °C y 23 °C y la humedad relativa de 40 y 80% (PDOT, Alangasí, 2015; Climate Data, 2025).

Material experimental

Doce semillas grandes tomadas al azar de la variedad de torta o pallar tipo “Ica”, a cuyas plantas se les identificará como líneas.

Descripción del lote experimental

Consistió en una parcela de 7,68 m² en la cual se sembraron en sitios u hoyos las 12 semillas de torta, separadas a 0,8 m entre sí, dando una parcela de 0,64 m² para cada planta o unidad experimental. A la vez, se implementó un sistema de espaldera en el centro del lote experimental usando tutores de madera para sostener un alambre colocado a 2,10 m de altura.

Labores de cultivo

La siembra se realizó el 3 de octubre de 2023, en agricultura de temporal. Para esta labor, cada hoyo contó con 1 kg de humus y un riego de presembrado; en estos se ubicó una semilla por sitio, cubriendo con una capa de suelo no mayor a dos centímetros.

Cuando las plantas presentaron la guía principal, se colocó una piola de plástico desde la base del tallo para guiarlas (en sentido contrario a las agujas del reloj) hasta el alambre de la espaldera.

Variables evaluadas

Las variables seleccionadas y la forma de registrarlas se basaron en los descriptores del IBPGR (1982) y del CIAT (1991) para fréjol común *Phaseolus vulgaris* L. y, del IPGRI (2001) para *P. lunatus* L. (Tabla 1).

Tabla 1. Variables cualitativas y cuantitativas registradas en la valuación de la adaptabilidad y el rendimiento del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en un valle de la ciudad de Quito, Ecuador.

Variables cualitativas	
Variable	Descripción
1. Color de la planta con hojas primarias	Observación visual y notación de colores Munsell.
2. Color de la planta a la madurez fisiológica	Observación visual y notación de colores Munsell.
3. Color de la flor	Observación visual y notación de colores Munsell.
4. Color de la vaina tierna	Observación visual y notación de colores Munsell.
5. Color del grano tierno y seco	Observación visual y notación de colores Munsell.
6. Color de la vaina madura y seca	Observación visual y notación de colores Munsell.
7. Forma de la vaina madura y seca	Observación visual
Variables cuantitativas	
8. Días a la emergencia	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la emergencia.
9. Días a la floración	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la presencia de la primera flor abierta en cada planta.
10. Largo de la vaina tierna	Se midió en centímetros, en dos vainas ubicadas a la altura media de cada planta.
11. Ancho de la vaina tierna	Se midió en centímetros en dos vainas ubicadas a la altura media de cada planta.
12. Número de vainas por racimo	Se contabilizó en tres racimos al azar ubicados a la altura media de la planta.
13. Longitud del tallo principal	Se midió en centímetros, desde el cuello de la raíz hasta el ápice, a la madurez fisiológica.
14. Días al inicio de la maduración	Se contabilizaron el número de días desde la fecha de siembra, hasta la presencia de las primeras vainas.
15. Días a la cosecha	Se contabilizaron el número de días desde la fecha de siembra, hasta el momento de la cosecha.
16. Número de vainas verdes por planta	Se contabilizó las vainas en cada planta a la madurez fisiológica.
17. Número de vainas secas cosechadas por planta	Se contabilizó el número de vainas cosechadas por planta en la primera y segunda cosecha.
18. Largo de la vaina seca	Se midió en centímetros y se obtuvo el promedio de diez vainas por planta.
19. Ancho de la vaina seca	Se midió en centímetros y se obtuvo el promedio de diez vainas por planta.
20. Número de semillas por vaina	Se contabilizó el número de granos por cada vaina seca cosechada.
21. Tamaño y número de las semillas por planta	Se separaron y contabilizaron las semillas grandes (> 21 mm) y medianas (< 20 mm).
22. Peso de la semilla grande	Se pesó el total de la semilla grande al 12% de humedad por planta y se expresó en gramos. Se aplicó la prueba de la uña (resistencia de la testa a la presión); si no hay marca, se asume se encuentra en este porcentaje de humedad.
23. Largo de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar y se obtuvo el promedio.
24. Ancho de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar y se obtuvo el promedio.

Continuación de la Tabla 1

25. Grosor de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar y se obtuvo el promedio.
26. Peso de 100 semillas secas	Se tomaron al azar 100 semillas secas grandes de las tres plantas con mayor rendimiento y el peso promedio se expresó en g.
27. Número de semillas por kg	A partir del número de semillas y sus pesos por planta, se obtuvo un promedio estimado.
28. Peso de 10 granos tiernos (>15% humedad)	Se tomó al azar cinco vainas verdes y de éstas, 10 granos tiernos grandes, su peso se expresó en gramos.
29. Largo promedio del grano tierno	Se midió en milímetros en 10 granos tomados al azar.
30. Ancho promedio del grano tierno	Se midió en milímetros en 10 granos tomados al azar.
31. Ancho promedio del grano tierno	Se midió en milímetros en 10 granos tomados al azar.

Cosechas adicionales: Se registraron fechas, condiciones y cantidades de grano tierno y seco, como agregados al ensayo.

Resultados

Tabla 2. Características de las variables morfológicas y fenológicas registradas en la evaluación de la adaptabilidad y el rendimiento del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en un valle de la ciudad de Quito, Ecuador.

Variable*	Característica
Días a la emergencia	12 a 17
Color de las primeras hojas trifoliadas	Verde con una ligera variegación blanca y verde claro: 7.5 GY (6/8)
Color de la planta	Verde a verde oscuro: 7.5 GY (5/6 a 5/8) (Figuras 1 y 2)
Días a inicio de la floración	85
Color de la flor	Lila y blanco: 5 RP (7/2 a 8/4) y 10 (Figura 2).
Color de la vaina tierna	Verde: 7.5 GY (5/6 a 5/8) (Figura 3).
Largo de la vaina tierna	10 a 13 cm.
Ancho de la vaina tierna	3 a 3,5 cm.
Número de vainas por racimo	2 a 6 (Figura 4).
Días al inicio de la maduración	153
Color de la vaina madura o seca	Crema con manchas café: 5Y (8/2 a 7/6) (Figura 3).
Forma de vaina a la madurez	A la madurez fisiológica son de forma oblonga y recurvada (en forma de medialuna); y, cuando están secas se inflan y abren las valvas (Figura 4).
Días a la primera cosecha en seco	181
Días a la segunda cosecha en seco	190
Color del grano tierno	Blanco: 10
Color del grano seco	Blanco: 10

*Siguiendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.



Figura 1. Emergencia y color de la planta a la presencia de las hojas primarias; y, la primera y tercera hoja trifoliada (Fotografía: E. Peralta, 2023).



Figura 2. Color de la planta adulta, hojas y flores de pallar o torta (blanco y lila), (Fotografía: E. Peralta, 2024).



Figura 3. Características de la vaina en estado verde o tierno y en estado seco (Fotografía: E. Peralta, 2024).



Figura 4. Color y forma de las vainas en maduración y vainas por racimo (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Tabla 3. Valor mínimo, valor máximo, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de variables cuantitativas registradas en la evaluación de la adaptabilidad y el rendimiento del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en un valle de la ciudad de Quito, Ecuador.

Variable*	Valor mínimo	Valor máximo	$\bar{x}$	S ²	CV (%)
Longitud del tallo principal (cm)	270	400	328	1656,8	12
Número de vainas verdes por planta	24	68	42	213,8	35
Número de vainas secas por planta	22	67	38	296,6	45
Largo de la vaina seca (cm)	11	12	12	0,2	4
Ancho de la vaina seca (cm)			3		
Número de semillas por vaina:					
1	3	18	10	27,72	48
2	4	52	25	185,35	57
3	1	9	4	15,15	92
Número de semillas o granos por planta según el tamaño:					
Grande	13	137	64	1183,54	54
Mediano	1	15	6	20,06	71
Total, de semillas	14	114	70	1266	51
Peso de la semilla o rendimiento** (g por planta)	25	281	133	3100,63	42
Largo de la semilla (mm) $\bar{x}$ 10)	25	28	26	1,18	4
Ancho de la semilla (mm) $\bar{x}$ 10)	15	18	17	0,63	5
Grosor semilla (mm) 10)	4	5	5	0,15	8

$\bar{x}$ = promedio; S² = desviación estándar; CV = coeficiente de variación

*Siguiendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**12% de humedad (resistencia de la testa a la presión con la uña).

Longitud del tallo principal: Este carácter varió entre 270 y 400 cm, con un promedio de 328 cm. El guiado de la planta se realizó en los 210 cm de la piola plástica y el resto de las guías libres en los alambres de la espaldera (Tabla 3).

Número de vainas verdes por planta: Varió entre 18 y 68 por planta, con un promedio de 42 vainas bien formadas. Los racimos presentaron entre dos a seis vainas. Se observó que en el periodo de formación y llenado de vainas se cuentan hasta 10 vainas por racimo; pero las más jóvenes o terminales se caen, debido probablemente a un proceso de abscisión o autorregulación. En esta fase, la forma de la vaina es curvada.

Número de vainas secas cosechadas por planta: El número de vainas secas cosechadas varió entre 8 y 67, con un promedio de 38 por planta (primera y segunda cosecha). Se estimó un 10% de vainas vanas o sin semillas.

Largo de la vaina seca: El largo varió entre 11 y 12 cm, predominando este último valor.

Ancho de la vaina seca: Predominó el tamaño de 3 cm de ancho en la parte media de la vaina.

Número de semillas por vaina: Las vainas con una semilla variaron de 1 a 18, con un promedio de 10% por planta, que corresponde al 25% con esta cantidad. Las vainas con dos semillas variaron de 4 a 52, con un promedio de 25 por planta, que corresponde al 65% y las con tres semillas variaron de 1 a 9, con un promedio de 4 por planta, que corresponde al 10%.

Peso de la semilla grande/rendimiento: El peso de las semillas grandes varió entre 25 y 281 gramos, con un promedio de 133 g por planta. El 91 % de la cosecha está constituida por semillas de tamaño grande y el 9 % por semillas de tamaño mediano mal formadas. El rendimiento por planta fue muy variable, a pesar de las condiciones homogéneas del ambiente para el cultivo (Figura 5); lo cual está correlacionado con las variables vaina verde y vaina seca.

Tamaño y número de semillas grandes y pequeñas por planta: Se contabilizó el número de semillas de tamaño grande por planta, las que variaron entre 13 y 137, con un promedio de 64, que corresponde al 91%. Las semillas medianas variaron entre 1 y 15, con un promedio de 6, que corresponde al 9%. El total de semillas varió entre 14 y 137 y un promedio de 70 por planta (Figura 6).

Largo de la semilla: Varió entre 25 y 27 mm con un promedio de 26 mm (Figura 7).

Ancho de la semilla: Varió entre 15 y 18 mm, con un promedio de 17 mm (Figura 7).

Grosor de la semilla: Varió entre 4 y 5 mm, con un promedio de 5 mm.

Peso de 100 semillas secas: El peso promedio fue de 210 g (Figura 7).

Número de semillas por kg: Se contó y pesó los granos secos de cada planta y en promedio se estimó la cantidad de 478 semillas por kilogramo.

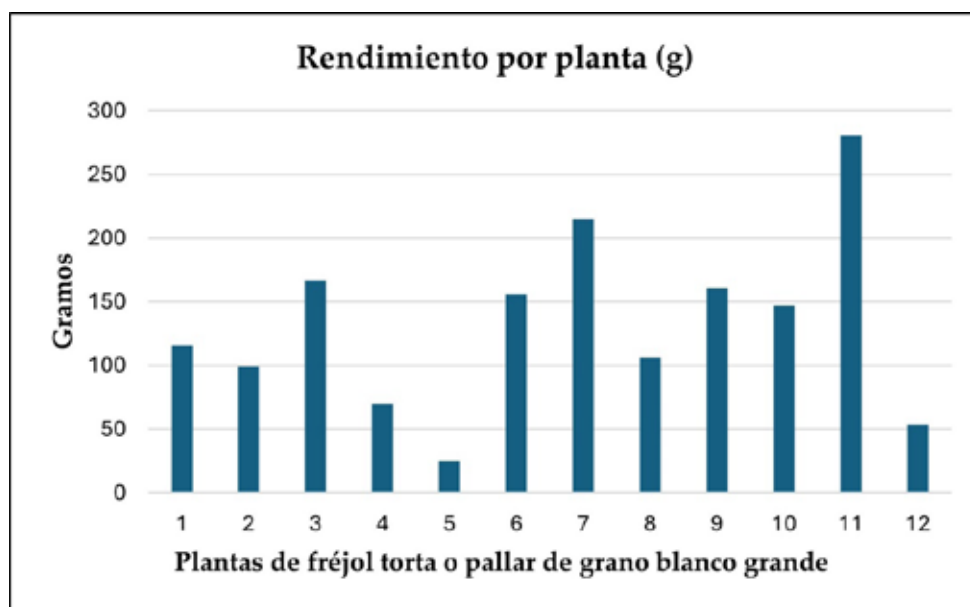


Figura 5. Rendimiento en grano seco (g) de 12 plantas de fréjol torta o pallar de grano o semilla blanca grande en Alangasí, Quito, 2024.

En la Figura 5, se observa que seis líneas superan el promedio de 133 g de rendimiento por planta y en orden descendente se destacan: L11: 281 g; L7: 215 g; L3: 167 g; Línea 9: 161 g; L6: 156 g. Las líneas que presentaron el rendimiento más bajo fueron la L5 y L12 con 25 g y 53 g, respectivamente. El rango varió entre 25 y 281 g, lo cual se considera muy amplio.

Esta variable está muy correlacionada con el número de vainas por planta y el número de granos por vaina; las tres variables son componentes del rendimiento.

Como un carácter marcador se observó el color de las flores, donde las líneas L11 y L12 presentaron flores de color blanco.



Figura 6. Vainas secas con tres, dos y una semilla por vaina; grano de primera calidad y de descarte: deformes o dañados (Fotografía: E. Peralta, 2024).





Figura 7. Peso de semillas secas (12 % de humedad); largo y ancho de las semillas (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Al tratarse de una leguminosa que en la Costa ecuatoriana se consume preferentemente en grano tierno o verde, se consideró pertinente evaluar las características en este estado de cosecha (madurez fisiológica), en una muestra muy pequeña, cuyos resultados preliminares fueron:

Peso de 10 granos tiernos ($= > 15\%$ humedad): 31,6 g.

Largo promedio del grano tierno: 35 mm (Figura 8).

Ancho promedio del grano tierno: 22 mm (Figura 8).

Grosor promedio del grano tierno: 7 mm (Figura 8).

La producción en general del grano tierno de las líneas se ubica alrededor de estos indicadores de tamaño y por ende ayudan a determinar su calidad y potencial demanda en los mercados; por lo que se debe planificar evaluaciones con énfasis en estas características.

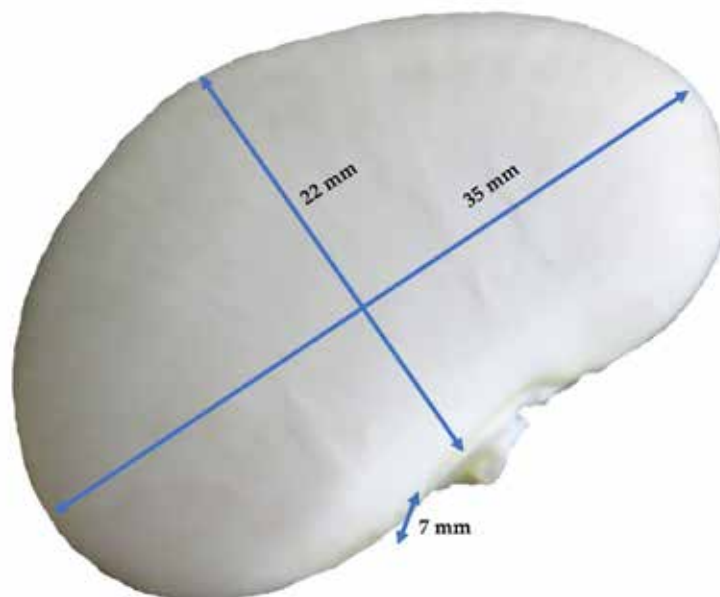




Figura 8. Características del grano de fréjol torta o pallar en estado verde o tierno (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Cosechas adicionales

Al tratarse de una variedad de fréjol torta o pallar de tipo perenne y trepador y con la finalidad de proveer más conocimiento sobre el comportamiento de la planta, se realizaron observaciones y toma de datos complementarios, sin una metodología definida, ya que el ensayo se planificó con las dos primeras cosechas.

De esta manera, a los 300 días después de la siembra y 120 después de la última recolección, se realizó una tercera cosecha (21 -08-2024) en vaina verde, luego de soportar una época seca (verano) de dos meses continuos. De las doce plantas se recogieron 140 vainas verdes, las que rindieron 758 g de granos o semillas verdes o tiernas. En una muestra tomada al azar, los 100 granos tiernos pesaron 421 g. En septiembre se realizó una cuarta cosecha constante, recogiendo 867 g de grano seco de primera calidad; a pesar de la pertinaz época seca que marchitó a las plantas; complementada con una fuerte granizada (1-10-2024) que, defolió completamente a las plantas. Se realizó una poda manual complementaria para estimular el rebrote. Entre enero y mayo de 2025 las plantas están emitiendo ramas laterales, flores (lilas y blancas) y vainas en formación.

Discusión

El comportamiento de las plantas en cuanto a variables como la época de floración, el envainamiento, la maduración y el rendimiento fue heterogéneo; esto probablemente es debido a que son caracteres controlados por más de un par de genes o son poligénicos; con alta influencia del ambiente y una fuerte interacción genotipo por ambiente; haciendo evidente de que se trata de un material genético no mejorado o de una población.

El pallar es una planta herbácea anual o perenne, cuya altura o longitud depende del hábito de crecimiento. Las variedades erectas, arbustivas o determinadas alcanzan los 0,5 m de altura y las indeterminadas, trepadoras, rastreras o volubles (hábito IV) llegan a los 4,5 m (Vásquez, 1997). En el caso del material estudiado, éste se comportó como de hábito indeterminado, trepador, con 3,28 m de longitud en promedio del tallo principal; 10 plantas presentaron flores de color lila y dos de color blanco, pudiendo tratarse de una mezcla o de segregación; y, con un periodo vegetativo o a la cosecha en vaina seca de 185 días en promedio.

Respecto a las plagas y enfermedades del cultivo en Perú, Espinoza (2012) cita a 11 plagas de insectos y tres enfermedades; mientras que Vásquez (1997), menciona a nueve plagas insectiles y seis enfermedades causadas por hongos y virus. En este estudio de adaptabilidad, no se observó daños significativos causados por estos factores bióticos, probablemente por tratarse de un “cultivo nuevo” en un “lugar no agrícola”.

A los 15 días de concluida la cosecha, se observó el inicio del rebrote de ramas laterales a lo largo del tallo principal (abril); en mayo inició la nueva fase de floración y en el mes de julio –120 días de la cosecha–, las plantas presentaron vainas verdes.

Como hipótesis se planteó que las variedades de fréjol pallar o frijol lima cultivadas en la costa en áreas comprendidas entre 100 a 300 m s.n.m., no se adaptan a los ambientes de los valles interandinos ubicados a 2.000 y 2.800 m s.n.m., lo cual no fue acertada, pues las plantas demostraron lo contrario en cuanto a adaptación y rendimiento.

Conclusiones

El material genético investigado demostró que se adaptó a las condiciones edafoclimáticas del valle de Los Chillos, a 2.492 m de altitud.

El crecimiento, desarrollo de las plantas, el rendimiento y la calidad del grano seco producido permiten concluir que el genotipo estudiado demostró un grado de adaptabilidad aceptable, lo que fue evidenciado por la fenología de las plantas y el rendimiento; sin dejar de mencionar el nivel de heterogeneidad en algunos caracteres relacionados con la producción de grano o semilla; pudiendo tratarse de una población, ya que esta especie presenta un 32% de cruzamiento natural (FAO, 1992), causado por insectos principalmente.

Asimismo, amerita resaltar los límites de esta investigación preliminar (tamaño de muestra); sin embargo, existe la seguridad de que contribuyó a generar nuevos conocimientos relacionados con la especie, que servirán de antecedente o base para futuros trabajos de investigación y desarrollo en las instituciones académicas y de investigación responsables de la alimentación y la agricultura en Ecuador.

Recomendaciones

Continuar realizando investigaciones de tipo agronómico utilizando diseños experimentales, con varias repeticiones y réplicas en los diferentes valles de la Sierra ecuatoriana, para evaluar la respuesta a factores bióticos y abióticos, que permita confirmar la adaptabilidad y el rendimiento en grano tierno y seco de múltiples variedades de grano blanco de tamaño mediano a grande, provenientes de Manabí o de otros países. A la vez, realizar la verificación de la presencia de potenciales plagas y enfermedades en el cultivo.

Multiplicar la variedad tipo “Ica”, con la finalidad de disponer de semilla para facilitar otras investigaciones relacionadas, considerando el grado de adaptabilidad demostrado en esta investigación preliminar.

Distribuir pequeñas cantidades de estas semillas a pequeños agricultores o guardianes de semillas, con el objeto de conservar y usar las variedades de bajo contenido del glucósido linamarina (ácido cianhídrico) y otros anti nutricionales que están siendo caracterizadas en el INIAP.

Motivar al Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP para que realice la caracterización morfo-agronómica de la colección de *P. lunatus* L. que se conserva en la estación Experimental Santa Catalina e identificar el material genético con potencial de cultivo y consumo humano o para otros menesteres.

Referencias:

- Bitocchi E, Rau D, Bellucci E, Rodriguez M et al. (2017). Beans (*Phaseolus* spp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Frontier in Plant Science* 8:722.
- Castillo, R. (1995). Plant Genetic Resources in the Andes: Impact, Conservation, and Management. *Crop. Sci.* 35: 355-360.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1980). Diversidad genética de las especies cultivadas del género *Phaseolus*. Cali, Colombia. 52 p.

- Debouck, D. G. (1989). Early beans (*Phaseolus vulgaris* L. and *P. lunatus* L. domesticated for their aesthetic value? Annu. Rept Bean Improvement Coop. (USA) 32: 62-63.
- Delgado Salinas A., Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad C. (2024). El Género *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) para México. Versión 1.1. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/dmxx5a> accessed via GBIF.org on 2024-06-10.
- Espinoza, L. (2012). Asistencia Técnica Dirigida en Manejo y Sanidad en el Cultivo del Pallar. Guía Técnica. UNALM, Agrobanco. Changuillo-Nazca-Ica. Perú. 27 p.
- Gutiérrez-Salgado, A., P. Gpets & D.G. Debouck. (1995). Evidence for two gene pools of the Lima vean, *Phaseolus lunatus*, in the Americas. Genet. Resources & Crop Evol. 42 (1): 15-28.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. (1985). Recolección de varios cultivos andinos en Ecuador. Informe final. Castillo, R., Peralta, E., Tola, J. (Eds.). Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF). Unidad de Recursos Fitogenéticos. Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador. 145 p.
- Martínez-Castillo, J., Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H., León, M. (2022). El papel del juego en la domesticación de las plantas. Unidad de Recursos Naturales. Herbario CICY. Centro de Investigación Científica de Yucatán. A.C. Mérida, México. Pp. 168-173.
- Martínez-Castillo, J., y León, A. (Eds.) (2022). Resúmenes del II Simposio Internacional sobre el frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. In: SIEMBRA. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. Volumen 9, Número 3. (especial). CICY, UCE, CEDIA. Quito, Ecuador. 23 p.
- Mendoza y Linzán. (1993). INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba invienera para el Litoral ecuatoriano. Plegable No. 124. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo. Ecuador.
- Mendoza y Linzán. (1992). INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba veranera para el Litoral ecuatoriano. Plegable No. 132. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo. Ecuador.
- Motta-Aldana, J. R., M. L. Serrano-Serrano, J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D. G. Debouck & M. I. Chacón-Sánchez. (2010). Multiple origins of Lima beans landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. Crop. Sci. 50 (5): 1773-1787.
- Monteros-Altamirano, Á., M. Tacán, G. Peña, C. Tapia, N. Paredes y L. Lima. (2018). Guía para el manejo y conservación de recursos fitogenéticos en Ecuador. Protocolos. Publicación Miscelánea N°. 432. INIAP-FAO. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Ecuador. 104 p.
- Munsell Color Charts for Plant Tissues. (1977). Second edition. Kellmorgen Corporation. Baltimore, Maryland, USA. 23 p.
- Murillo, Á., Monteros-Altamirano, Á., Sigcha, F., y Debouck, D. (2023). Conservación de

los pallares o “tortas” (*Phaseolus lunatus* L.) ecuatorianos como aporte al futuro de la agricultura y la sociedad. Capítulo Número II. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 26-43.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1992). Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. Pp. 54.

Peralta, E. y Zambrano, E. (2023). Uso del *Phaseolus lunatus* L. en la alimentación humana en la provincia de Manabí. Capítulo Número 6. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 108-117.

Peralta, E. Peralta, F. y Peralta, H. (2023). Usos alternativos del fréjol torta (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: la lúdica, los juegos y el aprendizaje. Capítulo Número 3. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 45-63.

Peralta, E., Peralta, F. y Peralta, H. (2019). Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.

Peralta, E. Murillo, Á., y Mazón, N. (2009). Producción y distribución de semilla de buena calidad de fréjol arbustivo con pequeños agricultores, a través de un sistema no convencional (Artesanal). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina. Publicación miscelánea N° 147. Quito, Ecuador. 56 p.

Serrano-Serrano ML, Hernández-Torres J, Castillo-Villamizar G, Debouck DG, Chacón-Sánchez MI. (2010). Gene pools in wild Lima vean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: evidence for an Andean origin and past migrations. Molecular Phylogenesis and Evolution 54: 76 - 78.

Vásquez, J. (1997). El cultivo del pallar. Serie RI N° 2-97. Manual de Investigación. Reimpresión. Instituto Nacional de Investigación Agraria, INIA. Dirección General de Investigación y de Transferencia de Tecnología Agraria. Lima, Perú. 27 p.

Zambrano, E. y Peralta, E. (2023). Cultivo, mercado y consumo de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la provincia de Manabí. Capítulo Número 5. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 88-106.

En internet:

<https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pichincha/sangolqui-30838/> Descargado: mayo 2024.

A photograph of a narrow dirt path cutting through a dense field of green bean plants. The plants are tall and leafy, with some yellowing leaves at the base. In the background, a white building with a dark roof is visible under a clear blue sky. The text "CAPÍTULO IX" is overlaid in the center in a white serif font.

CAPÍTULO IX

Evaluación agronómica del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de grano blanco grande en Alangasí, Quito, Ecuador

Eduardo Peralta Idrovo¹, Cristian Subía García²

¹ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

² Investigador del Programa de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Mejía, Ecuador; cristian.subia@iniap.gob.ec

Resumen

En los últimos años, *Phaseolus lunatus* L. –especie de origen andino– conocido como frijol de Lima, haba pallar o torta ha tomado mucho interés e importancia en algunos países del mundo por sus potencialidades como el nivel de adaptabilidad a diferentes ambientes, la tolerancia a las variaciones del clima y su valor alimentario y nutricional. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta agronómica de cinco selecciones o líneas de haba pallar de grano blanco grande de tipo trepador incluido el rendimiento en grano tierno y seco, en un ambiente de valle mesotérmico Andino. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en los que se evaluaron las líneas de fréjol torta o pallar, usando un sistema de espaldera. Los resultados más relevantes fueron los siguientes: el promedio de la longitud del tallo principal fue de 2,6 m. y el inicio de floración fue de 76 días, observándose dos colores de flor, el lila (90%) y el blanco (10%); el inicio de la formación de vainas se registró en promedio ocho días después. La cosecha en tierno se realizó a los 160 días después de la siembra. El promedio de vainas tiernas por planta fue de 71 y en vainas secas fue de 43. El rendimiento promedio en grano tierno fue de 0,419 kg por planta y en grano seco fue de 0,147 kg por planta. Los 100 granos secos al 12% de humedad pesaron en promedio 215 g, por lo que se consideran de tamaño grande.

Palabras clave: adaptabilidad, rendimiento, grano tierno, semilla.

Abstract

In recent years, *Phaseolus lunatus* L. – a species of Andean origin – known as Lima bean, pallar bean or torta bean, has gained great interest and importance in some countries around the world due to its potential such as its level of adaptability to different environments, tolerance to climate variations and its food and nutritional value. The objective of this research was to evaluate the agronomic response of five selections or lines of large white climbing pallar bean, including tender and dry bean yield, in an Andean mesothermal valley environment. A randomized complete block design with four replications was used to evaluate the pallar bean lines using a trellis system. The most relevant results were the following: The

average length of the main stem was 2.6 m, and the onset of flowering was 76 days. Two flower colors were observed: lilac (90%) and white (10%). The onset of pod formation was recorded an average of eight days later. The tender bean harvest was carried out 160 days after sowing. The average number of tender pods per plant was 71 and the number of dry pods was 43. The average yield of tender beans was 0.419 kg per plant and of dry beans was 0.147 kg per plant. The 100 dry beans at 12% moisture content weighed an average of 215 g, making them large.

Keywords: adaptability, yield, tender grain, seed.

Introducción

De entre las cuatro especies de *Phaseolus* que se cultivan en Ecuador, el fréjol torta, pallar o haba manaba (*Phaseolus lunatus* L.) es la segunda en importancia por la superficie cultivada y el consumo humano, después del fréjol común (*P. vulgaris* L.).

P. lunatus L. es una de las cinco especies domesticadas de *Phaseolus* que adquiere cada vez una mayor relevancia como cultivo y alimento en América y el mundo. Esta importancia se debe, por un lado, a la preocupación constante de seguridad alimentaria ante los problemas de producción de fréjol derivados del cambio climático, y por otro, al hecho que el pallar o frijol Lima posee un mayor rango de adaptación ambiental que el observado en el fréjol común; lo que sugiere la existencia de una base genética más amplia de la cual se puede hacer uso en programas de fitomejoramiento (Martínez-Castillo y León, 2022).

Al respecto y enfatizando en la importancia de la especie en Perú, Espinoza (2022) señala que el pallar es un valioso recurso genético vinculado estrechamente a la seguridad alimentaria y la lucha contra la desnutrición; por lo que urge fortalecer las estrategias de conservación de su diversidad, actualizar su caracterización morfológica y molecular para contar con una reserva debidamente identificada, que permita ofrecer alternativas para hacer frente a la escasez y disminuir el riesgo de erosión por la preferencia de muy pocos cultivares comerciales.

A la época, existe abundante evidencia científica de que el fréjol pallar o Lima constituye una buena fuente de proteínas, fibra, carbohidratos, que a la vez proporciona energía, minerales y aminoácidos esenciales equilibrados, lo cual podría ser útil en el consumo directo o en la formulación de alimentos agro-industrializados (Adebo, 2023), afirmando de esta manera su importancia para la seguridad nutricional y alimentaria de la población.

En este sentido, Villacrés, et al. (2023), después de trabajar con semillas de variedades cultivadas en Ecuador, resalta el valor nutricional de esta especie, en particular cuando se refiere al fréjol torta de grano de color blanco grande para la alimentación humana, al mencionar que contiene: 23% de proteína; 0,9% de grasa; 4,5% de minerales; 7,6% de fibra cruda y 64% de carbohidratos (g/100 mg de muestra en base seca); además, 142 mg/100 g de Calcio; 195,3 de Magnesio y 6,3 de Hierro; y, un menor contenido de sustancias anti nutricionales comparada con las variedades de semilla de otros colores.

Revisando la situación actual y las perspectivas de la especie en los Andes, en el Perú, al analizar las principales brechas en conocimiento científico y tecnológico que limitan el aprovechamiento sostenible de la diversidad del frijol, el pallar y sus parientes silvestres, concluyen que: “la investigación presenta brechas significativas ya que existe una concentración de

estudios en especies con valor comercial inmediato (*P. vulgaris* y *P. lunatus*) y menos en las otras especies” (Ministerio del Ambiente y Aspromad, 2025). Además, resaltan que en este país los recursos genéticos del frijol y el pallar han jugado un rol esencial en la alimentación, la cultura y la economía de las comunidades peruanas; sin embargo señalan que, a pesar del vasto potencial que representa esta diversidad, existen notorias brechas entre la ciencia básica, que brinda fundamentos teóricos sobre genética, ecología y biología de estas especies, y la ciencia aplicada, encargada de transformar ese conocimiento en soluciones tecnológicas que optimicen la producción y el manejo sostenible de estos cultivos.

En lo referente a Ecuador, Murillo y Monteros (2022) indican que los retos y perspectivas para el futuro es el refrescamiento e incremento de semilla del banco de germoplasma de *P. lunatus* conservado en el INIAP, como también la caracterización agronómica, morfológica y genética de la colección junto a la búsqueda de fuentes de resistencia genética a las plagas.

Mientras que, Nieto (2022), destaca que la investigación de varios aspectos como los genéticos, botánicos, agronómicos, nutricionales, de resiliencia a estrés agroclimático, así como en temas socioeconómicos de la especie, es todavía incipiente y que, un programa nacional de rescate y promoción del cultivo como componente de los agroecosistemas diversos y de las cadenas agroalimentarias locales es urgente y necesario en Ecuador.

Algunos autores consideran que es una especie subutilizada y desatendida a nivel global (Adebo, 2023), aún con el amplio y diverso potencial que demuestra tener; por lo que en Ecuador se está tratando de hacer esfuerzos para motivar y promover su cultivo en las tres regiones naturales, en donde en tiempos pasados fue cultivada y consumida por sus pobladores (Estrella, 1998).

Según el mapa del International Legume Database and Information Service- ILDIS (2013), es una especie que en mayor o menor grado se cultiva y consume en países de América del Norte (EE. UU., México), Centroamérica (todos los países), Sudamérica (excepto Chile y Uruguay), y en el Caribe; además en países de África, Asia y Australia.

En Ecuador, se cultiva y consume principalmente en la región Costa donde sobresale la provincia de Manabí y sus alrededores y en la Sierra sobresale la provincia de Imbabura, por la conservación y uso en los juegos y lúdica ancestral; aspectos que han sido explicados en los capítulos precedentes de este libro (Martínez y Peralta, 2023; Zambrano y Peralta, 2023; Peralta, et al. 2019).

Mendoza y Linzán (1995), como resultado de las investigaciones en haba pallar o haba manaba en la Estación Experimental “Portoviejo” en Manabí, entregaron dos variedades mejoradas por selección: INIAP 490 para sembrar en invierno o época lluviosa (1992) e INIAP 491 para la época seca o de verano (1993), las dos de grano blanco grande; junto a las recomendaciones técnicas de manejo.

Otro de los países de origen que cultiva, consume y exporta fréjol pallar o Lima es el Perú. Según Espinoza (2022), Díaz, et al. (2010) y Vásquez (1997), en este país se cultivan alrededor de 4.428 ha, de las cuales 4.179 están orientadas a cosecha en grano seco y 249 para grano fresco; con una producción de 7.804 t de grano seco y 1.702 t de grano fresco. Para el “Pallar de Ica” (denominación de origen), mencionan 12 variedades en uso y a la vez las recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo, procesamiento de semillas y el manejo fitosanitario.

Sin embargo, no deja de ser una especie de origen andino subutilizada, que requiere acciones de apoyo a la investigación y el desarrollo del cultivo y consumo; puesto que sus bondades nutricionales han sido valoradas, tiene potencial agroindustrial (enlatado) y para la exportación, tanto en grano verde o tierno y seco.

Finalmente, haciendo proyecciones para su uso, se dice que, *P. lunatus* es una especie autógama con 32% de cruzamiento natural (FAO, 1992), un aspecto importante a tener en cuenta para su investigación y producción.

Martínez-Castillo (2023), a este respecto cita a otros autores para señalar que el frijol Lima es una especie auto compatible con un sistema de reproducción mixto: predominantemente autógama (Webster et al., 1979) pero que pueden alcanzar tasas altas de entrecruzamiento (Boudoin, et al. 1998; Zoro Bi, et al. 2005; Penha, et al. 2016).

Con estos conceptos, el fréjol torta o pallar, con el 32% de cruzamiento natural, estaría considerado como una especie prevalentemente alógama (20% al 70%), que se ubicaría entre las poblaciones de plantas heterogéneas y homocigóticas, es decir se puede considerar un compuesto multilíneal.

Por lo que, se enfatiza y deja sentada la necesidad de trabajar en investigaciones que permitan clarificar el comportamiento de esta especie con fines de mejoramiento y producción comercial, considerando todas las precauciones para evitar cruzamientos no deseados. El objetivo de esta investigación fue evaluar la adaptabilidad y el rendimiento de una población experimental de fréjol pallar de grano blanco grande, compuesto de cinco plantas seleccionadas en un valle de la Sierra ecuatoriana, con el fin de determinar la factibilidad de disponer en el mediano plazo de una variedad mejorada de fréjol torta o pallar de grano blanco grande con buenas características agronómicas, de homogeneidad, adaptación a condiciones de clima y suelo de los valles de la Sierra ecuatoriana.

Materiales y Métodos

Ubicación del experimento

El lote experimental está ubicado en una huerta periurbana a 2.490 m s.n.m., en el sector de Playa Chica, perteneciente a la parroquia Alangasí, cantón Quito, provincia del Pichincha en Ecuador. El suelo es de tipo franco arenoso; con un contenido medio de materia orgánica y 6,5 de pH. El clima es Ecuatorial Mesotérmico; semihúmedo, con alrededor de 1.500 mm de precipitación anual, con mayor frecuencia entre los meses de octubre a abril; temperaturas entre 11 y 23 °C y con 70 a 80% de humedad ambiental (PDOT Alangasí, 2015; Climate Data, 2025).

Diseño experimental:

Tipo de diseño

Bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, cinco tratamientos y un total de 20 unidades experimentales.

Tratamientos

Cinco líneas provenientes del ensayo preliminar 2023-2014 (Tabla 1), con los siguientes códigos asignados para Plantas de Alto Rendimiento, PAR (Peralta, 2024).

Tabla 1. Líneas y códigos en el ensayo de evaluación agronómica del fréjol pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de grano blanco grande en Alangasí, Quito, Ecuador, 2025.

Nº. de línea o tratamiento	Código
L1	PAR 11-24
L2	PAR 7-24
L3	PAR 3-24
L4	PAR 9-24
L5	PAR 6-24

Parcela experimental

En la Tabla 2 se presentan las características del ensayo con sus cantidades.

Tabla 2. Características del ensayo en la valuación agronómica del fréjol pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de grano blanco grande en Alangasí, Quito, Ecuador, 2025.

Característica	Cantidad	Característica	Cantidad
Área total	35 m ²	Área neta por repetición	6 m ²
Área neta	24 m ²	Distancia entre surcos	1 m
Unidad experimental (u/e)	1,2 m ²	Nº. de sitios por surco	10
Parcela neta	0,6 m ²	Distancia entre sitios u/e	0,4 m
Nº. de surcos	4	Nº. de plantas por sitio	1
Largo del surco	6 m	No. de plantas por u/e	2
Ancho del surco	1 m	Nº. total, de sitios	40

Manejo del experimento

Preparación del terreno: El suelo tuvo cinco meses de descanso después de la última cosecha de maíz suave. Al tratarse de un cultivo de temporal, la época de siembra se planificó en función de las primeras lluvias para la siembra en la región Sierra; es decir, a inicios del mes de octubre, para lo cual el suelo fue removido manualmente y nivelado.

Material de siembra: Semillas secas seleccionadas de fréjol torta de grano blanco y tamaño grande, cosechadas en 2024; conservadas en refrigeración; provenientes de un ensayo preliminar de adaptabilidad y rendimiento sembrado en octubre, 2023 y cosechado en abril, 2024, de la variedad tipo “Ica”, adquirida en un mercado de granos en Sangolquí en 2019;

en donde se seleccionaron las semillas de las cinco plantas que presentaron los rendimientos más altos en grano seco, registrados entre 156 y 281 g por planta.

Abonamiento del suelo

A la siembra, en cada sitio se abrió dos hoyos de 20x20x20 cm, donde se colocó un kg de humus de lombriz de producción casera.

Siembra: En octubre de 2024 se sembraron dos semillas por sitio separadas a 40 cm entre sí, excepto en la primera repetición en la que se sembraron cuatro semillas, con fines de reposición; en caso de daño por plagas o mala emergencia. En prevención, por separado se germinó en papel húmedo dos semillas más de cada tratamiento, que después se pasaron a tierra, con el objeto de usar como reemplazo. Una vez en estado de plántula, se procedió a ralear y dejar una planta por sitio. Cada unidad experimental constó de dos plantas, una para cosecha en grano tierno y otra para cosecha en grano seco.

Disposición de las plantas: Se dispuso de dos plantas por unidad experimental o tratamiento, separadas a 40 cm entre sí, con el objeto de cosechar una planta en vaina verde y evaluar el rendimiento del grano tierno y otra planta en vaina seca para evaluar el rendimiento en grano seco o semilla. Así, la parcela experimental tuvo un largo de 1,2 m por 1 m de ancho (1,2 m²) y cada sitio una parcela neta de 0,6 m x 1 m (0,6 m²), el largo de cada surco fue de 6 m. Cada planta fue guiada con una piola plástica hasta el alambre de la espaldera.

Labores culturales

Espalderas y guiado de las plantas: Se procedió a colocar las espalderas, ubicando el alambre a 2,10 m de altura, estacas junto a cada planta y la piola plástica desde éstas hasta el alambre. A los 30 días después de la siembra (dds) se procedió a iniciar el guiado de las plantas siguiendo la piola, en sentido contrario al giro de las agujas del reloj. A los 55 dds el 50% de las plantas alcanzaron una altura de 2,25 m y la guía principal sobrepasó el alambre de la espaldera. Se continuó guiando las plantas hasta los 75 días, cada dos o tres días (Fotos en Anexo 1).

Riegos: Para mantener la humedad en capacidad de campo y procurar un crecimiento inicial uniforme, después de la emergencia se aplicaron riegos cada siete días usando una botella de 500 ml por planta (0,6 m²), hasta la aparición de las primeras hojas trifoliadas (21 dds).

Registro de variables y análisis estadístico

Se tomaron como referencia las variables recomendadas por el CIAT (1991) y las utilizadas en el INIAP (Murillo, et al. 1999) para la evaluación de variedades de fréjol común de tipo trepador o indeterminado; para haba pallar en la Estación Experimental “Portoviejo” (Mendoza y Linzán, 1992, 1993) y los descriptores del IPGRI (2001) para *P. lunatus* L.

Tabla 3. Variables cualitativas y cuantitativas registradas en la valuación agronómica del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de grano blanco grande en Alangasí, Quito, Ecuador.

Variables cualitativas	
Variable	Descripción
1. Presencia de plagas y enfermedades	A lo largo del ciclo de cultivo se registró la presencia de insectos plagas y enfermedades del cultivo. Se anotaron y describieron los síntomas y el o los agentes causales.
2. Color de la flor	Registro visual y uso de la tabla de colores Munsell.
Variables cuantitativas	
3. Días a la emergencia	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la emergencia de todas y cada una de las semillas; es decir, cuando los cotiledones de la planta aparecieron a nivel del suelo.
4. Días al inicio de floración	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la presencia de la primera flor abierta en todas las plantas.
5. Longitud del tallo principal	Se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice del tallo en dos plantas seleccionadas al azar por repetición y el promedio se expresó en metros; esto por la dificultad de medir sobre el alambre de la espaldera.
6. Días al inicio del envainamiento	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra hasta la presencia de la primera vaina en formación en todas y cada una de las plantas.
7. Número de vainas verdes y secas por planta	Se contabilizó las vainas bien formadas o llenas en todas y cada una de las plantas, a la madurez fisiológica (tiernas) y de madurez de cosecha (secas), respectivamente.
8. Días a la cosecha en vaina verde y en vaina seca	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la cosecha de las primeras vainas secas o maduras, en cada planta.
9. Rendimiento del grano tierno y seco por planta	Se pesó el grano tierno y seco en su momento y se expresó en kilogramos por planta (kg/planta).
10. Peso de 100 granos tiernos y secos	De la mezcla completa a la cosecha en cada estado, se tomó al azar tres muestras de granos tiernos y secos y el peso promedio se expresó en gramos.
11. Rendimiento estimado de grano tierno y seco por hectárea	Se registró el peso obtenido en cada estado de cosecha y se transformó a kilogramos por hectárea (kg/ha), con un estimado de 8.333 plantas por hectárea (1 m entre plantas y 1,2 m entre surcos).

Resultados:

Observación de plagas, enfermedades y otros

A los once días después de la siembra, es decir, a la emergencia se observó el daño causado por el gusano tierrero, por pájaros como el gorrión y por pudrición del tallo.

Los tierreros (*Agrotis ipsilon*) y los gorriones (*Zonotrichia capensis*) dañaron tallos y cotiledones de las plántulas; las mismas que fueron reemplazadas (Figura 1).



Figura 1. Larva de gusano tierrero y daño causado por pájaros a la emergencia (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Cinco plantas murieron presentando pudrición y estrangulamiento del tallo y los síntomas y signos permitieron suponer que se trató de hongos de semillero; probablemente *Fusarium solani* (Figura 2). Las plantas afectadas fueron sustituidas.

No se realizó ningún tratamiento químico o de control, únicamente se realizó el reemplazo de plantas afectadas.



Figura 2. Daño causado por hongos de semillero como *Fusarium solani* (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Daño de roedores

A los 137 días después de la siembra, es decir cuando las vainas verdes iniciaron el llenado o formación de granos, se presentó un ataque de ratas. Los roedores mordieron las valvas a la altura del grano y consumieron a éstos. Se intervino inmediatamente con trapeo para el control y la cobertura de las vainas usando mallas de plástico (Figura 3).



Figura 3. Daño del grano y la vaina tierna causado por roedores de tamaño mediano (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Presencia de insectos polinizadores

Durante el periodo de floración se observó la presencia de más de una decena de potenciales insectos polinizadores, entre los que sobresalen las abejas doméstica y cortadora de hojas, abejorros y mariposas.

Días a la emergencia:

La línea 4 emergió a los 10 días y la línea 1 a los 12 días, sin observarse diferencias estadísticas entre las líneas estudiadas, el número de días promedio para la emergencia fue de 11 (Tabla 4, Figura 4).



Figura 4. Siembra y emergencia de las líneas de fréjol torta en Alangasí (Fotografía: E. Peralta, 2024)

Días al inicio de la floración:

La floración no fue homogénea, tanto entre líneas como dentro de éstas. La primera flor se observó a los 73 días después de la siembra; éstas aparecieron en el racimo del octavo nudo del tallo principal, ubicado a 1,80 m de altura. Lo esperado –al tratarse de una planta de hábito IV o indeterminado–, fue que las primeras flores se presenten en los nudos de las ramas bajas o inferiores y que continúe la floración en ascenso (CIAT, 1991).

Siete días después de iniciada la floración se observó la presencia de flores del octavo nudo hacia arriba, principalmente y, en pocas plantas en la parte baja de la misma.

En las ramas laterales iniciales o bajas de la planta aparecieron las primeras flores en los racimos provenientes de los nudos dos y tres; es decir, algunas plantas presentaron flores en la parte baja e intermedia, tanto en el tallo principal como en las ramas laterales (Figura 6). El comportamiento fue similar para todas las líneas.



Figura 6. Presencia de flores en ramas bajas laterales (2do. y 3er. nudo) y en el tallo principal (8vo. nudo) en la línea 3, a los 75 días después de la siembra (Fotografía: E. Peralta, 2025).

El promedio de días al inicio de la floración fue de 76 días (Tabla 4). La prueba de significación estableció dos rangos, donde en estado tierno se destacan la línea L2 con 73 días y la línea L1 con 80 días, como la “más precoz” y la “más tardía”. En estado seco, todas las líneas participan del mismo rango.

Color de la flor:

El color dominante de la flor fue el lila y en menor grado fue el blanco. Entre 40 plantas, 36 presentaron flores de color lila (90%) y 4 plantas mostraron flor blanca (10%). Las flores blancas se observaron únicamente en la línea 11 (4 entre 8); (lila: 5 RP (7/2 a 8/4) y blanco:10, notación de colores Munsell), (Figura 7).



Figura 7. Los colores de la flor en esta población fueron: el color lila en un 90% (dominante) y el blanco con el 10% (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Días al inicio del envainamiento:

Se observó que las primeras flores o racimos que presentaron la primera vaina formada fueron aquellas que florecieron primero, es decir, ocho días más tarde de la apertura de la flor. En general el aparecimiento de las vainas ocurre ocho a diez días después de la antesis (Figura 8). En promedio, el envainamiento se produjo a los 85 días después de la siembra (Tabla 4).



Figura 8. Las primeras vainas se presentan a los ocho o diez días después de presentar las flores abiertas, en los racimos del tallo principal o ramas laterales (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Tabla 4. Análisis de la varianza para las variables días a la emergencia, días al inicio de floración y días al inicio del envainamiento en grano tierno y en grano seco de las líneas de fréjol pallar en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	VARIABLES			
		Días a la emergencia (tierno y seco)	Días al inicio de floración (tierno)	Días al inicio de floración (seco)	Días al inicio envainamiento (tierno y seco)
Líneas	4	0,83 ^{ns}	22,63 ^{ns}	7,2 ^{ns}	50,7 ^{ns}
Repetición	3	1,8	68,4	35,78	223,7
E. E.	12	1,26	15,19	37,37	16,6
$\bar{X}$		11 días	76 días	76 días	85 días
CV (%)		10	5	8	5

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coeficiente de variación; n. s.=no significativo

Longitud del tallo principal: No fue posible medir en todas las plantas ya que sobrepasaron el alambre (2,10 m) y se enredaron lateralmente en la espaldera. Para disponer de un valor referencial, se midió en dos plantas seleccionadas al azar por repetición y el promedio general fue de 2,6 m (Figura 5).



Figura 5. Crecimiento y desarrollo de líneas de fréjol torta en espaldera (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Días a la cosecha en vaina verde:

Frente a la adversidad del clima, debido a la continua y persistente lluvia ocurrida durante el mes de febrero y el 16 de marzo –que prolongó por lo menos un mes la recolección– se consideró pertinente realizar una sola cosecha de la vaina verde para evaluar el grano tierno. Esta labor se realizó a los 160 días después de la siembra y se cosechó desde el nivel del alambre de la espaldera hacia la base de la planta (Figura 9).



Figura 9. Vaina en estado verde, cosechada a los 160 días después de la siembra (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Número de vainas verdes y secas por planta:

El valor promedio de vainas verdes fue de 71 y un rango entre 33 y 97 por planta, mientras que, el valor promedio de vainas secas fue de 43 y un rango entre 23 y 83 por planta (Tabla 5). Después de la cosecha en tierno, pasaron 20 días para la cosecha de las vainas secas, las cuales soportaron un periodo fuerte de lluvias, causando daño y pérdida de éstas (pudrición).

Rendimiento del grano tierno y seco por planta:

En la Tabla 5 y la Figura 10, se observa que el peso o rendimiento promedio del grano tierno

por planta fue de 0,419 kg. En la cosecha en tierno el 50% corresponde al grano tierno y el otro 50% a las valvas (Figura 11).

El rendimiento promedio del grano seco por planta fue de 0,147 kg (Figura 12).

El rendimiento en grano tierno de las líneas varió entre 0,38 y 0,47 kg por planta y en grano seco entre 0,13 y 0,16 kg por planta.

Tabla 5. Análisis de la varianza para las variables número de vainas tiernas y secas y rendimiento por planta en grano tierno y en grano seco de las líneas de fréjol pallar en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	VARIABLES			
		Número de vainas tiernas	Número de vainas secas	Rendimiento en grano tierno kg	Rendimiento en grano seco kg
Líneas	4	65,68 ^{ns}	265,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,2 ^{ns}
Repetición	3	963,38	386,72	0,04	9,7
E. E.	12	216,51	145,84	0,02	1
$\bar{X}$		71 días	43 días	0,419	0,147
CV (%)		21	28	31	22

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coefficiente de variación; n. s.=no significativo



Figura 10. Peso del grano tierno, verde o fresco por planta (Fotografía: E. Peralta, 2025).



Figura 11. En la cosecha en verde o tierno el 50% es grano y el otro 50% corresponde a las valvas (Fotografía: E. Peralta, 2025).



Figura 12. Vainas y grano seco por planta, afectadas por el exceso de humedad (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Peso de 100 granos tiernos y secos:

De la mezcla completa de cosecha, se tomaron tres muestras al azar del grano tierno, es decir una muestra compuesta de granos de tamaño pequeño, mediano y grande y el promedio fue de 0,412 kg. A la vez, se tomó tres muestras con los granos más grandes y el peso promedio de los 100 granos selectos fue de 0,521 kg (Figura 13).

De la misma manera, se procedió con la toma del peso del grano seco o semilla seleccionado y el promedio de tres muestras presentó un peso de 0,215 kg al 12% de humedad (método de la resistencia a la presión con la uña). Se pesó de esta manera, debido a la insuficiencia de cosecha en algunas líneas. (Figura 14).



Figura 13. Peso de 100 granos tiernos, verdes o frescos, sin seleccionar y seleccionados (Fotografía: E. Peralta, 2025).



Figura 14. Toma del peso de 100 granos secos seleccionados (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Rendimiento estimado del grano tierno y seco por hectárea:

Con el promedio de rendimiento en grano tierno por planta de 0,419 kg, producidos en una superficie de 0,6 m², se estimó un rendimiento promedio por hectárea de 6.983 kg.

El rango de producción por hectárea fluctuó entre 2.776 kg y 11.150 kg en grano tierno o verde.

Con un promedio de rendimiento en grano seco por planta de 0,147 kg, producidos en la misma superficie, se estimó un rendimiento por hectárea de 2.450 kg.

El rango de producción estimado por hectárea fluctuó entre 1.633 kg y 3.633 kg en grano seco.

Discusión

Las variables evaluadas relacionadas con el crecimiento y la producción que fueron analizadas estadísticamente no presentaron diferencias estadísticas, aunque se observó cierta variabilidad dentro de la población.

Caracteres como el inicio, ubicación y color de flor fueron diferentes entre y dentro de las líneas, al igual que el rendimiento en grano tierno o seco (Figura 7, Tabla 4).

La floración, carácter que se presentó a niveles elevados del tallo principal; cuando lo esperado era que en tratándose de una planta de hábito indeterminado (IV) la floración debió iniciarse en la parte baja de la planta, es decir en el primero o segundo nudo y sus ramas laterales, como ocurre en variedades volubles o trepadoras de fréjol común (*P. vulgaris* L.); lo cual ocurrió en pocas plantas (CIAT, 1991).

De la misma manera, se esperaba un comportamiento parecido en cuanto a los días a la cosecha en grano tierno, es decir con una madurez fisiológica heterogénea, pero las precipitaciones constantes (42 días) durante el periodo de maduración no permitieron evaluar este carácter. En la variable número de vainas cosechadas por planta, se presentó un rango entre 33 y 97 vainas, lo cual se considera muy amplio. Situación parecida ocurrió en la variable rendimiento del grano tierno que también presentó un rango entre 0,380 y 0,470 kg y un promedio de 0,419 kg por planta, haciendo evidente algún grado de heterogeneidad para este carácter; fuertemente influenciada por el ambiente.

La cosecha en tierno se realizó a los 160 días después de la siembra y la cosecha en seco a los 180.

El rendimiento promedio estimado por hectárea en grano tierno es de 6.983 kg (13.966 kg de vaina verde por ha); valor que se ubica entre 19.200 y 14.400 kg de vainas cosechadas en tierno reportados por Mendoza y Linzán en Portoviejo, Ecuador (1993) y superior a las 9 t/ha registradas por Vásquez (1997) en variedades de Ica, Perú. Estos valores estimados, aún preliminares, permiten proyectar el potencial de la variedad para su comercialización en grano tierno, en “mazos” o atados de vainas verdes o en costales como es tradicional en Manabí y la Costa ecuatoriana.

Hasta la época de cosecha en seco, las plantas y vainas en proceso de maduración, soportaron veinte días más de lluvias diarias, lo cual incidió fuertemente en la madurez de cosecha y el inminente daño a las vainas y por ende del grano seco; el que se manchó y rajó la testa en más del 60%. Aun así, el rendimiento en grano seco presentó un promedio de 2.450 kg/ha. Este rendimiento es aceptable a pesar de las duras condiciones climáticas que soportó, pues rendimientos obtenidos en áreas secas del Perú informan de rendimientos obtenidos entre 2.200 y 3.500 kg/ha (Vásquez, 1993) y en Manabí, Ecuador de 1.400 a 2.000 kg/ha (Mendoza y Linzán, 1995). De otra parte, los 100 granos o semillas secas presentaron un peso de 215 g, valor que se ubica con otros reportados en Perú con 200 a 250 g; por lo tanto, se consideran semillas de tamaño grande (> a 2 g por cada semilla), (Vásquez, 1993).

Estos resultados, de alguna manera demuestran el potencial que tienen las cinco líneas evaluadas para ser explotadas como una población en los valles serranos, lo cual justifica plantear la necesidad de realizar investigación y motivar su producción comercial.

Si el objetivo del cultivo no es comercial, se debe mantener la población como una mezcla de varias líneas, una práctica frecuente de los pequeños productores o los guardianes de la biodiversidad y las semillas.

Para siembras comerciales y con el objeto de homogenizar a la variedad, se puede realizar ensayos estratificados y aplicar presiones de selección, cuidando de no estrechar demasiado su base genética, seleccionando para rendimiento, grano grande y color de flor como marcador.

Para la producción de semilla de buena calidad de esta especie en la serranía ecuatoriana, los valles ubicados en áreas de temporal o bajo riego serían los más recomendados.

Los mejores sistemas para producir vaina verde o grano tierno, grano comercial seco o semilla son: en espaldera (usando varas de madera, hierro y alambre) o con tutores rígidos ubicados a una distancia de por lo menos 1,2 m entre sí.

Finalmente, amerita publicar más sobre el uso y consumo de esta especie, ya que la mayoría aún desconoce sus beneficios en la salud y la alimentación.

Conclusiones

Es importante proyectar, incluir o crear un programa de fitomejoramiento para esta especie a largo plazo y así procurar métodos y prácticas en la generación y manejo de nuevas variedades con fines comerciales.

La variedad de fréjol torta o pallar de grano blanco grande presentó un buen grado de adaptabilidad en un ambiente ubicado a 2.490 m s.n.m., pues a pesar de la inclemencia climática causada por el exceso de lluvia a la floración, llenado de vainas y cosecha, hubo respuesta favorable en cuanto al rendimiento.

Los caracteres agronómicos evaluados y el rendimiento mostraron cierto comportamiento heterogéneo. La población evaluada se adaptó a las condiciones de valle con clima Ecuatorial-Mesotérmico, semihúmedo y puede ser cultivada bajo un enfoque de agricultura periurbana agroecológica.

Anexo 1. El sistema en espaldera en imágenes







Fotografía: E. Peralta, 2024-2025

Referencias

- Adebo, J.A. (2023). A Review on the Potential Food Application of Lima Beans (*Phaseolus lunatus* L.), an Underutilized Crop. Appl. Sci. 13, 1996. <https://doi.org/10.3390/app1303199>.
- Baudoin JP, Degreef J, Hardy O, Janart F, Zoro Bi I. (1998). Development of an in-situ conservation strategy for wild lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) populations in the central valley of Costa Rica. In: Reproduction biology. Kew: Royal Botanic Garden Press.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1991). FRIJOL: Investigación y Producción. Segunda impresión. PNUD-CIAT. Compilado y editado por: López, M., Fernández, F y Schoonhoven, A. Cali, Colombia. Pp. 20, 26.
- Díaz, A., Perea, V., Maguiña, I. (2010). “Pallar de Ica” – Perú. MINAG, INDECOPI, FAO. Conferencia. Lima, Perú.
- Espinoza, L. (2022). Situación actual del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en el Perú: potencialidades y riesgos. Martínez-Castillo, J. y León, A. (Eds.). En: Siembra 9 (3) (2022). Edición especial. Resúmenes del II Simposio Internacional Sobre Frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 24 p.
- Estrella, E. (1998). El pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. 3ra. edición. FUNDACYT. Quito, Ecuador. pp. 72.
- International Legume Database and Information Service, ILDIS. School of Plant Sciences, University of Reading: Reading, UK
- IPGRI. (2001). Descriptores para *Phaseolus lunatus* (Feijão-espadinho). International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Martínez-Castillo. (2023). El frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) en América: características, origen e importancia de la especie. Capítulo 1. In: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. Pp. 17.
- Martínez- Castillo, J. y León, A. (2022). Memorias del II Simposio Internacional Sobre Frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. Instituto de Investigaciones en Etnociencias de la Universidad Central del Ecuador. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, A. C. Quito, Ecuador. 38 p.
- Martínez- Castillo, J., y Peralta Idrovo, E. (Eds.). (2023). El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. 133 p.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1995). INIAP Portoviejo 490 y491 de haba pallar para el litoral ecuatoriano. En: Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano Comestible de la Zona Andina, Releza V. INIAP, CIAT, PROFRIZA. Ibarra, Ecuador. Pp. 31, 32.

- Mendoza, H. y Linzán, L. (1993). INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 132. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1992). INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 124. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente y Aspromad. (2025). Memorias del Taller: Brechas en conocimiento y tecnología para el aprovechamiento de la diversidad del frijol, el pallar y sus parientes silvestres. Lima, Perú. 30 p.
- Munsell Color Charts for Plant Tissues. (1977). Second edition. Kellmorgen Corporation. Baltimore, Maryland, USA. 23 p.
- Murillo, Á. y Monteros, Á. (2022). Leguminosas de Grano: Diversidad Genética de *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador y perspectivas para el futuro. Martínez-Castillo, J. y León, A. (Eds.). En: Siembra 9 (3) (2022). Edición especial. Resúmenes del II Simposio Internacional Sobre Frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 24 p.
- Murillo, Á., Minchala, L., Pinzón, J., Monar, C., Peralta, E. (1999). INIAP 421 Bolívar, variedad mejorada de fréjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Boletín divulgativo s/n. CRSP-U. Minnesota, EE. UU., PROFRIZA-CIAT. Quito, Ecuador.
- Nieto, C. (2022). Panorama actual y perspectivas del cultivo de frijol Lima en Ecuador. Martínez-Castillo, J. y León, A. (Eds.). En: Siembra 9 (3) (2022). Edición especial. Resúmenes del II Simposio Internacional Sobre Frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 24 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (1992). Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. p. 54.
- Penha JS, Lopes ACA, Gomes RLF, Pinheiro JB, Assuncao Filho JR, Silvestre EA, Viana JPG. Martínez-Castillo J. (2016). Estimation of natural outcrossing rate and genetic diversity in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*) from Brazil using SSR markers: implications for conservation and breeding. Genetic Resources and Crop Evolution. Doi: 10.1007/s10722-016-0441-9.
- Peralta, E., Peralta, F. y Peralta, H. 2019. Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.
- Vásquez, J. (1997). El cultivo del pallar. Serie RI No. 2-97. Manual de Investigación. Reimpresión. Instituto Nacional de Investigación Agraria, INIA. Dirección General de Investigación y de Transferencia de Tecnología Agraria. Lima, Perú. 27 p.
- Villacrés, E., Quelal, M., Álvarez, J., Peralta, E. (2023). Fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: calidad nutricional y potenciales beneficios para la salud humana. Capítulo número 4. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY,

RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 65-84.

Webster B, Lynch S, Tucker C. (1979). A morphological study of the development of reproductive structures of *Phaseolus lunatus* L. Journal of the American Society for Horticultural Science 104:240–243.

Zambrano, E. y Peralta, E. 2023. Cultivo, mercado y consumo de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la provincia de Manabí. Capítulo Número 5. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 88-106.

Zoro Bi I, Maquet A, Baudoin JP. (2005). Mating system of wild *Phaseolus lunatus* L. and its relationships with population size. Heredity 94:153–158.

En internet:

<https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pichincha/san-golqui-30838/> Descargado: agosto 2025.

http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20%20ALANGAS%C3%8D%202015.pdf. Descargado: agosto 2025.

<https://www.fao.org/fileadmin/templates/olq/documents/Ecuador/ppp/TALLER%20REGIONAL%20FAO%20nov%202010/Miercoles/3PERUPALLARDEICA.pdf>

CAPÍTULO X



Evaluación agronómica de tres líneas de fréjol pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de grano blanco asociado con maíz (*Zea mays* L.) como tutor, en Alangasí, Quito, Ecuador

Eduardo Peralta Idrovo¹, Diego Rodríguez Ortega²,
Cristian Subía García³,

¹ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

² Investigador del Programa de Leguminosas y Granos Andinos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Mejía, Ecuador; diego.rodriguez@iniap.gob.ec

³ Investigador del Programa de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Mejía, Ecuador; cristian.subia@iniap.gob.ec

Resumen

El fréjol pallar o torta (*P. lunatus* L.) es una especie originaria de los Andes ecuatorianos y peruanos que ha sido cultivada desde hace muchos siglos en estos territorios. El sistema de producción más difundido para la conservación y aprovechamiento de *Phaseolus* fue y sigue siendo el asociado con maíz y otras especies, en el cual, el maíz sirve de tutor a las variedades de tipo indeterminado o trepador. El objetivo de este estudio fue caracterizar la respuesta agronómica y el rendimiento en grano seco de tres líneas de fréjol pallar en asociación con la variedad local de maíz “Chillos” en el valle de los Chillos a 2.490 m de altura en Alangasí, Quito. Las líneas de fréjol pallar “Ica”, “Manaba” y “California”, de grano blanco de tamaño mediano a grande fueron evaluadas usando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se tomaron datos de 24 variables agronómicas y morfológicas y los resultados más relevantes fueron los siguientes: la floración ocurrió a los 98 días en promedio; el color de las flores fue lila y blanco; el hábito de crecimiento indeterminado; el largo del tallo principal alcanzó 3,3 m; la primera cosecha en vaina seca ocurrió a los 213 días y la última a los 276. El promedio de vainas por planta fue de 84 y el de semillas por vaina varió entre 1 y 5; el rendimiento en grano seco por planta fue de 278 g en promedio. La presencia de semillas medianas a grandes bien formadas varió entre el 62 y 87%; el color primario fue el blanco y las 100 semillas pesaron 172 g en promedio. Las variables días a la formación de vainas; ancho de la vaina, número de semillas grandes por planta; largo, grosor y en peso de 100 semillas presentaron diferencias estadísticas significativas. Estos resultados permiten concluir que las tres líneas presentaron un buen grado de adaptabilidad a esta localidad y un rendimiento aceptable en el sistema asociado.

Palabras clave: población, hábito de crecimiento, adaptabilidad, rendimiento en grano seco; haba manaba o pallar.

Abstract

The pallar bean (*P. lunatus* L.) is a species native to the Ecuadorian and Peruvian Andes that has been cultivated in these territories for many centuries. The most widespread production system for the conservation and use of *Phaseolus* was and continues to be that associated with corn and other species, in which corn serves as a support for indeterminate or climbing varieties. The objective of this study was to characterize the agronomic response and dry grain yield of three lines of pallar bean in association with the local corn variety “Chillos” in the Chillos Valley at 2,490 m altitude in Alangasí, Quito. The “Ica”, “Manaba”, and “California” varieties of white, medium-to-large-sized lima beans were evaluated using a randomized complete block design with four replications. Data was collected on 25 agronomic and morphological variables, and the most relevant results were as follows: flowering occurred on average at 98 days; flower color was lilac and white; growth habit was indeterminate; the main stem length reached 3.3 m; the first harvest of dry pods occurred at 213 days and the last at 276 days. The average number of pods per plant was 84, and the number of seeds per pod ranged from 1 to 5; the average dry grain yield per plant was 278 g. The presence of well-formed medium-to-large seeds ranged from 62% to 87%; the primary color was white, and the 100 seeds weighed an average of 172 g. The variables days to pod formation; pod width, number of large seeds per plant; length, thickness and weight of 100 seeds showed statistically significant differences. These results allow us to conclude that the three lines showed a good degree of adaptability to this location and acceptable performance in the associated system.

Keywords: population, growth habit, adaptability, dry grain yield, manaba bean or pallar.

Introducción

Para esta investigación con líneas de fréjol pallar o torta en asociación con el maíz suave se consideró resaltar en la introducción de esta narrativa la importancia histórica, ancestral y contemporánea del sistema asociado de cultivos, aunque en el análisis de los resultados solamente se enfatice en la respuesta de la leguminosa ya que el maíz sirvió únicamente como tutor. Para una evaluación más profunda de los dos cultivos y su interacción debe realizarse en parcelas y superficies más representativas -con menos limitaciones de espacio y costo- que permitan evidenciarlo adecuadamente.

Bajo este contexto, se conoce que las diferentes culturas que se asentaron en lo que hoy es el continente americano dejaron entre otros aportes, un sistema de producción agrícola basado en la asociación de cultivos originarios, al que se sumaron después otras especies y plantas con la llegada de los españoles; este sistema procuraba garantizar la seguridad de cosecha, la diversidad de productos, la conservación de semillas y la colecta en diferentes épocas del año, tanto debajo del suelo como en la superficie. Si alguna de estas fuentes en algún momento no prosperaba, otras aseguraban la alimentación a sus pobladores (Estrella, 1998). Incluso, en años recientes se ha comprobado un incremento en la eficiencia productiva (EP) del frijol común (*P. vulgaris* L.) y el ayacote o frijol escarlata (*P. coccineus* L.) en cultivo simple y también en asociación con maíz, en Puebla México (Mendoza-Robles & Hernández-Romero (2020).

Biodiversidad Mexicana (2016) al respecto señala que: «en México denominamos milpa (del náhuatl *milpan* de *milli* «parcela sembrada» y *pan* «encima de») al sistema agrícola

tradicional conformado por un policultivo, que constituye un espacio dinámico de recursos genéticos. Su especie principal es el maíz, acompañada de diversas especies de frijol, calabazas, chiles, tomates, y muchas otras dependiendo de la región, por ejemplo, a la combinación de maíz-frijol-calabaza se le conoce como “la triada mesoamericana”».

En los Andes ecuatorianos, el sistema de policultivos más conspicuo en las chakras altoandinas (2.200 a 3.000 m s.n.m.) es la asociación del maíz con el fréjol trepador o voluble (*P. vulgaris* L., *P. coccineus* L.), cucúrbitaceas [sambo (*Cucurbita pepo*), zapallo (*Cucurbita maxima*), achogcha (*Cyclanthera pedata*)], haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*) y en los sitios más altos con tubérculos o raíces andinas, con bordes de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) o quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) (INIAP, 1985).

En la década de los años noventa se estimó que la superficie asociada maíz-fréjol voluble ocupaba el 54% del área sembrada con la leguminosa, con alrededor de 50.000 ha (92% en la Sierra, 5% en la Costa y 3% en la Amazonia) (Peralta y Mora, 1994). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (INEC, 2023), la superficie sembrada con maíz suave en la Sierra fue de 64.000 hectáreas, de las cuales, 47.000 se destinaron a grano seco y 17.000 a choclo. Por la experiencia y el conocimiento del sistema asociado maíz-fréjol voluble en Ecuador, se puede inferir que al menos el área destinada a grano seco de maíz está asociada con el fréjol de tipo trepador, lo cual se apoya también con lo informado en 1995 por Lépiz y colaboradores respecto al Diagnóstico Agro socioeconómico del cultivo del fréjol en la Sierra ecuatoriana y concluyeron que el 65% de los agricultores encuestados sembraban el fréjol asociado, en el 95% de casos con maíz y que el 65% de agricultores frejoleros lo hacen en condiciones de secano o temporal.

Murillo, et al. (1995), de un ensayo de evaluación de variedades de fréjol voluble (*P. vulgaris* L.) y densidades de siembra, en asociación con maíz, concluyeron que el rendimiento de la gramínea es afectado por las variedades agresivas de fréjol trepador; que la densidad de fréjol (una o dos plantas por sitio) no afecta significativamente la producción del maíz y que la mejor asociación se obtiene con la variedad del cereal de porte más alto y vigoroso.

Por otro lado, sobre *P. lunatus* en territorios que hoy son Ecuador, Estrella (1998) menciona que el fréjol pallar es una planta herbácea voluble cultivada como anual, bienal o perenne, que tiene algunas variedades trepadoras y enanas, con semillas grandes o pequeñas; que se produce en zonas tropicales y subtropicales y que los nativos prefieren la variedad perenne, de semillas grandes, que se producen principalmente en áreas calientes de la Costa, el Oriente (Amazonia) y los valles serranos.

Respecto a la diversidad y distribución de la leguminosa en estudio, se han descubierto frijol lima o pallar domesticado y silvestre en una amplia gama de condiciones climáticas (Baudoin, et al. 2004). Según datos genómicos, los tipos silvestres se estructuran en tres acervos genéticos principales: uno andino (AI) y dos mesoamericanos (MI y MII), así como acervos genéticos con una domesticación en cada uno de ellos (Bria, et al. 2019). Mientras que el AI se limita al sur de Ecuador y al norte de Perú, donde se originaron estas especies, y la MI se encuentra principalmente en el centro-oeste de México, la MII tiene una distribución más amplia, desde el sur de México y Centroamérica hasta la Sudamérica tropical (Chacón y Martínez, 2017).

De otra parte, de la información técnica disponible, entre los países andinos, solamente Perú y Ecuador reportan la liberación de variedades mejoradas de fréjol pallar o frijol Lima. En Perú, para el “Pallar de Ica” (denominación de origen), mencionan 12 variedades en

uso y a la vez las recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo, procesamiento de semillas y el manejo fitosanitario (Díaz, et al. 2010) y Vásquez (1997).

La colección de *P. lunatus* del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) consta de 193 accesiones, de las cuales 186 fueron colectadas en 13 provincias del territorio ecuatoriano, diez en la región Sierra y tres en Costa (Murillo, et al. 2023); ninguna en la Amazonia. Para la provincia de Manabí se reportan cinco entradas, sin embargo, los agricultores reportaron que cultivan y conservan alrededor de nueve variedades entre habas y habichuelas (grano grande y grano pequeño) (Zambrano y Peralta, 2023) y, en 2019, se reportó la presencia de *lunatus* en territorios de la Amazonía, en la provincia del Napo, cantón Tena, parroquia Chontapunta (Peralta, et al. 2019); informaciones que llevan a pensar que existe una mayor diversidad de pallar en el país. Con el objetivo de predecir los posibles procesos de erosión genética o pérdida, es recomendable hacer viajes de recolección y monitorear los niveles de diversidad. En Brasil, por ejemplo, los científicos realizan estudios de comparación de la diversidad genética de la especie que es cultivada por los agricultores para responder a las demandas del mercado con variedades mejoradas frente a genotipos recolectados hace más de tres décadas, usando microsatélites (SSR) evalúan la posible erosión genética; sin encontrar una pérdida significativa de diversidad, excepto por algunos alelos de baja frecuencia (Lustosa-Silva, et al. 2022).

Es probable que también Ecuador, al ser un centro de diversidad esté sometido a riesgos de diferente tipo, donde la erosión genética es importante y en el que se esté provocando la reducción permanente de la riqueza de alelos locales a través del tiempo en ciertos territorios (Maxted y Gavino, 2006).

Factores como el cambio climático, la degradación ambiental, los cambios en el uso de la tierra, los desastres naturales, el reemplazo de las variedades tradicionales por las mejoradas y el cambio en las prácticas tradicionales del cultivo pueden acelerar ese proceso (FAO, 1996; Leroy, et al. 2017).

Aun cuando el riesgo es vigente, en Manabí, el fréjol pallar contribuye significativamente a la seguridad alimentaria, nutricional y de subsistencia a los pequeños y medianos productores; sin embargo, la ausencia de un programa de investigación integral podría provocar la pérdida de las variedades locales, ya que en una encuesta realizada en 2023 los agricultores informaron que conocen y cultivan alrededor de nueve variedades de grano blanco grande y pequeño. Esta realidad es semejante a lo que ocurre con este cultivo en el noreste de Brasil, en cuanto al manejo tradicional, las variedades locales, el mercado, el consumo y la dinámica de los pequeños agricultores. Por lo que, en estos territorios, las variedades tradicionales de pallar conservadas constituyen un valioso patrimonio genético (Lutosa-Silva, et al. 2023) que se debe preservar.

En relación con el arreglo de fréjol con maíz ya en 1987, Arroyave, en la publicación del INIAP: “Maíz-Haba, una asociación para el valle del río Portoviejo” destacaba que la siembra de maíz-haba es una asociación muy utilizada; sin embargo, enfatizó que en muchos casos, poco contribuye a satisfacer los requerimientos económicos de los agricultores durante el año, debido principalmente al desconocimiento casi total de ciertas prácticas culturales y agronómicas, que permitan obtener mayores y mejores cosechas, buena rentabilidad y, consecuentemente, elevar el nivel socioeconómico de los agricultores y resaltó que, tales sistemas son mayormente utilizados por los agricultores de recursos económicos limitados, que desarrollan así una agricultura de subsistencia. Este autor, contribuyó también con una

serie de recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo de pallar o haba manaba, empezando por la preparación de los suelos hasta la cosecha junto con un esquema de siembra de la asociación maíz-haba pallar para el valle del río Portoviejo, en Manabí.

Algunos años después, Mendoza y Linzán (1995, 1993, 1992), como resultado de las investigaciones en haba pallar o haba manaba en la Estación Experimental “Portoviejo” en Manabí, entregaron dos variedades mejoradas por selección: INIAP 490 para siembras de invierno o época lluviosa (1992) e INIAP 491 para la época seca o de verano (1993), las dos de grano blanco grande; junto a las recomendaciones técnicas de manejo entre éstas el sistema en espaldera, de tutores o asociado con maíz.

Finalmente, Adebo (2023) al respecto enfatiza en que se deben centrar los esfuerzos en promover el cultivo y la utilización de cultivos subexplotados y desatendidos, que tienen el potencial de mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y que, sin embargo, la explotación y la utilización de los cultivos dependen principalmente del conocimiento existente.

Todos estos antecedentes motivaron la planificación y ejecución de un ensayo comparativo de líneas de fréjol pallar con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y el rendimiento de tres líneas de grano blanco en asociación con maíz usado como tutor en un valle de la Sierra ecuatoriana; caracterizar la respuesta agronómica y el rendimiento en grano seco, cultivadas bajo un enfoque de agricultura periurbana, agroecológica. Como hipótesis se planteó que las tres líneas de fréjol pallar de grano blanco, presentan la misma respuesta agronómica, morfológica y rendimiento en grano seco, bajo un sistema asociado con maíz y la pregunta de investigación planteada fue: ¿las tres líneas presentan el mismo comportamiento agronómico y el rendimiento?

Materiales y métodos

Material genético

Semillas de las líneas: tipo “Ica” que provino de la cosecha de un ensayo preliminar de adaptabilidad conducido en 2024 en Alangasí (L1); “Manaba” que fue un aporte de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP (L2) y “California” (identificada así para este experimento) proveniente del grano comercial adquirido en un mercado de Santa Clara, California en 2024 (Figura 1). La semilla de la variedad de maíz “Chillos” de grano suave y de color amarillo, fue adquirida en el mercado del cantón Rumiñahui (Sangolquí).



Figura 1. Semillas de las tres líneas de pallar en estudio: Ica (L1); Manaba (L2); California (L3) y la variedad de maíz local “Chillos” (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Ubicación y diseño del experimento

El lote experimental estuvo ubicado en una huerta periurbana a 2.490 m s.n.m., en el sector de Playa Chica, perteneciente a la parroquia Alangasí, cantón Quito, provincia del Pichincha en Ecuador. El suelo es de tipo franco arenoso; con un contenido medio de materia orgánica y 6,5 de pH. El clima es Ecuatorial Mesotérmico; semihúmedo, con alrededor de 1.500 mm de precipitación anual, con mayor frecuencia entre los meses de octubre a abril; temperaturas entre 11 y 23 °C y con 70 a 80% de humedad ambiental (PDOT Alangasí, 2015; Climate Data, 2025).

Las características del ensayo y la descripción de la unidad experimental se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del ensayo de tres líneas de fréjol pallar, Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Característica	Cantidad	Característica	Cantidad
Área total	9,72 m ²	Distancia entre sitios por UE	0,9 m
Unidad experimental (UE)	0,81 m ²	Nº. de plantas de pallar por sitio	1
Parcela neta	0,81 m ²	Nº. de plantas de pallar por UE	1
Área neta por repetición	2,43 m ²	Nº. total, de sitios o UE	12

El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, tres tratamientos y un total de 12 unidades experimentales.

Manejo del experimento

El suelo tuvo seis meses de descanso después de la última cosecha de maíz suave. Al tratarse de un cultivo de temporal, la época de siembra se planificó en función de las primeras lluvias para esta labor en la región Sierra, es decir, al inicio del mes de octubre; para lo cual, el suelo fue removido manualmente y nivelado.

Para la siembra, en cada sitio dentro se colocó 1 kg de humus de lombriz mezclado con una porción de suelo. A los 18 días se realizó una ligera fertilización con 18-46-00 en una dosis de 200 kg por hectárea (16 g por sitio) orientados a beneficiar a las plantas de maíz.

La siembra del maíz se realizó 08-10-2024 y de los pallares 30 días después (07-11-2025), con el objeto de adelantar el crecimiento del maíz como tutor, con base en la recomendación de Arroyave (1987). Se sembraron cuatro semillas de maíz por sitio, dejando tres plantas después de la emergencia y, un mes más tarde, dos semillas de pallar por sitio, para posteriormente dejar la plántula más vigorosa.

Labores culturales:

Maíz: Emergió a los 10 días y a los 14 fue dañado por gorriones, se repuso las plantas afectadas y se aplicó tres riegos localizados (500 ml por sitio cada vez). A los 20 días se realizó la deshierba y un medio aporque.

Pallar: Emergió entre los 11 y 13 días y por la época seca se aplicó tres riegos localizados (500 ml por sitio y frecuencia); además, se realizó reposición de semillas sin emerger y a

los 44 días después de la siembra se dio una labor de aporque a los dos cultivos. La labor de guiado inició a los 64 días.

Registro de variables y análisis estadístico

Tabla 2. Variables cualitativas registradas en la evaluación de tres líneas de fréjol pallar en asociación con maíz en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variables cualitativas	
Variable*	Descripción
1. Color de la flor	Registro visual y uso de la tabla de colores Munsell.
2. Hábito de crecimiento	Se clasificó con base al tipo de desarrollo terminal del tallo (dominancia apical o terminal), floración, número de nudos, longitud de entrenudos y largo de la planta.
3. Color de la vaina verde	Registro visual y uso de tabla de colores Munsell.
4. Color de la planta	Registro visual y uso de tabla de colores Munsell.
5. Forma de la vaina verde	Observación visual por planta.
6. Color de la vaina seca	Registro visual y uso de tabla de colores Munsell.
7. Color primario y secundario de la semilla	Registro visual y uso de tabla de colores Munsell.

* Las variables seleccionadas y la forma de registrarlas se basaron en los descriptores del IBPGR (1982) y del CIAT (1991) para fréjol común *Phaseolus vulgaris* L. y, del IPGRI (2001) para *P. lunatus* L.

Tabla 3. Variables cuantitativas registradas en la evaluación de tres líneas de fréjol pallar en asociación con maíz en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variables cuantitativas	
Variable*	Descripción
1. Días a la emergencia	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la emergencia o presencia de los cotiledones a nivel del suelo, en todos y cada uno de los sitios.
2. Días a la floración	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la presencia de la primera flor abierta en cada planta o unidad experimental.
3. Días al inicio de la formación de vainas	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la presencia de las primeras vainas en formación, en cada planta.
4. Días al inicio de llenado de vainas	Se contabilizó el número de días al llenado de la vaina en estado tierno (granos visibles), en cada planta.
5. Largo de la vaina verde	Se midió en centímetros, en dos vainas ubicadas a la altura media de la planta, a la madurez fisiológica (máximo crecimiento y la semilla es viable) en cada planta.
6. Ancho de la vaina verde	Se midió en centímetros, en dos vainas ubicadas a la altura media, a la madurez fisiológica, en cada planta.

Continuación Tabla 3

7. Largo del tallo principal	Con la ayuda de un flexómetro, se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice del tallo principal al inicio de la primera cosecha en cada planta y se expresó en m.
8. Días a la primera cosecha en vaina seca	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la cosecha de las primeras vainas secas o maduras, en cada planta.
9. Días a la última cosecha en vaina seca	Se contabilizó el número de días desde la fecha de siembra, hasta la cosecha de todas las vainas secas en cada planta.
10. N° de semillas por vaina	Se contabilizó el número de granos por cada vaina seca cosechada por planta y se expresó en porcentaje
11. N° de vainas secas cosechadas	Se contabilizó el número de vainas cosechadas por planta desde la primera hasta la última cosecha
12. N° de semillas grandes por planta	Se procedió a seleccionar y después se contabilizó las semillas grandes y bien formadas en las 12 unidades experimentales.
13. Largo de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar usando un calibrador o Vernier y se obtuvo el promedio por planta.
14. Ancho de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar usando un calibrador o Vernier y se obtuvo el promedio, por planta.
15. Grosor de la semilla	Se midió en milímetros a 10 semillas tomadas al azar usando un calibrador o Vernier y se obtuvo el promedio, por planta.
16. Rendimiento en grano seco	Se pesó el total del grano o semilla al 12% de humedad por planta y se expresó en gramos. Se aplicó la prueba de la uña (resistencia de la testa a la presión); si no hay marca, se asume que se encuentra en este porcentaje de humedad.
17. Peso de 100 semillas grandes	Se tomaron al azar 100 semillas secas grandes por planta y el peso se expresó en g.

* Las variables seleccionadas y la forma de registrarlas se basaron en los descriptores del IBPGR (1982) y del CIAT (1991) para fréjol común *Phaseolus vulgaris* L. y, del IPGRI (2001) para *P. lunatus* L.

Análisis estadístico: Usando el programa computacional INFOSTATv2017 se realizaron las pruebas de Shapiro Wilk para supuestos de normalidad, Levene para homogeneidad y los análisis de las varianzas.

Resultados

Variables Cualitativas

Las variables consideradas fueron hábito de crecimiento, color de planta, color de flor, color de la vaina en estado tierno, color y forma de la vaina seca y color de la semilla (Tabla 4).

Tabla 4. Rasgos cualitativos obtenidos en tres líneas de fréjol pallar Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variables cualitativas	L1	L2	L3
Hábito de crecimiento**	tipo IV	tipo IV	tipo IV
Color de la planta*	7.5 GY (5/6 a 5/8)	7.5 GY (5/6 a 5/8)	7.5 GY (5/6 a 5/8)
Color de flor*	5 RP (7/2 a 8/4), 10	10	5 RP (7/2 a 8/4), 10
Color de vaina tierna*	7.5 GY (5/6 a 5/8)	7.5 GY (8/8)	7.5 GY (5/6 a 5/8)
Color de vaina seca*	5Y (8/2 a 7/6)	5Y (8/2 a 7/6)	5Y (8/2 a 7/6)
Forma de la vaina	oblonga y recurvada	oblonga y recurvada	oblonga y recurvada
Color de la semilla*	10	10	10

*Según la notación del color de Munsell

** Escala CIAT, 1991 (adaptada)

A partir de los resultados, se evidenció una marcada uniformidad entre las tres líneas en relación con el color de la planta (verde oscuro), la forma de la vaina, el color de la vaina y el color blanco de la semilla (Figura 2).

Para el hábito de crecimiento, las líneas en estudio fueron de tipo IV, en unas plantas las flores se ubicaron desde los nudos de la parte baja y otras desde la parte media hacia arriba. Las líneas L2 y L3 presentaron 27 entrenudos y la L1 29 en promedio; el largo de los entrenudos varió entre 14 y 20 cm, con un promedio de 17 cm y el largo promedio de las plantas fue de 3,3 m. Las tres líneas presentaron una gran capacidad de torsión del tallo y la aptitud para trepar.

Por otro lado, se identificaron variaciones en el color de la flor y en el color de la vaina tierna, incluso dentro de la misma línea. En el primer caso, las líneas L1 y L3 presentaron flores de tonalidades lila (5 RP) y blanco (10), mientras que L2 mostró una coloración blanca (10). En cuanto al color de la vaina tierna, la L2 presentó un tono de verde más claro (7.5 GY 8/8) con ligeros rayas de color morado en comparación con las líneas L1 y L3 (7.5 GY 5/6 a 5/8) que presentaron tonalidades de verde más oscuras.

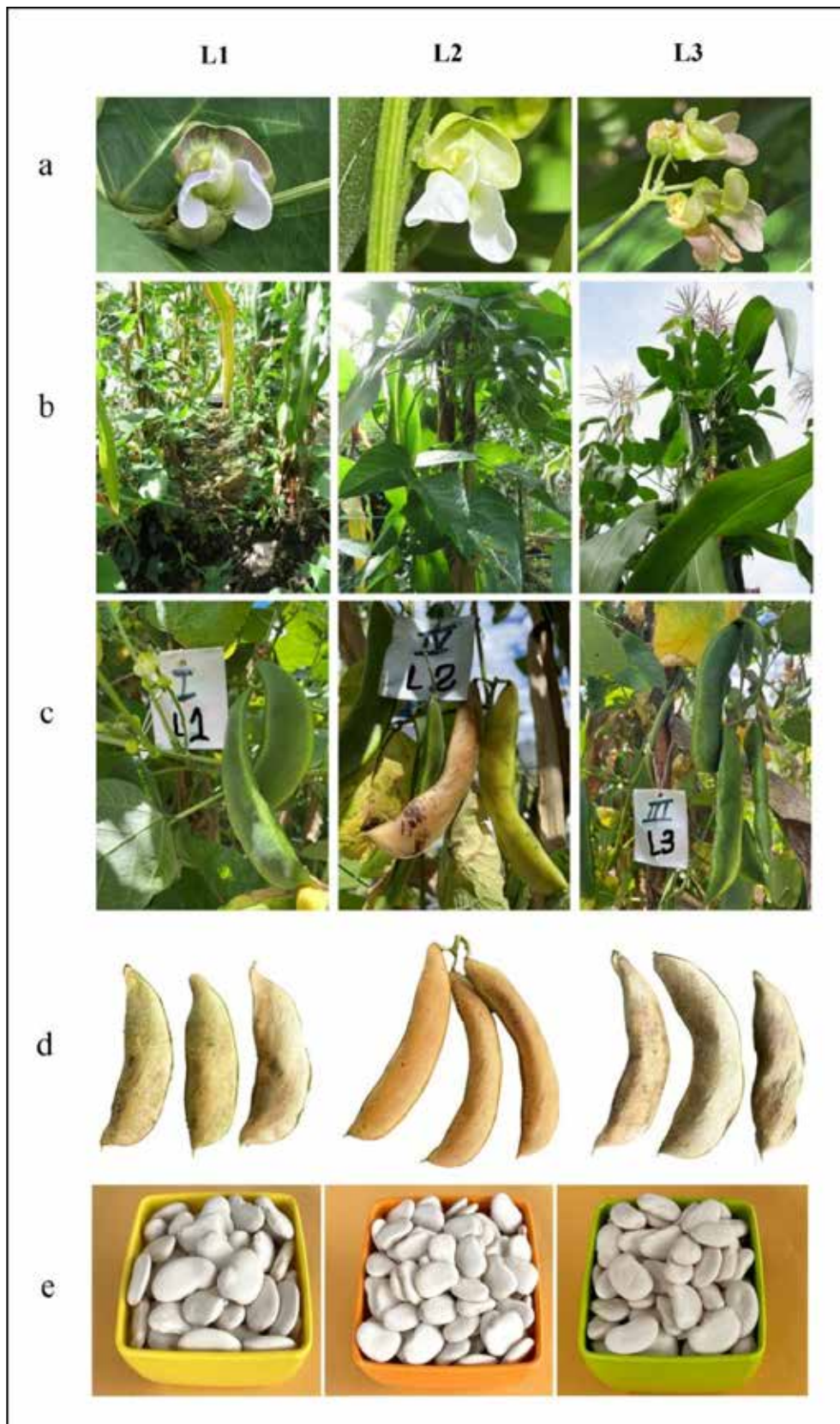


Figura 2. Rasgos cualitativos evaluados en L1 (Ica); L2 (Manaba) y L3 (California): a) Color de la flor (blanca y lila); b) Habito de crecimiento tipo IV (trepador); c) Color de vaina tierna; d) Forma y color de la vaina seca (medialuna); e) Color de la semilla (blanco) (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Estos resultados permiten establecer que, aunque existe una alta homogeneidad en varios caracteres cualitativos entre las tres líneas evaluadas, algunos rasgos de coloración, particularmente en flores y vainas tiernas, pueden constituir criterios diferenciadores dentro del material analizado.

Variables Cuantitativas

El análisis de varianza de las variables indicadoras de precocidad (Tabla 5) registró diferencias estadísticas únicamente para días al inicio de la formación de vainas, mientras que días a la emergencia, días al inicio de la floración y días al inicio de la maduración fisiológica no presentaron diferencias estadísticas entre las líneas.

Tabla 5. Cuadrados medios del análisis de la varianza para las variables indicadoras de precocidad de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	INDICADORES DE PRECOCIDAD			
		Días a la emergencia	Días al inicio de floración	Días al inicio de formación de vainas	Días al inicio de la maduración fisiológica
Líneas	2	7,00 ^{ns}	174,33 ^{ns}	322,33*	13,58 ^{ns}
Repetición	3	2,11	94,97	30,67	43,64
E. E.	6	1,78	127,56	51	3,81
$\bar{X}$		12 días	98 días	105 días	183 días
CV		12	11	7	1

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coefficiente de variación; n. s.=no significativo; *significativo 5%

Los promedios de estas variables (Tabla 5) indican que las líneas germinan a los 12 días, florecen alrededor de los tres meses y una semana después inician la formación de vainas, para alcanzar la madurez fisiológica alrededor de los 6 meses.

Los promedios del número de días para las diferentes variables de cada una de las líneas se presentan en la Tabla 6 donde se observa que la L3 proveniente de California es ligeramente más precoz que las otras dos líneas respecto de la floración y formación de las vainas, pero se observa que prácticamente a la madurez fisiológica se igualan con la L1 proveniente de Perú y siempre el material “local” es decir la L2 originaria de Manabí se presenta como un poco más tardía respecto de las variables analizadas.

Tabla 6. Promedios de indicadores de precocidad de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variabes	L1	L2	L3
Días a la emergencia	13,00 ± 0.82	10,50 ± 1.73	11,00 ± 1.41
Días al inicio de floración	99,75 ± 13.96	104,25 ± 8.54	91,25 ± 9.07
Días al inicio de formación de vainas	102,00 ± 5.89 ab	115,50 ± 1.91 a	98,50 ± 9.71 b
Días al inicio de la maduración fisiológica	182,00 ± 4.00	185,50 ± 4.12	182,75 ± 4.27

Largo del tallo principal: El promedio general fue de 3,3 m. Para la L1 el rango fue de 2,8 a 3,5 m, con un promedio de 3,2 m de largo; la L2 presentó un rango entre 3,6 a 3,9 m, con un promedio de 3,8 m; y, la L3 mostró un rango entre 2,4 y 4 m, con un promedio de 3 m, es decir las plantas de las líneas en estudio, independiente de su origen, presentaron un desarrollo y comportamiento similar con el tutorado de maíz (Figura 3).



Figura 3. La imagen ejemplifica el color y altura de planta, observados durante el experimento de las tres líneas de pallar (Fotografía: E. Peralta).

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de tamaño de vaina verde o tierna se presentan en la Tabla 7 y se observan diferencias estadísticas significativas al 5% únicamente para el ancho de las vainas con promedios de 11 cm de largo por 2.8 cm de ancho.

Tabla 7. Cuadrados medios del análisis de la varianza para tamaño de vaina verde de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	VAINA VERDE	
		Largo	Ancho
Líneas	2	1,08 ^{ns}	0,32*
Repetición	3	0,97	0,06
E. E.	6	1,64	0,05
$\bar{X}$		11 cm	2,8 cm
CV		12	8

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.=Error experimental;
 $\bar{X}$ = promedio; CV=Coeficiente de variación; n. s.=no significativo; *significativo 5%

En la Tabla 8 se observa que las vainas tiernas de las tres líneas tienen vainas de entre 10 y 11 cm de largo, con ancho de entre 2,5 y 3,0 cm que de manera general se podría indicar que las líneas produjeron vainas similares, independiente del origen de los materiales estudiados.

Tabla 8. Promedios de largo y ancho de vaina verde de líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variables en Vaina Verde	L1	L2	L3
Largo (cm)	10,00 ± 1.63	10,75 ± 0.96	11,00 ± 0.82
Ancho (cm)	3,05 ± 0.33 a	2,50 ± 0.00 b	2,88 ± 0.25 ab

Días a la cosecha de las vainas secas: Del experimento de fréjol pallar, se observa que entre la primera y la última vaina seca cosechada en promedio hubo un periodo de dos meses de producción (63 días) y en detalle por comportamiento de las líneas en estudio se observó que para días a la primera cosecha en vaina seca: el promedio fue 213 días. La cosecha de las primeras vainas secas ocurrió a los 199 días después de la siembra en las líneas L1 y L3; mientras que la L2 correspondiente al material de Manabí se cosechó a los 240 días como la más tardía. Para días a la última cosecha en vaina seca se obtuvieron las vainas ulteriores a los 276 días para las tres líneas, en plena época seca, lo que contribuyó al secado rápido de éstas.

El análisis de varianza de las variables indicadoras de rendimiento en vaina y en grano por planta (Tabla 9), presentó a las líneas estadísticamente similares en el número de vainas secas y el número de semillas por planta y después de hacer una selección de semillas por tamaño, para el número de semillas grandes por planta se registraron diferencias estadísticas al 5%.

Tabla 9. Cuadrados medios del análisis de la varianza para número de vainas secas, número de semillas cosechadas y de semillas grandes por planta de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	INDICADORES DE RENDIMIENTO		
		Número de vainas secas cosechadas por planta	Número de semillas cosechadas por planta	Número de semillas grandes por planta
Líneas	2	416,58 ^{ns}	7016,58 ^{ns}	11775,25*
Repetición	3	569	5813,19	2978,33
E. E.	6	665,58	4579,69	2104,58
$\bar{X}$		84 vainas	184 semillas	136 semillas
CV		31	37	34

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coeficiente de variación; n. s.=no significativo; *significativo 5%

De los promedios presentados en la Tabla 10, se observa que la L3 produjo mayor cantidad de vainas por planta, pero la L2 produjo mayor cantidad de semillas por planta relacionado directamente con el mayor número de semillas grandes por planta y por vaina. La L1 claramente se caracteriza por ser la línea de menor producción en número de vainas y número de granos.

Tabla 10. Promedios de indicadores de rendimiento en vaina y en semillas por planta de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Variables en Vaina Seca	L1	L2	L3
Vainas secas cosechadas por planta	76,50 ± 20.79	80,25 ± 34.8	95,75 ± 16.03
Semillas cosechadas por planta	141,25 ± 49.71	225,00 ± 108.03	184,25 ± 28.82
Semillas grandes por planta	87,75 ± 16.68 b	194,50 ± 81.14 a	124,25 ± 18.03 ab

Número de semillas por vaina: En la Figura 4 se observa que L1 presentó un 58% de vainas con 2 semillas; mientras que, L2 presentó el 39% con 3 semillas por vaina; y, L3 el 55% con 2 semillas. La línea L2 presentó vainas con hasta 5 semillas (1%).



Figura 4. Distribución del porcentaje de plantas con número de semillas de 1 a 5 por vaina; destacándose la línea L2 (Manaba) por presentar vainas hasta con cinco granos (Fotografía: E. Peralta).

De la caracterización de las semillas se registraron los tamaños y los pesos de los granos y del ADEVA (Tabla 12) se observa que únicamente el ancho de la semilla es similar para todas las líneas y que estadísticamente se registraron diferencias para largo, grosor y peso de 100 semillas.

Tabla 12. Cuadrados medios del análisis de la varianza para las características de la semilla de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	VARIABLES DE LA SEMILLA			
		Largo	Ancho	Grosor	Peso 100 semillas
Líneas	2	40,58**	3,00 ^{ns}	3,58**	8302,58*
Repetición	3	0,22	1,64	0,08	442,31
E. E.	6	3,14	2,89	0,25	817,47
$\bar{X}$		26 mm	17 mm	6 mm	172 g
CV (%)		7	10	9	17

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coefficiente de variación; n. s.=no significativo; *significativo 5%

En los promedios claramente se observa que L1 produjo las semillas más grandes mientras que la L3 produjo las semillas más pequeñas pero ambos materiales obtuvieron las semillas más pesadas. Las semillas de la L2 fueron semilla intermedias en tamaño, pero bastante delgadas, razón que probablemente las registra como las más livianas (Tabla 13), (Figura 5).

Tabla 13. Promedios de las características de la semilla de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

Características de la semilla	L1	L2	L3
Largo (mm)	27.25 ± 1.89 a	27,75 ± 0.82 a	22,00 ± 1.50 b
Ancho (mm)	17,75 ± 2.22	16,25 ± 0.96	16,25 ± 1.26
Grosor (mm)	6,25 ± 0.50 a	4,50 ± 0.58 b	6,00 ± 0.00 a
Peso de 100 semillas (g)	202,50 ± 40.96 a	120,00 ± 5.60 b	194,75 ± 19.19 a



Figura 5. Largo y ancho de las semillas seleccionadas de grano mediano y grande de las tres líneas de pallar (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Rendimiento o peso de la semilla: El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas para las líneas, el promedio fue de 278 gramos por planta (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis de la varianza para la variable rendimiento en grano seco de tres líneas de fréjol pallar: Ica (L1), Manaba (L2) y California (L3) evaluadas en Alangasí, Pichincha, Ecuador, 2025.

FV	GL	SC	CM	F
Total	11	73542,25	7895,58	
Líneas	2	12036,50	6018,25 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Repetición	3	14132,25	4710,75	0,60 ^{ns}
E. E.	6	47373,50	7895,58	
$\bar{X}$	278 g / planta			
CV (%)	32			

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM=Cuadrado medio
E.E.= Error experimental; $\bar{X}$ = promedio; CV=Coeficiente de variación; n. s.=no significativo

Sin diferenciarse estadísticamente, se observó una considerable diferencia matemática en el peso de la producción por planta entre las líneas L1 Ica que presentó un rendimiento promedio de grano seco por planta de 236 gramos; la L2 Manaba que obtuvo 287 gramos y la L3 California 312 g como la de mayor producción, que rinde hasta un 30% más que la L1 (Figura 6).

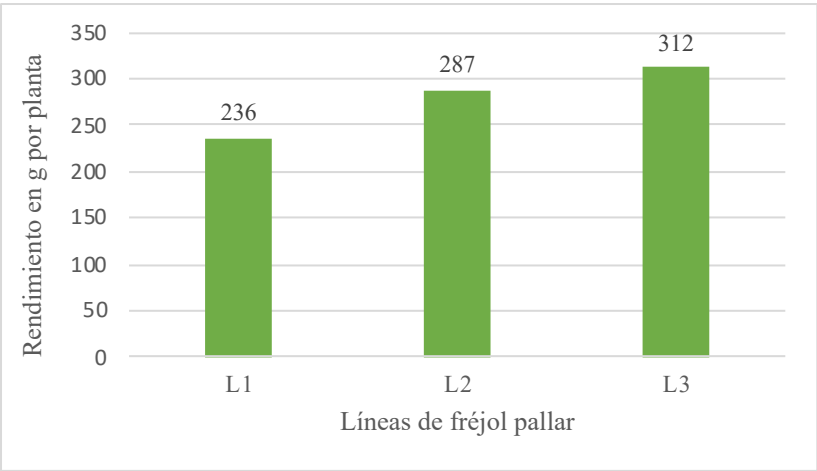


Figura 6. Rendimiento promedio en g por planta de las tres líneas de fréjol pallar.

Discusión

Los resultados de las variables cualitativas mostraron que el color de la flor y el color de la vaina tierna fueron uniformes en la línea L2 (Manaba), mientras que, las líneas L1 (Ica) y L3 (California) presentaron cierta variabilidad en estas características. Para las demás variables cualitativas como el color de la planta, forma y color de la vaina seca, color de la semilla de manera general y hábito de crecimiento, se observó que no son características discriminantes entre las líneas evaluadas. Respecto a la variable hábito de crecimiento, este carácter ya fue identificado en investigaciones previas para la línea L1 (Ica) como de hábito indeterminado, tipo IV; por referencias bibliográficas, se esperaba que la línea L2 (Manaba) presentara el mismo hábito que L1 y, se desconocía el hábito de la línea L3 (California). Finalmente, las

tres líneas se comportaron como de hábito trepador, indeterminado, tipo IV, lo cual justificó el uso de tutores para su adecuado crecimiento y desarrollo.

Las tres líneas en estudio presentaron un comportamiento indeterminado, trepador, voluble o de hábito IV, alcanzando el tallo principal una longitud promedio de 3,3 m, variando entre 2,4 y 4 m, lo que evidencia su alto grado de cobertura y agresividad para crecer o trepar y la necesidad de hacerlo en tutores fuertes, de por lo menos 5 m de largo. Al ser así, este sistema no funcionaría con variedades de maíz de tallas medianas y cañas menos fuertes, pues permitiría que la planta se vuelva de tipo rastrero. En el Perú, Vásquez (1997) informa del uso de dos variedades comerciales mejoradas de tipo rastrero indeterminado, las que al tener este comportamiento generan problemas a la cosecha por las vainas manchadas debido a la humedad causada por el agua de riego y el contacto de éstas con el suelo húmedo. Otro aspecto para considerar en siembras comerciales es la necesidad de mayor demanda de mano de obra para cosechas periódicas, ya que la madurez no es uniforme; por lo observado se requiere realizar por lo menos dos cosechas en el ciclo y al no hacerlo oportunamente, las vainas secas revientan y dispersan las semillas en el campo. Para siembras enfocadas en el mercado y usando materiales genéticos con este hábito de crecimiento, una alternativa es el uso del sistema en espaldera o cordel.

Sobre la diversidad en cuanto al hábito de crecimiento, en el Perú, Vásquez (1997) y Dadther-Huaman (2023) informan que las variedades erectas o arbustivas de fréjol pallar son de hábito de crecimiento determinado y tienen flores terminales; y respecto a las variedades decumbentes o rastreras indican que son de hábito de crecimiento indeterminado; con flores axilares, semillas o granos grandes, medianos o pequeños de color blanco, jaspeado o coloreado que requieren de zonas de verano largo y cultivo intensivo.

Por lo que, a futuro, es importante conocer si en el banco de germoplasma del Ecuador a cargo del INIAP, existen líneas o poblaciones de hábito determinado I, II o III, que no requieran tutores para su cultivo, las que constituirían otra alternativa para impulsar la producción de esta especie en el país.

El rendimiento constituye una de las variables más relevantes en los cultivos. En este ensayo, el rendimiento por planta de las tres líneas puede considerarse aceptable a las condiciones de los valles andinos, lo que evidencia su buena adaptación. Con un rendimiento promedio de 0,278 kg por planta y una densidad estimada de 8.642 plantas por hectárea (equivalente al 70% de sobrevivencia hasta la cosecha), se proyecta una productividad aproximada de 2.402 kg de grano seco por hectárea. Este valor es comparable con los obtenidos en estudios realizados en Manabí donde Mendoza y Linzán (1995) reportaron promedio de 1.850 kg bajo el sistema de espaldera y con resultados del Perú, en el que Vásquez (1997) registró 2.300 kg/ha.

En cuanto a las variables cuantitativas, al igual que en las cualitativas, la L2 (Manaba) difiere de la L1 (Ica) y la L3 (California). Las características que presentaron diferencias: tamaño de la vaina, el tamaño del grano y el peso de 100 semillas. Estos resultados evidencian que la L2 (Manaba) presenta características cualitativas y cuantitativas discriminantes respecto a las otras dos líneas, que se podrían calificar como introducidas. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se responde la pregunta de investigación, ya que al menos una de las tres líneas mostró un comportamiento agronómico y morfológico distinto bajo las condiciones agroecológicas de la localidad evaluada.

Las tres líneas evaluadas constituyen una muestra muy pequeña de la diversidad disponible de la especie en Ecuador y si bien, estadísticamente se manifiestan iguales para algunos caracteres, para otros son disímiles, lo que evidencia que genotípicamente son diferentes; por lo que el estudio de la diversidad y estructura genética entre poblaciones de cultivos es esencial para el desarrollo sostenible, la gestión eficiente de los recursos genéticos y la conservación de genotipos silvestres en sus hábitats naturales (Cornille, et al. 2015). Considerando los genotipos de este estudio, se puede suponer que, si se desarrollan hibridaciones, será posible obtener buenos resultados, ya que se observa diversidad entre los genotipos (Lutosa-Silva, et al. 2022).

Los caracteres morfológicos como el hábito de crecimiento, color de la planta, de las flores, color y forma de la vaina tierna y seca, color, forma y tamaño de las semillas observados y evaluados en este estudio, son semejantes a los registrados por autores como Adebo (2023), quien, de una compilación de investigaciones relacionadas en diferentes localidades del mundo, afirma que la planta de haba lima o pallar con flores típicas, de crecimiento anual a perenne, que puede alcanzar hasta 6 m de altura y que los frutos son vainas dehiscentes (oblongo-falcadas, grandes y planas con forma de medialuna) y pueden medir hasta 12 cm de altura, conteniendo entre dos y cuatro semillas. Esto evidencia también la variabilidad disponible y la plasticidad de la especie, es decir la capacidad para modificar sus características físicas (fenotipo) en respuesta a diferentes condiciones ambientales; lo que permite a los cultivos adaptarse a factores como la sequía, los cambios de temperatura o las variaciones en la disponibilidad de nutrientes y del clima.

P. lunatus L. puede encontrarse en territorios de todos los continentes; en América está presente en casi todos los países. En Sudamérica se destacan Brasil y Perú por la producción comercial, el consumo y la exportación. En Brasil, el frijol lima se cultiva principalmente en el noreste, donde se consume ampliamente y tiene gran importancia económica (Assunção-Filho, et al. 2022). Constituye una fuente importante de ingresos y proteínas vegetales de calidad para la población de esta región. Tradicionalmente, los productores de frijol lima en Brasil son principalmente pequeños agricultores, lo que hace que la especie sea más relevante, considerando el sustento y la seguridad nutricional que brinda a las comunidades rurales (Alves et al. 2014; Sousa et al. 2020). En el Perú, las principales regiones productoras son Lambayeque, Ica, Arequipa, La Libertad y Ayacucho (Dadther-Huaman, 2023; Cayetano, et al. 2021) y en las estadísticas históricas, Vásquez (1997), menciona que en las décadas de los 80 la superficie cosechada fluctuó entre 1.259 y 5.868 hectáreas. En Ecuador, según los datos del INEC-SPAC (2023) se estima una superficie cosechada de 619 ha, ubicadas en las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas, con un promedio de 1.300 kg/ha de rendimiento en grano tierno; por lo tanto, los resultados de esta evaluación a nivel experimental superan estos promedios de cosecha, considerando que se proyecta una productividad aproximada de 2.402 kg de grano seco por hectárea.

El sistema de producción ancestral asociado con maíz con esta especie, en la Costa ecuatoriana es más limitado y lo practican agricultores de subsistencia, con rendimientos muy bajos. Esto probablemente es debido a la agresividad de este tipo de variedades indeterminadas, volubles y trepadoras y que por más fuerte que sea el tutor de maíz, no resisten la cobertura y aptitud de la leguminosa; comportamiento que se observó en la presente investigación, ya que la distancia entre los sitios del maíz y el fréjol pallar resultaron muy estrechos (0,9 m x 0,9 m), pues la abundante biomasa de las tres variedades cubrió todo el espacio entre sí, generando gran competencia; sin embargo, en México, al analizar la eficiencia

productiva del frijol común (*P. vulgaris* L.) y el ayacote o frijol escarlata (*P. coccineus* L.) en cultivo simple y en asociación con maíz, concluyeron que cuando estas especies se asocian al maíz la eficiencia productiva total promedio fue mayor; incrementando los rendimientos en un 74% en comparación con los cultivos simples de frijol y maíz (Mendoza-Robles, R. & Hernández-Romero, E. (2020).

Conclusión:

El crecimiento, desarrollo y rendimiento de las líneas Ica, Manaba y California demuestran que las líneas o poblaciones de la especie *P. lunatus* se adaptan a las condiciones ambientales de los valles mesotérmicos de la sierra ecuatoriana.

La línea L2 (Manaba), fue claramente diferente a las líneas introducidas en algunas de las características cualitativas y cuantitativas, siendo esta la que presentó un mayor porcentaje de semilla grande. Mientras que la línea L3 (California) presentó el rendimiento más alto, aunque no fue estadísticamente diferente al resto de líneas.

Este resultado es útil para futuros programas de selección, ya que cualquiera de las líneas podría considerarse en procesos de validación participativa o ensayos multiambientales, con base en otros criterios como aceptación del productor, mercado o tolerancia a factores bióticos y abióticos.

Recomendación:

Con materiales genéticos de tipo trepador como los evaluados, al cultivar en asociación con maíz, la distancia entre surcos y sitios debe ser superior a los 0,9 m, manteniendo la relación de tres plantas de maíz y una planta de fréjol pallar de tipo trepador.

Las variedades introducidas y las nativas de Manabí de crecimiento indeterminado deben ser evaluadas en otros ambientes serranos y amazónicos por el potencial para producir cosechas y constituir una buena fuente alimenticia.

Referencias:

- Adebo, J.A. (2023). A Review on the Potential Food Application of Lima Beans (*Phaseolus lunatus* L.), an Underutilized Crop. Appl. Sci. 13, 1996. <https://doi.org/10.3390/app1303199>
- Alves AU, Cardoso EA, Alixandre TF, Cavalcante IHL, Beckmann-Cavalcante MZ (2014) Emergencia de plantulas de fava em funcao de posicoes e profundidades de semente. Biosci J 30:33–42.
- Assuncao-Filho JR, Costa MF, Pinheiro JB, Carvalho LCB, Gomes RLF, Lopes AC (2022) Selection of superior genotypes of lima bean landraces by multivariate approach. Rev Caatinga 35(1):87. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n109rc>
- Baudoin, J.P., Rocha, O., Degreef, J., Maquet, A., Guarino, L. (2004). Ecogeography, Demography, Diversity and Conservation of *Phaseolus lunatus* L. In the Central

- Valley of Costa Rica; Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 12; International Plant Genetic Resources Institute: Rome, Italy.
- Bria, E.J., Suharyanto, E., Purnomo. (2019). Variability and intra-specific classification of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from Timor Island based on morphological characters. J. Trop. Biodiv. Biotech. 4, 62–71.
- Cayetano, T., K. Peña, E. Olivarez y S. Vargas. (2021). Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo de pallar. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima. <https://n9.cl/3t2xo>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1991. FRIJOL: Investigación y Producción. Segunda impresión. PNUD-CIAT. Compilado y editado por: López, M., Fernández, F y Schoonhoven, A. Cali, Colombia. Pp. 20, 26.
- Chacón-Sánchez, M.I., Martínez-Castillo, J. (2017). Testing domestication scenarios of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in mesoamerica: Insights from genome-wide genetic markers. Front. Plant Sciences. 8, 1551.
- Cornille A, Feurtey A, Gelin U, Ropars J, Misvanderbrugge K, Gladieux P, Giraud T (2015) Anthropogenic and natural drivers of gene flow in a temperate wild fruit tree: a basis for conservation and breeding programs in apples. Evol. Appl. 8(4):373–384
- Dadther-Huaman, H., Zamata-Guzmán, R., y Casa-Coila, V. (2023). Caracterización agromorfológica de accesiones de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) del banco nacional de germoplasma del INIA, Perú. Bioagro 35(1): 59-68.
- Díaz, A., Perea, V., Maguiña, I. (2010). “Pallar de Ica” – Perú. MINAG, INDECOPI, FAO. Conferencia. Lima, Perú.
- Estrella, E. (1998). El pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. 3ra. edición. FUNDACYT. Quito, Ecuador. 257 p.
- FAO (1996) Report of the conference of FAO. Twenty-second session. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- IBPGR. (1982). *Phaseolus vulgaris* Descriptors. Crop Genetic Resources Centre. Planta Production and Protección Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Quito. Ecuador.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. (1985). Recolección de varios cultivos andinos en Ecuador. Informe final. Castillo, R., Peralta, E., Tola, J. (Eds.). Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF). Unidad de Recursos Fitogenéticos. Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador. 145 p.
- IPGRI. (2001). Descriptores para *Phaseolus lunatus* (Feijão-espadinho). International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Lépiz, R., Peralta, E., Minchala, L., y Jiménez, R. (1995). Diagnóstico Agro socioeconómico del Cultivo del Fréjol en la Sierra ecuatoriana. Documento de trabajo INIAP-PROFRIZA N° 1. Quito, Ecuador. 21 p.

- Leroy G, Carroll EL, Bruford MW, DeWoody JA, Strand A, Waits L, Wang J (2017) Next-generation metrics for monitoring genetic erosion within populations of conservation concern. *Evol Appl*. [https:// doi. org/ 10. 1111/ eva. 12564](https://doi.org/10.1111/eva.12564)
- Lustosa-Silva JD, Ferreira-Gomes RL, Martínez-Castillo J, Carvalho LCB, de Oliveira LF, Ortiz-García MM, Sosa-Sánchez AG, Silva GR, Costa MF, Silva VB, Lopes ACA (2022) Genetic diversity and erosion in lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Northeast Brazil. *Genetic Resources and Crop Evolution*. [https:// doi. org/ 10. 1007/ s10722- 022- 01402-w](https://doi.org/10.1007/s10722-022-01402-w)
- Lustosa-Silva JD, de Oliveira EG, da Costa Soares LA, Ferreira-Gomes RL, da Costa AF, Melo de Barros RS, da Costa Almeida R, da Silva VB, Ferreira Costa M, de Almeida Lopes Á (2023). Traditional varieties of lima beans (*Phaseolus Lunatus* L.) in northeastern Brazilian farms: conservation and sustainability. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70(7), 2021-2032
- Maxted N, Guarino L (2006) Genetic erosion and genetic pollution of crop wild relatives. In: Ford-Lloyd BV, Dias SR, Bettencourt E (eds) *Genetic erosion and pollution assessment methodologies. Proceedings of PGR forum workshop 5, Terceira Island, Autonomous Region of the Azores, Portugal*, 35–45. Published on behalf of the European Crop Wild Relative Diversity Assessment and Conservation Forum, Biodiversity International, Rome, p 100. ISBN: 9789290437109
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1995). INIAP Portoviejo 490 y491 de haba pallar para el litoral ecuatoriano. En: *Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano Comestible de la Zona Andina*, Releza V. INIAP, CIAT, PROFRIZA. Ibarra, Ecyuador. Pp. 31, 32.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1993). INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 132. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1992). INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 124. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Mendoza-Robles, R., & Hernández-Romero, E. (2020). El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineous* l.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México. *Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 3-10.*
- Murillo, Á., Peralta, E., Vásquez, J., y Pinzón, J. (1995). Evaluación de variedades de fréjol voluble y densidades de siembra, en asociación con variedades de maíz. En: *Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano Comestible de la Zona Andina*, Realeza V. INIAP; CIAT, PROFRIZA. Quito, Ecuador. Pp. 83-84.
- Peralta, E. y Mora, E. (1995). El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Ecuador. *Memorias del Primer Taller sobre Resistencia Duradera en Cultivos Alto Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú*. INIAP-WAU-DGIS. Quito, Ecuador. Pp. 52.
- Sousa AMCB, Silva VBD, Lopes ACA, Gomes RLF, Carvalho LCB (2020) Prediction of grain yield, adaptability, and stability in landrace varieties of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Crop Breed Appl Biotechnol*.

Vásquez, J. (1997). El cultivo del pallar. Serie RI N°. 2-97. Manual de Investigación. Reimpresión. Instituto Nacional de Investigación Agraria, INIA. Dirección General de Investigación y de Transferencia de Tecnología Agraria. Lima, Perú. 27 p.

En internet:

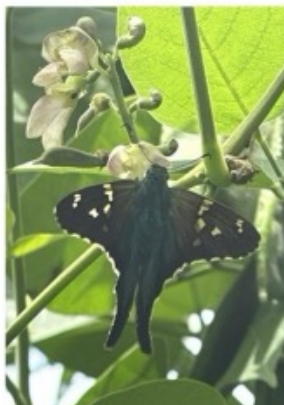
<https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pichincha/sangolqui-30838/> Descargado: agosto 2025.

http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20%20ALANGAS%C3%8D%202015.pdf. Descargado: agosto 2025.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/sistemas-productivos/milpa>. 2016.

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/CllgCJvIHpSWTMcPHKsTrnN-NWQtDkmCTQjWdbdJMdfWLkdwPWfmsmjrfvRdGwcGHqtpGFxMLpLB>

CAPÍTULO XI



Potenciales insectos polinizadores de fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) observados en el valle de los Chillos, en la Sierra ecuatoriana

Diego Mina Chalá¹, Eduardo Peralta Idrovo²

¹ Investigador Asociado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Wasi Lab, Quito
dfmch.777@gmail.com

² Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador
peraltaedu55@gmail.com

Resumen

El fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) es la segunda leguminosa andina domesticada de mayor importancia en Ecuador, después del fréjol común (*P. vulgaris* L.), con relevancia económica, ecológica y social. Su cultivo y diversidad se concentra en la provincia de Imbabura, donde se consume en grano tierno y tiene valor cultural en los juegos ancestrales y, en Manabí donde se cultiva comercialmente y forma parte de la dieta local. A pesar de su importancia, la investigación sobre esta especie ha sido limitada, lo que deja una brecha de conocimiento en temas clave como la entomofauna asociada al cultivo y particularmente sobre la polinización. Este estudio tuvo como objetivo documentar la presencia de potenciales insectos polinizadores y visitantes florales en cultivos de fréjol pallar en un valle mesotérmico de la Sierra ecuatoriana. El estudio se llevó a cabo en una huerta agroecológica en Alangasí, Quito, a 2.490 m s.n.m., donde se sembraron seis variedades trepadoras y perennes en enero de 2024. Las observaciones se realizaron durante el periodo de floración, entre las 10h00 y 15h00, en días sin lluvias ni vientos fuertes, cuando el 50-75% de las flores estaban abiertas. Se tomaron registros fotográficos de los polinizadores, los cuales se registraron en iNaturalist para su identificación preliminar, así como el uso de claves taxonómicas y se elaboró material publicado en YouTube para análisis posterior. Durante la investigación, se realizaron observaciones diarias y se identificaron 17 insectos visitantes de flor, de los cuales 10 fueron clasificados y descritos por su ecología. Entre ellos destacan la abeja europea (*Apis mellifera*), la abeja cortadora de hojas (*Megachile* sp.), los abejorros carpinteros (*Xylocopa* sp.), avispa albañiles (subfamilia *Eumeninae*), la mariposa saltarina de cola larga (*Urbanus proteus*), abejas colectoras de aceite (*Centris* sp.), la avispa de papel (*Polistes weyrauchorum*), y moscas rayadas de las flores (*Allograpta* sp.). Se concluye que la localidad estudiada presenta una diversidad significativa de insectos asociados con la polinización destacándose como los más frecuentes *Apis mellifera*, *Megachile* sp., *Xylocopa* sp. y *Urbanus proteus*. Estos resultados contribuyen al conocimiento sobre la interacción de los polinizadores con el fréjol torta y su potencial para la conservación de la biodiversidad en sistemas agroecológicos.

Palabras clave: leguminosa andina, polinización cruzada, insectos asociados, diversidad, sistemas agroecológicos.

Abstract

The pallar bean (*Phaseolus lunatus* L.) is the second most important domesticated Andean legume in Ecuador, after the common bean (*P. vulgaris* L.), with economic, environmental and social importance. Its cultivation and diversity are concentrated in the province of Imbabura, where it is consumed as a tender bean and has cultural value in ancestral games, and in Manabí, where it is grown commercially and is part of the local diet. Despite its importance, research on this species has been limited, leaving a knowledge gap on key topics such as the entomofauna associated with the crop and, in particular, pollination. This study aimed to document the presence of potential pollinating insects and floral visitors in pallar bean crops in a mesothermal valley of the Ecuadorian Sierra. The study was conducted in an agroecological garden in Alangasí, Quito, at 2,490 m above sea level, where six climbing and perennial varieties were planted in January 2024. Observations were made during the flowering period, between 10:00 a.m. and 3:00 p.m., on days without rain or strong winds, when 50–75% of the flowers were open. Photographic records of the pollinators were taken and registered on iNaturalist for preliminary identification and the use of taxonomic keys. Material was published on YouTube for subsequent analysis. During the investigation, daily observations were made, and 17 pollinating insects were identified, 10 of which were classified and described according to their ecology. Of these, the honeybee (*Apis mellifera*), the leafcutter bee (*Megachile* sp.), the carpenter bumblebee (*Xylocopa* sp.), the mason wasp (subfamily Eumeninae), the long-tailed skipper butterfly (*Urbanus proteus*), the oil collecting bee (*Centris* sp.), the paper wasp (*Polistes weyrauchorum*) and the striped flower fly (*Allograptasp.*) were the most important. It is concluded that the study site has a significant diversity of pollinators, with *Apis mellifera*, *Megachile* sp., *Xylocopa* sp. and *Urbanus proteus* being the most active. These results contribute to the knowledge of pollinator interactions with pallar beans and their potential for biodiversity conservation in agroecological systems.

Keywords: Andean legume, cross-pollination, associated insects, diversity, agroecological systems.

Introducción

En Ecuador, las cuatro regiones naturales (Costa, Sierra, Amazonia e Insular) cultivan o conservan variedades de las cuatro especies –entre cinco– domesticadas de *Phaseolus* en América. Las principales son: fréjol común o poroto (*P. vulgaris*), fréjol torta o pallar (*P. lunatus*), y los popayanes (*P. coccineus* y *P. dumosus*, antes *P. polyanthus*) (Peralta, et al. 2019). El fréjol común es el más importante para la investigación y el desarrollo, debido a su amplia superficie cultivada y consumo. En segundo lugar, está el fréjol torta, conocido por su diversidad y relevancia cultural en la Sierra, y su cultivo y consumo en la Costa. Sin embargo, esta especie ha sido poco estudiada en el país.

Frente a los efectos cambio climático, *P. lunatus* se considera una especie prometedora para la investigación, en particular por su adaptabilidad, ya que puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los valles de la Sierra y en la Amazonia. En los últimos años, ha despertado interés en centros de investigación y de la academia. Esta especie incluye cultivares anuales y perennes. En Ecuador, su diversidad se concentra en provincias como Imbabura (Sierra) y Manabí (Costa), con cultivares de semillas blancas, de tamaños pequeños a grandes, muy apreciadas en la dieta costeña. Estas variedades tienen un hábito de crecimiento indeterminado, son trepadoras y perennes, lo que les permite producir semillas por periodos prolongados (Zambrano y Peralta, 2023).

Se considera importante –para su mayor uso– determinar si *P. lunatus* es una planta autó-gama o alógama y en qué proporción. Según la FAO (1992), esta especie es principalmente autó-gama, con estigmas introrsos (orientados hacia adentro) (Figuras 1 y 2), y que la polinización cruzada puede superar el 32%. Serrano-Serrano, et al. (2010), reporta que *P. lunatus* mayoritariamente es autó-gama, con solo un 10% de cruzamiento. (Fofana, et al. 1999) señala que *P. lunatus* tiene un mecanismo de reproducción mixto y, aunque es principalmente autó-gama, el porcentaje de alogamia es del 48 %.

Lo anterior conduce a plantear la siguiente pregunta: ¿qué factores o agentes contribuyen a la fecundación o polinización cruzada? ¿Es anemófila (por viento), hidrófila (por agua) o entomófila (por insectos)? Observaciones preliminares realizadas por uno de los autores, durante los últimos cuatro años en cultivares de origen ecuatoriano e introducidos, cultivados en el Valle de los Chillos, confirmaron la presencia frecuente de potenciales insectos polinizadores y visitantes. Ante estos hallazgos, se inició una investigación observacional más detallada para identificar familias y especies de insectos involucrados en la polinización de la especie en esta localidad.

Clasificación de las plantas por sus estructuras reproductivas

Con la proyección de realizar mejoramiento genético convencional en *P. lunatus*, es fundamental entender los mecanismos de reproducción de las plantas. Según la ubicación de las estructuras reproductivas, las plantas se dividen en sexuales (autógamas y alógamas) y asexuales. La fecundación sexual permite la recombinación genética, generando nuevos genotipos en poblaciones segregantes, lo que facilita la obtención de variedades con mayor rendimiento y calidad de frutos y semillas.

La reproducción sexual es clave en el mejoramiento genético, ya que el porcentaje de cruzamiento natural influye en los métodos a emplear, dependiendo del nivel de homocigosis o heterocigosis. Las especies autógamas muestran alto grado de homocigosis, mientras que las alógamas presentan heterocigosis. Las plantas asexuales conservan el genotipo de la planta madre, limitando la variabilidad genética.

Según su estructura floral y la disposición del androceo y gineceo, las plantas pueden clasificarse en dioicas y monoicas. Las dioicas poseen flores masculinas y femeninas en plantas separadas, siendo típicamente alógamas y heterocigotas (cáñamo). Las monoicas tienen ambas flores en la misma planta y, en su mayoría, son alógamas, como el maíz y el girasol. Sin embargo, dentro de este grupo también hay especies autógamas con alto grado de homocigosis, como el fréjol (*P. vulgaris*) y el trigo. Estos aspectos reproductivos son determinantes para seleccionar estrategias adecuadas de fitomejoramiento, optimizando la productividad y calidad de las especies cultivadas (Robles, 1986).

Relacionado con esto, Cubero (1999), señala: “En todo caso, en entre al menos un 10% y un 70% de alogamia, se debe considerar que el material es en verdad parcialmente alógama, evitando la tentadora identificación práctica con autó-gamas o alógamas estrictas”.

Existen plantas que no son ni típicamente autó-gamas, ni típicamente alógamas por existir variación en el porcentaje de cruzamiento natural entre sus variedades; en consecuencia, los grados de homocigosis o heterocigosis son variables según la especie. Las monoicas a la vez son unisexuales y hermafroditas, éstas últimas tienen el androceo y el gineceo en

la misma planta, dentro de una sola estructura floral. Ejemplo: especies de fréjol (Robles, 1986), (Figuras 1 y 2).

Porcentaje de cruzamiento natural

Existen métodos de fitomejoramiento adecuados para las especies autóгамas y otros para las alógamas. Otras especies vegetales quedan entre los dos extremos de cruzamiento natural, en cuyo caso, la metodología de fitomejoramiento tendrá variantes o combinaciones entre especies autóгамas y alógamas.

Robles (1986) agrupó las plantas según el porcentaje de cruzamiento natural:

1. Típicamente autóгамas: 0 a 3% de cruza natural, tolerancia hasta el 5%, debido entre otras razones a la polinización anemófila, entomófila o por los nectarios que atraen a insectos polinizadores.
2. Cuando existe un cruzamiento natural del 5 al 10%, las plantas pueden ser prevalentemente autóгамas, hasta con un 20%.
3. Si el porcentaje de cruzamiento natural fluctúa entre 20 y 70%, las plantas se designan como prevalentemente alógamas, tolerando hasta el 70% de cruzamiento natural.
4. Las típicamente alógamas, cuyas plantas o poblaciones tienen entre el 70 al 100% de cruzamiento natural”.

Flor de *P. lunatus* y su estructura



Figura 1. Flores completas de *P. lunatus* L. (Fotografía: E. Peralta, 2025)

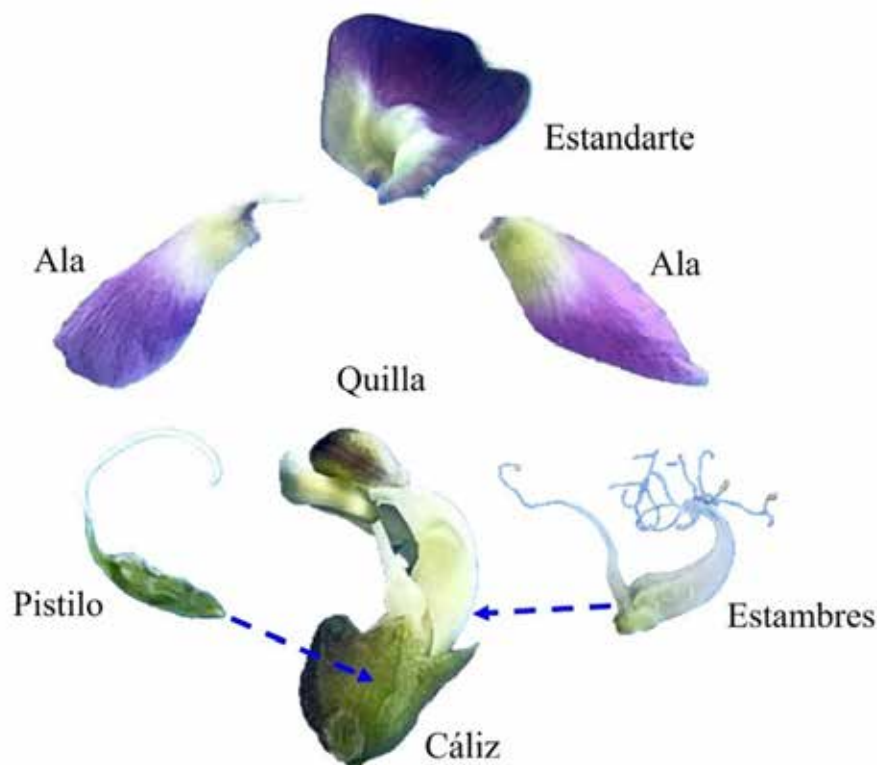


Figura 2. Partes de la estructura de una flor de *P. lunatus* L. (Elaboración: E. Peralta, 2025)

Importancia de los polinizadores en la naturaleza

Los polinizadores son antófilos o visitantes de las flores y pueden o no provocar la polinización y demostrar que un antófilo es un polinizador requiere cuidado (Kevan & Vian, 2003). Los polinizadores, como abejas, avispas, moscas, escarabajos, mariposas, colibríes y murciélagos, desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, al ser responsables de la polinización de muchas especies vegetales. Este proceso es esencial para la reproducción de las plantas y la diversidad genética, y más del 90% de las plantas con flores dependen de la polinización, siendo un 75% de ellas vitales para la alimentación humana directa (Valdés, 2022; Yong, 2023). La polinización no solo asegura la fructificación, sino que también puede mejorar la calidad y cantidad de los frutos. Es un proceso clave para la seguridad alimentaria en el mundo y por ello, su ausencia, reduce gravemente la producción de alimentos (Naranjo, et al. 2019).

Además de las abejas, otros insectos como moscas y mariposas también son fundamentales para aumentar y mejorar la productividad agrícola ya que muchas especies suelen ser específicas para especies vegetales de importancia como el cacao (*Theobroma cacao* L.). Por ejemplo, los polinizadores aumentan significativamente el rendimiento del frijol común, vital para los pequeños agricultores. A la vez, la vegetación en los márgenes de los campos actúa como hábitat para los insectos que intervienen en la obtención de servicios ecosistémicos como la polinización y regulación natural de otros considerados plagas (Elisante, et al. 2020). No obstante, los polinizadores no apícolas son frecuentemente ignorados en las investigaciones, a pesar de su importancia en cultivos locales. Integrarlos en las estrategias de conservación y en los estudios científicos es esencial para promover una agricultura más sostenible y asegurar la seguridad alimentaria (Requier, et al. 2023).

Impulsar la diversidad de cultivos y plantas silvestres incrementa la presencia de polinizadores y mejora, no solo la polinización, sino que también reduce los riesgos asociados con la agricultura comercial especializada, contribuyendo a la sostenibilidad de los medios de vida y la salud nutricional especialmente de los pequeños agricultores (Timberlake, et al. 2024). Además, en términos económicos, reducir la intensidad del uso de la tierra en pastizales agrícolas mejora la biodiversidad de las abejas, lo que no solo incrementa la polinización, sino que también puede generar un 17% más de ingresos en cultivos vecinos como el girasol (Scheper, et al. 2023). La disminución de los polinizadores tiene efectos económicos devastadores, incrementando los precios de los cultivos hasta un 187% y reduciendo el consumo de nutrientes, lo que agravaría la inseguridad alimentaria global. El informe de la Plataforma Gubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2019), calculó que entre \$235,00 y \$577,00 millones de la producción agrícola mundial dependen directamente de la polinización animal. La conservación de los polinizadores no solo asegura la producción alimentaria, sino que también ofrece ventajas económicas, permitiendo a los agricultores especializarse en cultivos valiosos y proporcionando beneficios nutricionales y comerciales a los países que fomentan su protección (Uwingabire & Gallai, 2024).

En los entornos urbanos, los polinizadores enfrentan desafíos debido a las actividades humanas, pero los espacios verdes urbanos pueden jugar un papel clave en su conservación. Aunque aún falta orientación práctica basada en evidencia para diseñar estos espacios de manera eficaz, las investigaciones actuales ofrecen recomendaciones para optimizar el valor de los ecosistemas de polinizadores en entornos urbanos. Estas incluyen la consideración de especies de polinizadores, tipos de plantas, recursos no florales y la ubicación estratégica de hábitats (Schueller, et al. 2023).

Principales amenazas de los polinizadores

Según la FAO (2021), cerca del 35% de los polinizadores invertebrados, como abejas y mariposas, están en peligro de extinción. Uno de los principales factores de esta amenaza es la pérdida del hábitat y el uso de pesticidas. Kevin & Viana (2003) señalan que “la disminución de los servicios de polinización causada por productos químicos, plagas, condiciones climáticas extremas, destrucción o la fragmentación del hábitat, reduce la producción reproductiva de las plantas y en casos extremos esto podría causar la extinción de plantas y animales y en última instancia, provocar cambios en el paisaje y en la función del ecosistema”. Diversos estudios han demostrado que los plaguicidas tienen un efecto nocivo sobre la entomofauna benéfica, en especial los polinizadores, lo que impacta negativamente el rendimiento agrícola (de Oliveira, et al. 2019; Pacífico da Silva, et al. 2015; Stanley, et al. 2015). Entre los pesticidas más perjudiciales para las abejas –los principales insectos polinizadores– se encuentran Imidacloprid, Tiametoxam, Clotianidin, Cipermetrina, Fipronil, Clorpirifos, Malatión y Glifosato. Estos compuestos, junto con los efectos del cambio climático, agravan la situación y ponen en riesgo la biodiversidad y la seguridad alimentaria (Naranjo, et al. 2019). La polinización vincula la productividad de las plantas y animales en casi todos los ecosistemas terrestres, por lo que, agricultores y consumidores podrían verse afectados. Mientras la situación económica de los intermediarios se mantiene neutral o mejora (Kevan & Viana, 2023). No obstante, otros estudios también señalan el efecto indirecto del uso de pesticidas, Abrol, (2012), menciona como el paquete de OGM y el mayor uso de herbicidas en esos cultivos tiene un efecto en la reducción de la abundancia de abejas.

Objetivos

General

Documentar la presencia de insectos polinizadores en plantas de fréjol pallar en un valle mesotérmico de la Sierra ecuatoriana.

Específicos

- Identificar los potenciales insectos polinizadores y visitantes florales presentes en flores de fréjol pallar en San Rafael, Alangasí, valle de los Chillos, Quito.
- Describir la ecología de los potenciales insectos polinizadores asociados al fréjol pallar en San Rafael, Alangasí, valle de los Chillos, Quito.

Pregunta de investigación

¿Es evidente la presencia de potenciales insectos polinizadores en las flores de variedades de *P. lunatus* L., cultivadas en un lugar periurbano –no agrícola– del valle de los Chillos?

Materiales y métodos

Lugar de la investigación

La observación experimental de polinizadores se llevó a cabo en una huerta periurbana de agricultura agroecológica ubicada en San Rafael, Alangasí, Quito, Pichincha, a una altitud de 2.492 m. El sitio se encuentra en las coordenadas 0° 18' 15" S, 78° 26' 50" W (0.3043S, -78.4473W).

Metodología

El material genético utilizado en la observación incluyó seis variedades provenientes de una colección realizada en la Feria de Semillas de Cotacachi (2019-2022), junto con una muestra de fréjol tipo Ica (Perú). Estas variedades (Kustillas, Sinchado Turu, Yana Wakra, Puka Wakra, Katza y pallar tipo Ica) son de hábito perenne y trepador. Las semillas fueron sembradas en enero de 2024 con fines de investigación.

Se realizaron observaciones periódicas entre las 10h00 y 16h00, en horas de mayor luminosidad, siguiendo los criterios de Garibaldi et al. (2016), priorizando condiciones sin lluvias ni vientos fuertes, y cuando el cultivo presentaba entre 50 y 75% de flores abiertas. Se registraron fotografías de los insectos polinizadores, subiéndolas a iNaturalist para su identificación mediante ciencia ciudadana, inteligencia artificial y taxonomía experta. Adicionalmente, se tomaron registros en video, los cuales fueron publicados en YouTube para su documentación y análisis. De este modo, este capítulo incorpora un valor digital adicional a través de los enlaces y códigos QR integrados en el texto.

Resultados

Se obtuvieron registros en campo con al menos una observación diaria, durante el periodo de floración que duró cerca de cinco meses y fotografías de los insectos visualizados. Todos

los insectos registrados fueron subidos a la aplicación de ciencia ciudadana iNaturalist donde se pudo encontrar más información de cada insecto en las páginas asociadas (enlace adjunto en cada fotografía). Adicionalmente, para todos los insectos observados se realizaron videos cortos de su actividad, los cuales están vinculados individualmente a un código QR.

Polinizadores observados en *P. lunatus* L. en el valle de los Chillos

1. Abeja doméstica (*Apis mellifera* / Apidae)

El insecto más frecuente en las flores del fréjol pallar es *Apis mellifera*, conocida comúnmente como abeja melífera, abeja de miel, o abeja melífera europea (Figura 3). Su actividad ocurre en días sin lluvia, iniciando temprano en la mañana (08h00) y concluyendo por la tarde (16h00). Estas abejas destacan por su abundancia y rutina pausada, moviéndose de flor en flor dentro de cada inflorescencia. *A. mellifera* es nativa de Europa, Asia occidental y África, pero ahora está distribuida globalmente. Es un polinizador clave de cultivos como aguacate, girasol, fresa, tomate, calabacín y pepino, además de numerosas plantas silvestres. Durante el pecoreo, puede desplazarse entre 0.5 y más de 9.5 km, realizando en promedio 15 viajes al día (Kendall, et al. 2022; Seeley, 2009). En cada viaje, visita unas 40 flores, lo que equivale a aproximadamente 15 millones de flores visitadas por una colonia en un solo día (Winston, 1991).

Las abejas son los antófilos y polinizadores más importantes y altamente adaptados. Sus piezas bucales están especialmente adaptadas para ingerir néctar, y sus cuerpos presentan pelos plumosos característicos para transportar el polen (Kevin & Viana 2003).



Figura 3. Abeja doméstica en flores de color blanco y lila de *P. lunatus* L. en el valle de los Chillos (Fotografía: E. Peralta y D. Mina, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/227849347>

2. Abejas cortadoras de hojas (*Megachile* spp. / Megachilidae)

El segundo polinizador más frecuente en las flores de esta especie de *Phaseolus* pertenece al género *Megachile*. Su presencia es común en días soleados, con actividad concentrada entre las 10h00 y las 14h00. Se caracteriza por un vuelo rápido y una respuesta evasiva ante cualquier movimiento cercano. *Megachile* tiene una distribución cosmopolita y se les conoce comúnmente como “abejas cortadoras de hojas”, aunque no todas realizan esta actividad. Son abejas solitarias que construyen sus nidos en troncos huecos o directamente en el suelo. En Europa, algunas especies de este género se utilizan comercialmente como polinizadoras, especialmente en cultivos como la alfalfa (Kunjwal, et al. 2021; Michener, 2000).

Estas abejas tienen preferencia por las plantas de la familia Leguminosae, tanto para alimentación como para recolección de hojas. Sus flores predilectas son de colores azul, púrpura y blanco, incluyendo especies como *Dalea coerulea*, *Lupinus mutabilis*, *Raphanus* spp. y *Hypochaeris radicata* (Rasmussen, 2004).



Figura 4. Abeja cortadora (*Megachile* spp.) en flores de fréjol torta o *lunatus* cultivado en el valle de los Chillos (Fotografía: D. Mina y E. Peralta, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/227848918>

3. Abejorros carpinteros (*Xylocopa* spp. / Apidae)

Son de baja frecuencia en las plantas de fréjol torta y se retiran muy rápido del lugar. Tienen varios nombres comunes, entre los cuales están: carpintero de cola verde, molino de viento, abejorro carpintero. Está presente en Ecuador, Perú y Chile, siendo una especie típicamente andina. Anidan en madera maciza, incluidas maderas estructurales, o en tallos muertos de plantas (de ahí su nombre común) (Vicidomini, 2007). En Ecuador se la conoce comúnmente como bunga. Entre las plantas que usualmente poliniza están salvia de la familia Lamiaceae, el Iso *Dalea coerulea* de la familia Fabaceae y la cebolla *Allium cepa* de la familia Amarilidaceae.



Figura 5. Bungas o abejorro carpintero en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: E. Peralta y D. Mina, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/264753789>

4. Avispas alfareras y albañiles, (Vespidae / Subfamilia Eumeninae)

Su nombre común alude al hecho de que algunas especies construyen nidos de barro con forma de olla, cazuela o botija. Todas las especies tienen una relación simbiótica con ácaros saproglífidos, cada avispa tiene un ácaro hospedador específico. Cada especie de avispa ha desarrollado un acarinarium, una cámara en la base del segundo tergito abdominal que está cubierta por el ápice del primer tergito (Murray, 2023). Según las observaciones realizadas son de baja frecuencia en las plantas de fréjol torta y se retiran muy rápido del lugar.

Con las imágenes registradas la identificación del insecto a una categoría taxonómica mayor no fue posible. No obstante, mediante ciencia ciudadana se pudo determinar que podría estar entre dos especies: *Stenodynerus* y *Parancistrocerus*, sin embargo, para esto es necesario determinar si hay un acarinarium (véase: https://cjai.biologicalsurvey.ca/bmc_05/morphology.html#acari).



Figura 6. Avispas alfareras y albañiles en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: E. Peralta y D. Mina, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/230643993>

5. Saltarina de cola larga azul (*Urbanus proteus* / Hesperiidae)

Esta es una mariposa muy vistosa, con alas de color castaño claro con iridiscencias azules y con dos largas colas en las alas posteriores. El cuerpo robusto tiene un dorso azulado. La cabeza es grande con ojos prominentes. Su tamaño esta entre 4,5 a 6 cm. Tiene varios nombres comunes, entre los cuales están: saltarina azul de cola larga, rabudo verde común, saltarín común. Se encuentra en toda la región tropical y subtropical de Suramérica y en Norteamérica (Capinera, 2020). No puede sobrevivir donde hay heladas fuertes, es una especie migratoria. Las mariposas adultas se alimentan del néctar de las flores, por lo que pueden ser un polinizador interesante, no obstante, sus larvas pueden llegar a ser plagas en los frejoles (Cock, 2015). Son de muy baja frecuencia en las plantas de frejol torta y se retiran muy rápido del lugar.



Figura 7. Saltarina de cola azul en flores de fréjol común y torta en el valle de los Chillos (Fotografía: E. Peralta, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/264605504>

6. Abejas colectoras de aceites (*Centris* spp. / Apidae)

Son abejas grandes (hasta 3 cm) y de vuelo rápido. Estas abejas son importantes para la polinización de cultivos como la nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*) y el anacardo (*Anacardium occidentale*), siendo *C. tarsata* una de las especies involucradas (Freitas & Paxton, 1998).

Las hembras de algunas de estas abejas (y otras en la tribu Centridini) tienen adaptaciones para transportar aceites florales además de polen o néctar. Son el grupo más cercano a las abejas corbiculadas, que son más conocidas en el grupo de las abejas apinas (Martins, et al. 2014).



Figura 8. Abejas colectoras de aceites (*Centris* spp.) en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: D. Mina y E. Peralta, 2024). Link inaturalist:

<https://www.inaturalist.org/observations/230332084>

7. Saltarinas del pasto (Subfamilia Hespiriinae)

Se conocen 325 géneros y 2000 especies de distribución cosmopolita, la mitad de ellas neotropicales. En reposo mantienen las alas en una disposición particular, con anteriores horizontales y las posteriores medio abiertas, formando un ángulo con las delanteras (Warren, et al. 2009) and to hypothesize a phylogenetic classification of the world's genera of Hesperidae, the first of its kind for this diverse group. Monophyly of the family Hesperidae is strongly supported, as are some of the traditionally recognized subfamilies. The results presented here largely corroborate those of our molecular study, but differ in several details. The Australian endemic *Euschemon rafflesia* is given subfamily status, as is Eudaminae. We recognize seven subfamilies of Hesperidae: Coeliadinae, Euschemoninae (confirmed status.

Se observan con mucha frecuencia en las plantas de frejol torta en época de la floración, a veces en parejas.



Figura 9. Mariposa saltarina del pasto, en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: E. Peralta y D. Mina, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/227850340>

8. Avispa de papel (*Polistes weyrauchorum* / Vespidae)

Es una especie de avispa de papel presente en Ecuador, Perú y Chile (Gbif, 2022). En Perú le conocen como avispa Pulato o Púlato (Chiclayo) y avispa toro (Valle de Jequetepeque). Se distribuye geográficamente se halla limitada a una estrecha faja de la costa, hasta las 2600 m, desde la vertiente pacífica del Ecuador (Cantón Alausi) hasta el norte de Chile (Comuna de Codpa) (Carpenter, 1996).



Figura 10. Avispa recorriendo las flores de torta (Fotografía: E. Peralta, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/264742376>

Otros visitantes florales

Mariquita de seis manchas zigzag (*Cheilomenes sexmaculata* / Coccinellidae)

La especie tiene un amplio rango de distribución dentro de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas desde la India hasta Japón y partes de la región australiana. Se han introducido en las islas del Caribe como agente de biocontrol y su propagación a América del Sur se observó en 2019. Es bien conocido como un depredador de pulgones y otros insectos pequeños como: psílidos, moscas blancas, cochinillas, tingidos, chicharritas, cigarras y ácaros (GBIF, 2023).



Figura 11. Mariquita de manchas zigzag en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: D. Mina y E. Peralta, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/227849744>

Moscas rayadas de las flores (*Allograpta* spp. / Syrphidae)

Allograpta es un género muy grande y diverso de sírfidos presentes en todo el mundo, excepto la mayor parte de la región paleártica. Los adultos son visitantes de flores, por ende, las polinizan; la mayoría de las larvas tienen un modo de alimentación depredadora que involucra pulgones y otros miembros del suborden Sternorrhyncha de cuerpo blando. No obstante, ciertas especies se han apartado de esto y se ha encontrado que sus larvas son mineras de hojas, barrenadores o comedores de polen (Nishida, et al. 2002).

Estudios recientes han revelado que algunas especies son secundariamente minadoras de hojas perforadoras de tallos o se alimentan de polen (Mengual, et al. 2009). Por esta razón este género está siendo estudiado actualmente con métodos moleculares y morfológicos para producir una robusta filogenia de todos los géneros relacionados.



Figura 12. Mosca rayada (*Allograpta* spp) en flores de fréjol torta en el valle de los Chillos (Fotografía: D. Mina y E. Peralta, 2024). Link inaturalist: <https://www.inaturalist.org/observations/227850181>

Amerita mencionar que se observaron también otros polinizadores y visitantes presentes en las flores de *lunatus*, entre los que están mariposas, moscas y chinches; demostrando con esto que en este periodo y localidad se fotografiaron por lo menos 17 insectos diferentes (Figura 13).

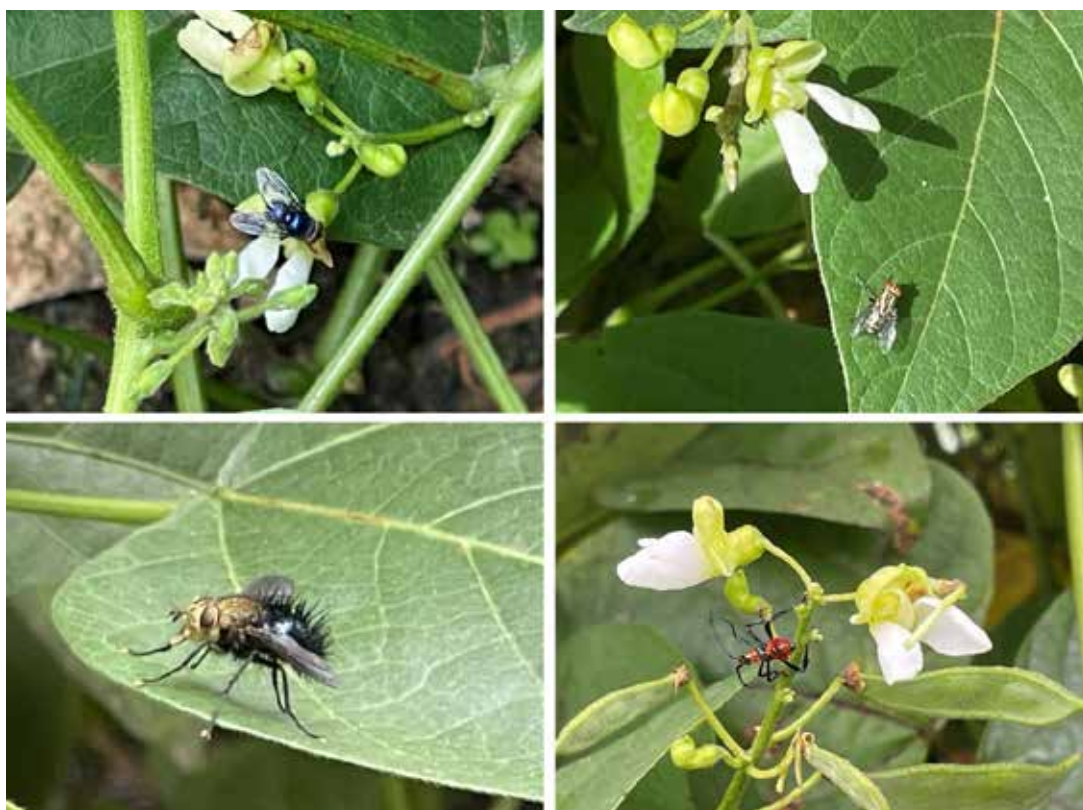


Figura 13. Otras mariposas, moscas y chinches, entre los polinizadores o insectos que visitan las flores de *lunatus* (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Cabe señalar que algunos de los insectos mencionados se han observado en flores de plantas nativas encontradas comúnmente en Ecuador. Insectos como *Apis mellífera* por ejemplo tiene relaciones no específicas en plantas como: *Ageratina pseudochilca*, *Gaultheria reticulata*, *Ilex sp.*, *Dendrophorbium sp.*, *Baccharis obtusifolia*, *Ageratina sp.* (Knowlton, et al. 2022), otros insectos de familias como Apidae, Syrphidae y Tachinidae también tienen

visitas frecuentes a plantas nativas como *Oreopanax* sp., *Taraxacum officinale*, *Espeletia grandiflora*, *Trifolium repens* entre otras (Pinilla-Gallego, 2015) Ráquira and San Miguel de Sema (Boyacá. No obstante también se han observado relaciones mucho más específicas de insectos como *Xylocopa* sp. con plantas nativas como *Dalea coreulea* (Warriner, 2010).

Segregación

En un ensayo de evaluación del crecimiento y desarrollo (fenología) de seis variedades de tortas conducido en el valle de los Chillos entre enero y junio de 2024 (sitio experimental), una de las variedades conservadas y refrescadas desde 2019, cuyas semillas son de color marrón con jaspes de color crema, segregó en semillas de color negro moteado con blanco (Figura 14). Esta evidencia permite colegir que esta segregación genética puede provenir de un cruzamiento natural; probablemente causado por los insectos polinizadores; con alto potencial de realizar esta actividad, en base a lo descrito anteriormente.



Figura 14. Semillas segregantes de color negro moteado con blanco (Fotografía: E. Peralta, 2024).

Conclusiones

Con base en los resultados presentados, se puede concluir que la polinización del fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en el valle de los Chillos, Ecuador, involucra una diversidad notable de insectos, cada uno con roles y frecuencias variables. Los objetivos del estudio se cumplieron al identificar y describir la ecología de los potenciales polinizadores y otros visitantes florales presentes en este cultivo, destacándose los siguientes hallazgos:

Diversidad de polinizadores: Se observaron nueve grupos principales de polinizadores, entre ellos la abeja doméstica o europea (*Apis mellifera*), las abejas cortadoras de hojas (*Megachile spp.*), los abejorros carpinteros (*Xylocopa spp.*), las avispa alfareras (Vespidae), y varias especies de mariposas no identificadas, pero mayoritariamente de la familia Hesperiidae.

Frecuencia y actividad: *Apis mellifera* fue el polinizador más frecuente, con una rutina estable y un impacto significativo debido a su alta tasa (todo el día) de visitas florales. En contraste, otros polinizadores como las mariposas y las avispa alfareras tuvieron una menor frecuencia de observación. Las abejas del género *Megachile* mostraron un comportamiento evasivo, pero fueron identificadas como visitantes regulares, contribuyendo de manera importante a la polinización potencial del cultivo.

Ecología de los polinizadores: Los polinizadores presentan adaptaciones únicas, como la capacidad de transportar aceites florales (*Centris sp.*) o de visitar preferentemente plantas leguminosas (*Megachile spp.*), mientras que especies como *Allograpta sp.* y *Cheilomenes sexmaculata* cumplen roles adicionales en el control de plagas, complementando sus funciones como polinizadores indirectos.

Importancia de la conservación: La presencia de polinizadores tanto nativos como introducidos resalta la necesidad de estrategias de manejo que favorezcan su hábitat, como la conservación de áreas verdes, la diversificación de cultivos y la reducción del uso de agroquímicos. Esto no solo asegurará el incremento de la variabilidad y la producción sostenible de fréjol torta, sino también la salud del ecosistema en el valle de los Chillos.

Los resultados evidencian la relevancia de los polinizadores en la ecología agrícola del fréjol torta, resaltando su impacto en la productividad y calidad del cultivo, así como la importancia de preservar estos servicios ecosistémicos para garantizar la sostenibilidad agrícola en esta región andina.

Segregación: Existe evidencia preliminar de los resultados de la fecundación cruzada, con alta probabilidad de que sea potencialmente causada por insectos polinizadores; que en buena medida serían los precursores de generar la variabilidad del color, el tamaño y la forma de las semillas de esta especie en la naturaleza.

Referencias

- Abrol, D. P. (2013). Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production. The Quarterly Review of Biology, Vol. 88, No. 2 (June 2013), p. 132
- Published by: The University of Chicago Press. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/10.1086/670543>. Accessed: 25/02/2015 19:04
- Carpenter, J. M. (1996). Distributional checklist of species of the genus *Polistes* (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae, Polistini). American Museum novitates; no. 3188.
- Capinera, J. (2020). bean leafroller—*Urbanus proteus* (Linnaeus). https://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/bean/bean_leafroller.htm
- Cock, M. J. W. (2015). Observations on the Biology of Skipper Butterflies in Trinidad, West Indies: *Urbanus*, *Astraptes* and *Narcosius* (Hesperiidae: Eudaminae). Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club. <https://www.livingworld.ttfnc.org/index.php/lwj/article/view/cock2015a>
- Cubero, J. I. (1999). Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 132.
- Elisante, F., Ndakidemi, P., Arnold, S. E. J., Belmain, S. R., Gurr, G. M., Darbyshire, I., Xie, G., & Stevenson, P. C. (2020). Insect pollination is important in a smallholder bean farming system. *PeerJ*, 8, e10102. <https://doi.org/10.7717/peerj.10102>
- Fofana, B., J. P. Baudoin, X. Vekemans, D. G. Debouck, y P. Du Jardin. 1999. Molecular evidence for an Andean origin and a secondary gene pool for the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) using chloroplast DNA. *Theoretical and Applied Genetics* 98(2): 202-212.
- Freitas, B. M., & Paxton, R. J. (1998). A comparison of two pollinators: The introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology*, 35(1), 109-121. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00278.x>
- Gbif. (2022). *Polistes weyrauchorum* Willink, 1964. *Polistes Weyrauchorum* Willink, 1964. <https://www.gbif.org/species/1310577>
- GBIF. (2023). *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781). <https://www.gbif.org/species/1043321>
- Knowlton, J. L., Crafford, R. E., Tinoco, B. A., Padrón, P. S., & Wilson Rankin, E. E. (2022). High Foraging Fidelity and Plant-Pollinator Network Dominance of Non-native Honeybees (*Apis mellifera*) in the Ecuadorian Andes. *Neotropical Entomology*, 51(5), 795-800. <https://doi.org/10.1007/s13744-022-00967-6>
- IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

- Kendall, L. K., Mola, J. M., Portman, Z. M., Cariveau, D. P., Smith, H. G., & Bartomeus, I. (2022). The potential and realized foraging movements of bees are differentially determined by body size and sociality. *Ecology*, 103(11), e3809. <https://doi.org/10.1002/ecy.3809>
- Kevan, P. G., & Viana, B. F. (2003). The global decline of pollination services. *Biodiversity*, 4(4), 3-8.
- Kunjwal, N., Khan, M. S., Kumar, G., & Srivastava, P. (2021). Notes on the nesting ecology of the Megachile bees from North India. *Journal of Apicultural Research*, 60(5), 807-816. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1774151>
- Marcelino, J., Braese, C., Christmon, K., Evans, J. D., Gilligan, T., Giray, T., Nearman, A., Niño, E. L., Rose, R., Sheppard, W. S., vanEngelsdorp, D., & Ellis, J. D. (2022). The Movement of Western Honey Bees (*Apis mellifera* L.) Among U.S. States and Territories: History, Benefits, Risks, and Mitigation Strategies. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.850600>
- Martins, A. C., Melo, G. A. R., & Renner, S. S. (2014). The corbiculate bees arose from New World oil-collecting bees: Implications for the origin of pollen baskets. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 80, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.07.003>
- Mengual, X., Ruiz, C., Rojo, S., Ståhls, G., & Thompson, F. C. (2009). A conspectus of the flower fly genus *Allograpta* (Diptera: Syrphidae) with description of a new subgenus and species. *Zootaxa*, 2214(1). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2214.1.1>
- Michener, C. D. (with Internet Archive). (2000). *The bees of the world*. Baltimore, Md. : Johns Hopkins University Press. <http://archive.org/details/beesofworld0000mich>
- Murray, T. (2023). Genus *Parancistrocerus*. Buguide. <https://bugguide.net/node/view/28937>
- Naranjo, A., Recalde, A. V., & Bravo, E. (2019). De la A a la Z Abejas y polinización en Ecuador y el mundo. 112.
- Nishida, K., Rotheray, G., & Thompson, F. C. (2002). First non-predaceous syrphine flower fly (Diptera: Syrphidae): A new leaf-mining *Allograpta* from Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 1992. *Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492*. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. Pp. 54.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2021). *Sustainable Use and Conservation of Invertebrate Pollinators, Including Honeybees*. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. <https://www.fao.org/3/ng879en/ng879en.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1992). *Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492*. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. p. 54.

- Pacífico da Silva, I., Oliveira, F. A. S., Pedroza, H. P., Gadelha, I. C. N., Melo, M. M., & Soto-Blanco, B. (2015). Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. *Apidologie*, 46(6), 703-715. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0360-3>
- Peralta, E., Peralta, F. y Peralta, H. 2019. Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.
- Pinilla-Gallego, M. S. (2015). Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano.
- Rasmussen, C. (2004). Bees from Southern Ecuador. 7(2), 29-35. <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.245.1>.
- Requier, F., Pérez-Méndez, N., Andersson, G. K. S., Blareau, E., Merle, I., & Garibaldi, L. A. (2023). Bee and non-bee pollinator importance for local food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(2), 196-205. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.10.006>
- Robles, R. (1986). Genética elemental y Fitomejoramiento práctico. Editorial Limusa. México, D. F. México. p.173-180.
- Scheper, J., Badenhauer, I., Kantelhardt, J., Kirchweber, S., Bartomeus, I., Bretagnolle, V., Clough, Y., Gross, N., Raemakers, I., Vilà, M., Zaragoza-Trello, C., & Kleijn, D. (2023). Biodiversity and pollination benefits trade off against profit in an intensive farming system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), e2212124120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2212124120>
- Schueller, S. K., Li, Z., Bliss, Z., Roake, R., & Weiler, B. (2023). How Informed Design Can Make a Difference: Supporting Insect Pollinators in Cities. *Land*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/land12071289>.
- Seeley, T. D. (2009). *The Wisdom of the Hive: The social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press.
- Serrano-Serrano M.L., Hernández-Torres J., Castillo-Villamizar G., Debouck D.G. y Chacón Sánchez M.I. 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: 76-87.
- Stanley, D. A., Garratt, M. P. D., Wickens, J. B., Wickens, V. J., Potts, S. G., & Raine, N. E. (2015). Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. *Nature*, 528(7583), Article 7583. <https://doi.org/10.1038/nature16167>
- Timberlake, T. P., Cirtwill, A. R., Sapkota, S., Bhusal, D. R., Devkota, K., Karki, R., Joshi, D., Saville, N. M., Kortsch, S., Baral, S., Roslin, T., & Memmott, J. (2024). Agricultural specialisation increases the vulnerability of pollination services for smallholder farmers. *Journal of Applied Ecology*, 61(9), 2123-2134. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14732>
- Uwingabire, Z., & Gallai, N. (2024). Impacts of degraded pollination ecosystem services on global food security and nutrition. *Ecological Economics*, 217, 108068. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108068>

- Valdés, P. V. (2022). Libro Digital de las Abejas Nativas de Chile. Fundación Abejas de Chile. <https://abejasdechile.com/libro-digital/>
- Vicidomini, S. (2007). Sistematica e distribuzione degli Xylocopini (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae): rassegna delle specie del Cile. *Giornale Italiano di Entomologia*, Cremona [ISSN (printed): 0392-7296], 2007, 65-73. <https://doi.org/10.13140/2.1.2922.8482>
- Warren, A. D., Ogawa, J. R., & Brower, A. V. Z. (2009). Revised classification of the family Hesperiidae (Lepidoptera: Hesperioidea) based on combined molecular and morphological data. *Systematic Entomology*, 34(3), 467-523. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.00463.x>
- Warriner, M. D. (2010). A Range Extension for the Large Carpenter Bee *Xylocopa micans* (Hymenoptera: Apidae) with Notes on Floral and Habitat Associations. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83(3), 267-269.
- Yong, E. (2023). La inmensidad del mundo. EDICIONES URANO.
- Zambrano, E. y Peralta, E. 2023. Cultivo, mercado y consumo de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la provincia de Manabí. Capítulo Número 5. In.: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.) INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 88-106.

CAPÍTULO XII



Efecto de los métodos de cocción en la calidad nutricional y alimentaria de variedades de fréjol pallar (*Phaseolus lunatus* L.)

Angélica Mendoza¹, Elena Villacrés², Luis Egas¹,
María Quelal², Eduardo Peralta³

¹ Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Agroindustria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

² Departamento de Nutrición y Calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Mejía, Ecuador; elena.villacres@iniap.gob.ec

³ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador; peraltaedu55@gmail.com

Resumen

Este estudio evaluó el efecto de dos métodos de cocción (cocción al vapor y en sistema abierto) sobre tres indicadores de calidad alimentaria: parámetros de textura, compuestos nutricionales y compuestos no nutricionales, en ocho variedades de fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.). Las dos técnicas de cocción modificaron la textura al disminuir la dureza de los granos y la fuerza requerida para fracturarlos, a la vez que mejoraron la elasticidad y la mastigabilidad. En términos nutricionales, el contenido proteico y la digestibilidad aumentaron en comparación con los granos crudos. Los compuestos no nutricionales, como taninos, inhibidores de tripsina y glucosinolatos, que predominan en los granos crudos, se redujeron con la cocción y en mayor medida con la cocción al vapor. Los resultados permitieron identificar diferencias en la calidad alimentaria entre variedades de fréjol pallar, formular recomendaciones para su procesamiento y promover la diversificación de su uso industrial y consumo regular.

Palabras clave: leguminosa, digestibilidad, proteína, textura, anti nutricionales

Abstract

This study evaluated the effect of two cooking methods (open-pan cooking and steaming) on three types of food quality indicators: textural parameters, nutritional compounds, and non-nutritional compounds, in eight varieties of pallar beans (*Phaseolus lunatus* L.). Both cooking techniques modified the texture by decreasing the hardness of the beans and the force required to fracture them, while improving elasticity and chewability. In nutritional terms, protein content and digestibility increased compared to raw beans. Non-nutritional compounds, such as tannins, trypsin inhibitors, and glucosinolates, which predominate in raw beans, were reduced by cooking, and to a greater extent when steamed. The results allow for identifying differences in food quality among pallar bean varieties, formulating recommendations for processing, and promoting the diversification of their industrial use and regular consumption.

Keywords: legume, digestibility, protein, texture, texture, non-nutrients

Introducción

El fréjol torta o pallar (*P. lunatus* L.), es una leguminosa de gran importancia nutricional y económica en varias provincias del Ecuador, especialmente en Manabí. Presenta un gran valor nutricional que se destaca por su contenido en proteínas, fibra, vitaminas y minerales; su composición química lo convierte en un alimento fundamental para una dieta saludable y equilibrada (Nieto, 2022). Sin embargo, como sucede con muchos alimentos de origen vegetal, el fréjol torta contiene también compuestos no-nutricionales que pueden afectar la biodisponibilidad de sus nutrientes y la salud del consumidor.

El desconocimiento de su composición química, por parte de los consumidores, procesadores y agroindustriales ha limitado la diversificación en el uso y consumo del grano. La mayoría de los agricultores no cuentan con asistencia estatal para mejorar la productividad, el almacenamiento y la comercialización de esta especie, con un saldo negativo en su aprovechamiento integral (López, 2022).

P. lunatus L. al igual que otras leguminosas contiene varios compuestos no-nutricionales como saponinas, alcaloides, glucosinolatos, oxalatos, inhibidores de tripsina, nitratos, actividad ureásica y taninos. Estos compuestos pueden interferir con la absorción normal de nutrientes y, en algunos casos pueden afectar a la salud, si no se gestionan adecuadamente durante su preparación. Por ello, los métodos de cocción y preparación desempeñan un papel importante en la composición química de los alimentos al momento de la ingesta.

La cocción en sistema abierto y al vapor son dos técnicas que pueden alterar los compuestos nutricionales y no-nutricionales de *P. lunatus* L. La cocción en sistema abierto consiste en sumergir los alimentos en un recipiente con agua y someterlos a ebullición durante un periodo determinado de tiempo (Villacrés, et al. 2023). Este método de cocción tiene un impacto complejo en la calidad nutricional, pues si bien concentra algunos compuestos químicos, otros disminuyen por su solubilidad en agua (Martini, et al. 2021). Mientras que la cocción al vapor es un método considerado como “abanderado” de la nutrición sana y recomendable para la cocción de legumbres (García, et al. 2018; Mostacero, 2023), este procedimiento permite conservar al máximo los nutrientes, el sabor y la textura de las legumbres, convirtiéndolo en una opción recomendable con relación a otras técnicas como la ebullición o la fritura. Uno de los mayores beneficios de la cocción con vapor es la mayor retención de nutrientes, debido a que el alimento no está en contacto directo con el agua, éste pierde menos vitaminas y minerales hidrosolubles, como la vitamina C, el potasio y el magnesio (Gallego, et al. 2021).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de dos técnicas de cocción, una con vapor y otra con agua, en sistema abierto, sobre parámetros texturales, contenido de compuestos nutricionales y no-nutricionales de ocho variedades de fréjol torta o pallar, lo que permitirá determinar la técnica de cocción apropiada para el consumo y uso seguro de *P. lunatus* L. Los resultados de este estudio también contribuirán a valorizar esta especie de granos y a estimular su consumo, lo que indirectamente podría incidir en un aumento de la producción, contribuyendo al bienestar económico de los agricultores.

Materiales y Métodos

Variedades de fréjol torta o pallar analizadas.

En la investigación se utilizaron ocho variedades de fréjol torta o pallar (*P. lunatus* L.), una de ellas con grano de color blanco, el resto son variedades monocolor o bicolor (Figura 1), que mantiene el investigador independiente Eduardo Peralta Idrovo, en Alangasí, Quito y cuya caracterización bioquímica, nutricional y funcional ha sido realizada en estudios previos (Villacrés, et al. 2023), en el que se destaca la necesidad de realizar investigación sobre las formas de consumo en las diferentes regiones de Ecuador y evaluar sus potenciales industriales y farmacéuticos.

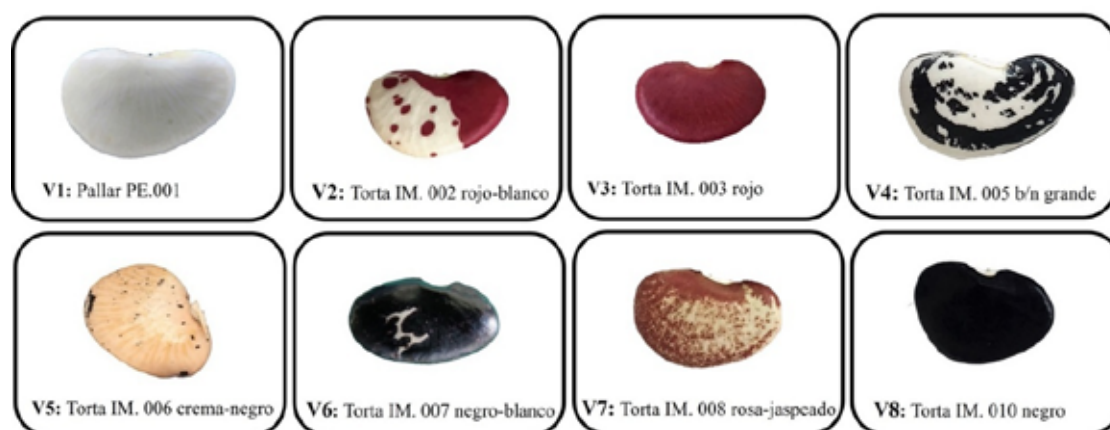


Figura 1. Variedades de fréjol pallar o torta del estudio: una proveniente de Perú y siete de Imbabura, Ecuador. (Colección y fotografía: E. Peralta, 2024).

Preparación del fréjol torta o pallar

Fréjol crudo: Los granos con 14 % de humedad fueron ingresados al laboratorio, luego se mantuvieron a 60°C por 3 h en una estufa de aire forzado (Memmert, Büchenbach, Germany) con el fin de disminuir el contenido de humedad a 11 %; una parte de los granos secos se guardaron enteros, mientras que otra parte se molió en un molino Retsch mill (Haan, Germany) provisto de un tamiz de 0.5 μ m. Los granos enteros y molidos se guardaron en frascos de vidrio herméticos y se almacenaron a 4°C hasta los análisis.

Cocción con vapor: Los granos de fréjol se lavaron y se remojaron por 3 h en agua destilada manteniendo una proporción 1:4 (grano: agua). Luego se realizó un cambio de agua y la cocción de los granos en autoclave a 121°C, hasta alcanzar un punto definido, caracterizado por la posibilidad de perforación de los granos sin resistencia significativa al contacto con una aguja metálica. Una parte de los granos cocidos fue utilizada para las determinaciones de textura, mientras que otra parte se secó a 60°C en una estufa de aire forzado, se molió en un molino Retsch mill (Haan, Germany) provisto de un tamiz de 0.5 μ m. Los granos molidos se guardaron en frascos de vidrio herméticos y se almacenaron a 4°C hasta los análisis.

Cocción en sistema abierto: Los granos de fréjol se lavaron y se remojaron por 3 h en agua destilada manteniendo una proporción 1:4 (grano: agua). Luego se realizó un cambio de agua y la cocción de los granos en sistema abierto a 91°C, hasta alcanzar un punto defini-

do, caracterizado por la posibilidad de perforación de los granos sin resistencia significativa al contacto con una aguja metálica. Una parte de los granos cocidos fue utilizada para las determinaciones de textura, mientras que otra parte se secó a 60°C en una estufa de aire forzado, se molió y se guardó en frascos de vidrio herméticos que se almacenaron a 4°C hasta los análisis.

Análisis de textura

La evaluación de la textura instrumental de los granos de *P. lunatus* L. en estado crudo y cocido se realizó siguiendo el método 74-09 de la AACC utilizando un texturómetro modelo TA.XT2i (Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado con el software Texture Expert. El análisis se realizó a través de pruebas de compresión uniaxial (puncture test), empleando una sonda cilíndrica de acero inoxidable (tipo P/2 o P/36, según el tamaño del grano).

Preparación de los granos

Para el análisis de textura en estado crudo, se seleccionaron manualmente granos íntegros, descartando aquellos con daños físicos o signos de deterioro. Las muestras se mantuvieron en condiciones controladas de almacenamiento (ambiente seco y oscuro, en recipientes herméticos) hasta su evaluación. En el caso del fréjol cocido, finalizada la cocción, las muestras se escurrieron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (20–25 °C) antes del análisis.

Condiciones del ensayo

El análisis de textura se efectuó bajo las siguientes condiciones operativas:

- Tipo de prueba: Compresión uniaxial (puncture test)
- Sonda utilizada: Cilíndrica (P/2 o P/36)
- Velocidad de preprueba: 1.0 mm/s
- Velocidad de prueba: 0.5 mm/s
- Velocidad de posprueba: 1.0 mm/s
- Profundidad de penetración: 75 % de la altura del grano
- Fuerza de activación (trigger force): 5 g
- Temperatura de ensayo: Temperatura ambiente (20–25°C)

Cada grano fue colocado individualmente sobre la plataforma del equipo, procurando mantener una orientación consistente durante todas las repeticiones. Se realizaron un mínimo de diez mediciones por condición (crudo y cocido), a fin de garantizar la representatividad de los datos. Los parámetros obtenidos incluyeron la fuerza máxima de penetración (gf), utilizada como indicador de dureza, y la energía de ruptura (gf·s), determinada como el área bajo la curva fuerza-tiempo, la cual se interpreta como una medida de la resistencia estructural del grano. Los datos fueron procesados mediante el software del texturómetro y posteriormente analizados estadísticamente para comparar los efectos del estado del grano (crudo vs. cocido) sobre sus propiedades texturales.

Componentes nutricionales

Proteína. Se aplicó el método Kjeldahl, (Kjeldahl, 1883). El factor 5.70 fue aplicado para convertir el N a proteína cruda.

Digestibilidad de la proteína. Se determinó mediante la metodología de McDonough (1990) y H.W. Hsu (1977). Se evaluó midiendo el cambio de pH producido por la acción enzimática, debido a la liberación de aminoácidos con grupos carboxílicos presentes en la proteína. El descenso del pH se registró después de un periodo de 10 minutos usando un medidor de pH.

Componentes no- nutricionales

Inhibidores de tripsina. La técnica utilizada fue la descrita por AOCS (2009), se evaluó un estándar de tripsina (2 ml de la solución de tripsina, 2 ml agua destilada), un blanco de muestra (2 ml del extracto de muestra) y la muestra a analizarse (2 ml del extracto de muestra, 2 ml solución estándar de tripsina) con una solución BAPA y ácido acético. Se midió la absorbancia de los filtrados a 410 nm en un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201.

Alcaloides. Se utilizó la metodología de El-Difrawi & Hudson (1979), se extrajeron los alcaloides por solubilización y ebullición de la muestra, el filtrado se aforó y tituló con NaOH 0.1 N, permitiendo cuantificar los alcaloides presentes en la muestra mediante una reacción de neutralización.

Saponinas. Se realizó el análisis de saponinas con la metodología de Meza, et al. (2016). Se extrajo el contenido de saponinas con etanol al 50%, al filtrado se añadió 1 ml de reactivo (Ácido acético + H_2SO_4 proporción 1:1), esta reacción colorimétrica permitió la cuantificación de saponinas en un espectrofotómetro midiendo la absorbancia a 500 nm.

Nitratos. Para la determinación de nitratos se utilizó la metodología de Cataldo, et al. (1975). Los nitratos se extraen con K_2SO_4 (0.34 M), el filtrado se trata con ácido salicílico (5 %), se añade NaOH 4N, con lo que se genera un compuesto coloreado que se leyó por espectrofotometría a 410 nm.

Oxalatos. Para la determinación de oxalatos se utilizó la metodología descrita por Naik, et al. (2014), con procesos de maceración, precipitación y titulación redox, se extrajo los oxalatos con ácido clorhídrico y se cuantificó por titulación con permanganato de potasio (0.02N).

Glucosinolatos. Se aplicó la metodología adaptada de ISO 9167 (2019), que contempla la extracción con metanol al 70%, hidrólisis y la cuantificación espectrofotométrica de la combinación de 100 μ L del sobrenadante con 100 μ L de una solución de ferricianuro de potasio 2 mM en un tampón de fosfato 0.2 M de pH 7.0. Finalmente, se midió la absorbancia de la solución a 420 nm.

Actividad ureásica. La determinación de la actividad ureásica se realizó con la metodología de AACC (2000), se cuantificó diferencia de pH entre la muestra y el blanco, donde el incremento de pH corresponde a la actividad ureasa.

Taninos. Para la determinación de taninos se utilizó la metodología de AOAC (1984). Se extraen los taninos por ebullición, al filtrado se añade el reactivo de Foli-Dennis con carbonato de sodio, generando un complejo de color, cuya absorbancia se mide en un espectrofotómetro a 680 nm.

Análisis Estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado, los resultados están expresados como la media $\pm$ DS. Los datos se analizaron aplicando análisis de varianza factorial, ANOVA I, AxB. Los factores constituyeron los estados del fréjol (crudo, cocido en olla abierta y cocido al vapor) (Factor A) y las variedades de fréjol (Factor B), dando un total de 72 unidades experimentales. Se aplicó la prueba de significación de Tukey (post hoc) para determinar diferencias significativas al nivel del 5%. Los análisis se realizaron en el software estadístico Statgraphics, versión 16.1.03.

Resultados y discusión

Cambios texturales por efecto de la cocción de fréjol torta o pallar

La textura de los alimentos es una característica sensorial fundamental que afecta considerablemente la aceptación y preferencia de los consumidores por determinado alimento. Esta propiedad está influenciada por diversos factores, como la composición química, la estructura celular y los métodos de procesamiento. En este estudio con fréjol, la cocción al vapor y en agua disminuyó la dureza de los granos y la fuerza necesaria para lograr su fractura, mientras que la elasticidad aumentó en la mayoría de las variedades, en otras no hubo cambios en relación con el grano crudo (Tablas 1, 2 y 3).

Todas las variedades mostraron considerable disminución de la dureza cuando fueron cocidas con vapor, iniciando con V2, cuya dureza disminuyó 83%, V1 (77%), V3 (68%), V4 (65%), V8 (52.44%), V7 (48%), V5 (42 %) y V6 (17.53%). La dureza de la variedad V5 disminuyó 71.72% después de la cocción en olla abierta, en las demás variedades la dureza disminuyó en el siguiente orden: V2 (55.23%), V3 y V4 (49%). V1 (27%), V6 (3.5 %), V7 (4.86%), mientras que la dureza de V8 no experimentó un cambio después de la cocción en agua.

La fuerza necesaria para fracturar o romper los granos cocidos con vapor disminuyó entre 52-83%, mientras que en los cocidos con agua la fracturabilidad disminuyó entre 29-57%.

En las muestras cocidas en olla abierta, la elasticidad aumentó entre 15% (V2)- 126% (V4), Las variedades V6 y V8 no mostraron ningún cambio en la elasticidad, mientras que la variedad V7 registró una disminución del 17 %.

En los granos cocidos al vapor se registró aumento de la elasticidad en las variedades V1 (5%) (Figura 2) y V4 (300%), mientras que las variedades V8 y V2 presentaron una disminución de 55 y 88%, respectivamente. Según Biron et al. (2022), este comportamiento se debe a la composición química de las diferentes variedades. Los resultados experimentales, siguieron la misma tendencia que las zarandajas remojadas y térmicamente procesadas (Brunner-López, et al. 2019). En general la cocción suavizó los granos, tornándolos más tiernos y fáciles de masticar (López, et al. 2019).

Tabla 1. Efecto del remojo en la textura de *P. lunatus* L., en estado crudo

Variedad	Dureza (gf)	Fracturabilidad (gf)	Elasticidad (mm)
Pallar PE.001 (V1)	3260.07±0.01 ^e	1649.85±0.01 ^e	0.41±0.04 ^a
Torta IM. 002 rojo-blanco (V2)	4441.13±0.01 ^b	2975.19±0.05 ^d	0.17±0.012 ^e
Torta IM. 003 rojo (V3)	4437.92±0.03 ^c	4512.50±0.01 ^a	0.23±0.06 ^c
Torta IM. 005 blanco-negro grande (V4)	4192.04±0.01 ^d	3383.25±0.02 ^b	0.19±0.01 ^d
Torta IM. 006 crema-negro (V5)	4685.08±0.01 ^a	3091.04±0.01 ^c	0.06±0.02 ^f
Torta IM. 007 negro-blanco (V6)	1278.25±0.05 ^h	610.44±0.05 ^h	0.03±0.01 ^g
Torta IM. 008 rosa-jaspeado (V7)	2714.42±0.01 ^f	1167.22±0.01 ^f	0.18±0.01 ^{de}
Torta IM. 010 negro (V8)	1472.70±0.01 ^g	841.70±0.03 ^g	0.27±0.01 ^b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p≤ 0.05). Valor medio ± SD (n=3).

Tabla 2. Efecto de la cocción con vapor sobre la textura de variedades de *P. lunatus* L.

Descripción	Dureza (gf)	Fracturabilidad (gf)	Elasticidad (mm)
V1	747.45±0.03 ^f	1602.18±0.59 ^a	0.39±0.01 ^b
V2	741.794±0.02 ^g	503.61±0.01 ^d	0.02±0.00 ^g
V3	1420.98±1.29 ^c	427.26±0.72 ^g	0.33±0.01 ^c
V4	1464.93±1.01 ^b	436.82±0.01 ^f	0.76±0.02 ^a
V5	2729.92±0.01 ^a	442.73±5.02 ^e	0.03±0.01 ^g
V6	1054.16±0.26 ^e	514.43±0.01 ^c	0.10±0.00 ^f
V7	1399.42±2.01 ^d	629.015±0.01 ^b	0.29±0.03 ^d
V8	699.63±0.17 ^h	426.99±0.18 ^h	0.12±0.00 ^e

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p≤ 0.05). Valor medio ± SD (n=3).

Tabla 3. Efecto de la cocción en sistema abierto sobre la textura de variedades *P. lunatus* L.

Descripción	Dureza (gf)	Fracturabilidad (gf)	Elasticidad (mm)
V1	2372.74±0.05 ^b	716.02±0.05 ^f	0.70±0.05 ^a
V2	1987.84±0.05 ^e	2089.51±0.04 ^a	0.20±0.01 ^e
V3	2251.68±0.01 ^c	958.12±0.01 ^c	0.44±0.01 ^b
V4	2128.60±0.01 ^d	847.89±0.01 ^d	0.43±0.06 ^c
V5	1325.14±0.02 ^g	430.51±0.03 ^h	0.04±0.05 ^g
V6	1233.21±0.02 ^h	624.61±0.05 ^g	0.03±0.04 ^g
V7	2581.52±0.01 ^a	1299.54±0.01 ^b	0.15±0.01 ^f
V8	1472.70±0.05 ^f	841.70±0.01 ^e	0.27±0.02 ^d

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p ≤ 0.05). Valor medio ± SD (n=3).

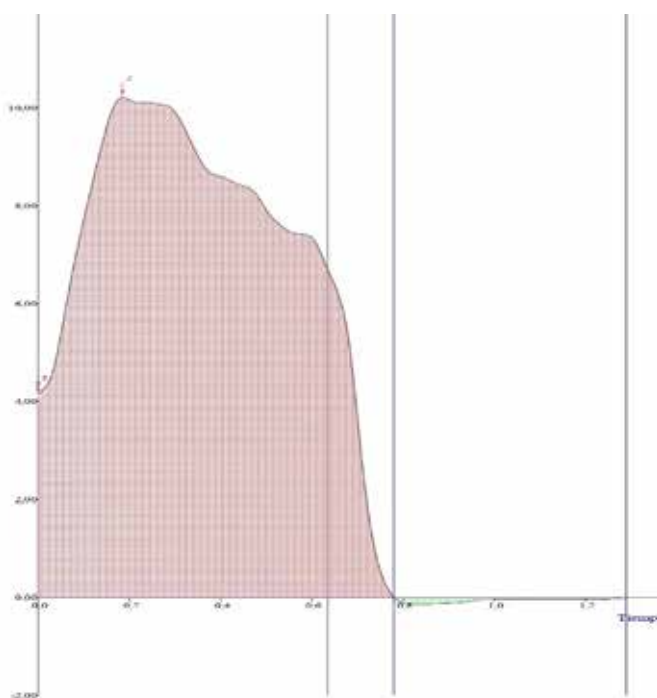


Figura 2. Perfil de textura de la variedad Pallar PE.001, cocida al vapor.

Mejora de la calidad nutricional por efecto de la cocción de fréjol torta o pallar

Contenido y digestibilidad de la proteína. La proteína es un componente nutricional esencial de *P. lunatus* L., puede verse afectada por la cocción, que desnaturaliza a este nutriente, afectando su estructura tridimensional original, este cambio es beneficioso porque aumenta la accesibilidad de las enzimas a las proteínas, mejorando su digestibilidad. Sin embargo, algunos aminoácidos esenciales pueden perderse por efecto de la temperatura, especialmente si se utiliza agua en exceso y se desecha el agua de cocción; el proceso con vapor, en comparación con la cocción en agua, tiende a preservar mejor el contenido proteico debido a la menor lixiviación de nutrientes, (Biron, et al. 2022).

Tabla 4. Efecto de la técnica de cocción en el contenido y digestibilidad de la proteína en variedades de *P. lunatus* L.

Variedad	Grano crudo		Grano cocido al vapor		Grano cocido sistema abierto	
	Proteína	DP	Proteína	DP	Proteína	DP
V1	18.35±0.03g	84.57±0.09a	21.85±0.03g	89.01±0.18 ^a	23.92±0.77abc	88.41±3.40 ^a
V2	25.38±0.29b	74.08±0.63d	29.17±0.00b	88.56±0.27 ^a	24.79±0.00abc	84.30±0.18bc
V3	25.67±0.00a	79.05±0.36bc	27.71±0.00c	88.56±0.27 ^a	29.78±0.03 ^a	84.94±0.27b
V4	23.63±0.29c	79.96±0.18ab	27.13±0.00e	81.95±0.18b	18.29±0.09c	82.04±0.27c
V5	21.00±0.00f	75.07±0.18bcd	33.48±0.06 ^a	84.67±0.18b	25.96±0.29bc	84.39±0.27bc
V6	22.46±0.29d	74.89±0.18cd	25.96±0.29f	83.76±0.18b	26.54±0.00ab	76.16±0.36d
V7	21.79±0.09e	77.24±0.18bcd	27.42±0.00d	82.76±0.27b	29.46±0.29ab	83.22±0.72bc
V8	22.31±0.06h	78.15±0.36bcd	27.71±0.00c	82.49±0.00b	27.48±0.06ab	78.24±0.45d

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Valor medio $\pm$ SD ($n=3$). P= contenido de proteína total (g/100 g grano seco), DP= Digestibilidad de la proteína (g/100 g grano seco).

El contenido de proteína en granos crudos de *P. lunatus* L. presentó diferencia significativa entre variedades. V1 mostró la menor concentración (18.35 g/100 g peso seco), mientras que V3 y V2 presentaron el mayor contenido con 25.67 y 25.38 g/100 g peso seco. En las restantes variedades el contenido de proteína total varió entre 21.00 a 23.63 g/100 g peso seco (Tabla 4).

El contenido de proteína de *P. lunatus* L. cocido con vapor aumentó con respecto al grano crudo, lo cual podría deberse a la disminución de los antinutrientes en los granos cocidos y a la solubilización de algunas proteínas, que en medio acuoso tienden a formar nuevos agregados en el proceso de desnaturalización (Aremu, et al. 2017). V5 y V2 mostraron las concentraciones proteicas más altas (33.48 y 29.17 g/100 g peso seco). Estos resultados son similares a los mencionados por Hernández, et al. (2018), para *P. vulgaris* con 28 g/100 g peso seco de proteína. Mientras que, V1 y V6 presentaron los niveles proteicos más bajos (21.85 y 25.96 g/100 g peso seco), posiblemente debido a factores como el manejo agronómico y el carácter genético de estas variedades (Hernández, et al. 2018). V1, V3 y V7, cocidas con agua y en olla abierta mostraron mayor contenido de proteínas que las cocidas con vapor, resultado que se correlacionó ($r^2= 0.94$) con la mayor pérdida de taninos e inhibidores de tripsina de estas variedades tratadas con vapor.

Los resultados de este estudio se alinean con las afirmaciones de varios autores que mencionan que algunos métodos de procesamiento provocan una ligera disminución en el contenido proteico. Wang, et al. (2021), afirman que el efecto de la cocción sobre la proteína varía dependiendo del tiempo y la temperatura de procesamiento; un tiempo prolongado de cocción genera una degradación notable de ciertas proteínas.

La digestibilidad de la proteína en granos crudos presentó diferencia significativa entre variedades. V2, V5 y V6 presentaron una menor digestibilidad (73 - 75 g/100 g), mientras que V3 y V4 mostraron una mayor digestibilidad (78 y 81 g/100 g). Estos valores aumentaron desde 5.25 a 19.54 % con la aplicación de vapor y desde 4.54 a 13.79% mediante cocción de los granos en agua (Tabla 4). Al respecto, Kaur, et al. (2016), indican que la aplicación de calor ayuda a mejorar la digestibilidad al desnaturalizar las proteínas y disminuir los compuestos no nutritivos, volviéndolas más accesibles a las enzimas digestivas.

Efecto de la cocción en los compuestos no nutricionales

Inhibidores de tripsina (IT)

Los inhibidores de tripsina (IT) interfieren en la digestión de proteínas, al inhibir la acción de la enzima tripsina; sin embargo, la cocción del grano es capaz de disminuir su efecto. Varios estudios han demostrado que la cocción en agua puede reducir los inhibidores de tripsina entre 25-35 %, mientras que la cocción a vapor puede lograr una reducción de hasta 40 %, esta disminución mejora la digestibilidad de las proteínas y reduce los efectos adversos asociados con su consumo, (Chaparro, et al. 2009).

Los IT en granos crudos de *P. lunatus* L. difirieron entre variedades (Tabla 5). V1 presentó la concentración más baja (1.5 g/100 g) y las concentraciones más altas (1.8 a 1.9 g/100 g) se determinó en V5, V6, V7 y V8. Estos valores son menores que los reportados por Ferreira, Silva, & Costa (2019) para algunas legumbres crudas, que alcanzaron hasta 7.0 mg/g de IT, estos autores añaden que la variabilidad genética es un factor determinante en la concentración de los IT.

Los granos cocidos con vapor mostraron los valores más bajos, con énfasis en V1 que presentó 1.37 g/100 g, después de la aplicación del proceso térmico. El porcentaje de pérdida de los IT en los granos de *P. lunatus* L. cocidos con vapor varió entre 5-10% en V4, y V7, en V1, V2 y V3 se registró una disminución del 10 a 14 % y en V5, V6 y V8 se registró una pérdida (17 %) (Tabla 6). Givens & Gibbs (2018), reportaron resultados similares aplicando métodos de cocción más intensos, como la cocción con vapor a mayor presión y tiempo de exposición.

En el sistema abierto con agua, V1, V4, V6, V7 y V8 presentaron una pérdida del 5 %, y en V2, V3 y V5 la disminución de los IT varió de 5 a 10 %. Estos resultados son consistentes con los reportados por Lee, et al. (2017), quienes mencionan una variación entre 1.2 a 6.0 mg/g de materia seca para garbanzo cocido. Ramírez, et al. (2020), reportaron que la cocción en agua produce una pérdida moderada de los IT, con una reducción que no supera el 10%. Liu, et al. (2020), indican que el secado al sol puede ayudar a reducir la actividad de IT, hasta un 30%.

Alcaloides totales (AT)

Los alcaloides pueden tener efectos tóxicos en altas concentraciones, estos compuestos disminuyeron con la cocción en agua y a vapor entre un 15 y 25%, con estos procesos los alcaloides se lixivian, lo que ayuda a disminuir su concentración en el grano. La cocción al vapor provoca menor reducción en comparación con la cocción en agua (Martínez, 2016).

El contenido de alcaloides en granos crudos de fréjol pallar presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre variedades. V1 mostró la concentración más baja (0.0015 g/100 g), mientras que V2 y V3, presentaron las concentraciones más altas (0.016-0.013 g/ 100 g). En las restantes variedades los valores fluctuaron entre 0.010-0.012 g /100 g (Tabla 5).

Con el sistema de cocción al vapor se logró una mayor disminución de alcaloides totales hasta niveles que variaron entre 0-0.008 g/100g (Tabla 6), comparada con el sistema de cocción en olla abierta con cuya aplicación los alcaloides bajaron hasta niveles entre 0.005-0.011 g/100 g. La pérdida de alcaloides en V4, V5 y V7 cocidas al vapor varió entre 28-38%; mientras que en V1, V2, V3 y V8 se registraron pérdidas entre 38 y 70 %. V6 presentó la mayor pérdida de alcaloides (85 %).

En sistema abierto V1, V2, V4, V6, V7 y V8 presentaron una pérdida de alcaloides entre 10 y 40 %, mientras que en V3 y V5 las pérdidas fluctuaron entre 42 al 50 %. Por tanto, mediante la cocción con vapor, se logró una mayor disminución de alcaloides en los granos de *P. lunatus* L (Tabla 6).

Nitratos (N)

Los nitratos pueden convertirse en nitritos y nitrosaminas, los cuales son potencialmente tóxicos, se reducen con la cocción en agua y a vapor, la cocción en agua puede reducir los nitratos en un 5 y 15%, la cocción al vapor puede lograr una reducción similar, la pérdida de estos compuestos es importante para mejorar la seguridad alimentaria del fréjol, (Ollúa, et al. 2016).

El contenido de nitratos en granos crudos de fréjol presentó diferencia significativa ($p <$

0.05) entre variedades. V1, V2, V3, V4 y V8 mostraron bajas concentraciones (0.51 a 0.99 g/100 g), mientras que V5 y V6 presentaron los mayores contenidos (3.5 – 5.5 g/ 100 g). Estas cifras se alinean con el estudio de Wang, et al. (2018), quienes reportaron que las concentraciones de nitratos en leguminosas fluctúan entre 200 a 600 mg/kg de materia seca; estos investigadores indican que la variabilidad puede ser atribuida a factores como el tipo de suelo, la fertilización y las prácticas agrícolas. En contraste, Silva, et al. (2020), mencionaron que las leguminosas cultivadas en suelos con alta disponibilidad de nitrógeno presentan concentraciones significativamente más altas de nitratos. En este estudio se citan niveles de hasta 800 mg/kg de materia seca en ciertas variedades, lo que sugiere el cultivo de los materiales en estudio, en suelos con alta fertilización nitrogenada. Williams, et al. (2017), encontraron que ciertas variedades de leguminosas tienen una mayor capacidad para acumular nitratos en comparación con otras, lo que resalta la importancia de seleccionar variedades con bajo potencial de acumulación de nitratos para minimizar los riesgos asociados a su consumo.

El contenido de nitratos en los frejoles sometidos a cocción con vapor o en sistema abierto no presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$) entre sí, pero variaron sustancialmente al comparar los granos cocidos con los granos crudos (Tablas 5, 6 y 7).

Por otro lado, el sistema de cocción al vapor logró disminuir los nitratos hasta valores que fluctuaron entre 0.19-0.59 g/100 g, mientras que mediante cocción en olla abierta los nitratos disminuyeron a valores que fluctuaron entre 0.40 y 1.68 g/100 g. La disminución de nitratos después de la cocción con vapor varió entre 55 a 67 % en V1, V2, V3 y V8, en V4 y V6 se registraron pérdidas que variaron entre 67 a 77 %, y en V5 y V7 las pérdidas de nitratos alcanzaron 95 %. Zhao, et al. (2019), indican que los métodos de cocción como la ebullición pueden reducir los niveles de nitratos hasta el 50%. En este estudio se evidenció una disminución aproximada del 30% después de la cocción con vapor.

En el sistema abierto V1, V3, V4 y V8 presentaron una disminución de nitratos entre 10 - 40 %, en V2, V5, V6 y V7 la pérdida varió entre 40 - 80 %. Estos resultados son similares a los reportados por Zhao, et al. (2019), quienes mencionan que la cocción a temperaturas más bajas y en condiciones menos intensivas, resulta en pérdidas de nitratos que alcanzan el 40%. Mientras que el proceso de cocción con alta temperatura y presión puede inducir pérdidas que superan el 90%. Además, estas condiciones propician la conversión de nitratos en nitritos y otros productos volátiles, lo que contribuye a una mayor reducción de nitratos.

Oxalatos (O)

Los oxalatos pueden interferir con la absorción de minerales como el calcio y el magnesio, se reducen con la cocción en agua y a vapor, entre 5 y 15%; la eliminación de oxalatos mejora la biodisponibilidad de minerales esenciales, la textura de las semillas se vuelve más tierna con la cocción, facilitando su consumo (Martínez, 2016).

El contenido de oxalatos en grano crudo presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre variedades. V2, V3 y V4 presentaron los valores más bajos (0.63 a 0.90 mg/100 g), mientras que V1, V6 y V7 mostraron el mayor contenido (1.20 y 1.40 mg/ 100 g). Estos valores (0.50 y 1.20 g/100 g) son similares a los reportados por Jood, et al. (2015). Estos autores mencionan que, el contenido de oxalatos en fréjoles y otras leguminosas es crucial para evaluar tanto la calidad nutricional como su seguridad para el consumo. Los oxalatos son

compuestos que tienen la capacidad de formar complejos con minerales esenciales como el calcio, lo que puede impactar la biodisponibilidad de estos nutrientes. En contraste, Kumar, et al. (2018), mencionan que las leguminosas como lentejas y guisantes presentan niveles de oxalatos que oscilan entre 0.30 y 0.80 g/100 g de materia seca, lo que evidencia el mayor contenido de estos antinutrientes en frejoles. Este hallazgo podría estar relacionado con las diferencias en la composición química y la capacidad de absorción de oxalatos entre las distintas especies de leguminosas.

El contenido de oxalatos de *P. lunatus* L. sometidos a cocción al vapor o en olla abierta no presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre sí, pero varió sustancialmente con respecto a los granos crudos.

El sistema de cocción con vapor mostró un mayor efecto en la disminución de oxalatos, con valores que variaron entre 0.45 y 0.94 mg/100 g, mientras que mediante cocción en agua los valores de oxalatos variaron entre 0.22 a 0.47 mg/100 g (Tablas 6 y 7).

La pérdida de oxalatos después de la cocción con vapor fue menor en V3 y V6 (15–30 %), las variedades V2, V3, V4 y V8 presentaron pérdidas entre 15 y 50 %, y V1, V5 y V7 presentaron la mayor pérdida de oxalatos (75 %). En sistema abierto V2, V3 y V6 mostraron pérdidas que variaron entre 40 y 70 %, mientras que V1, V4, V5, V7 y V8 registraron una disminución entre 75 y 85 %. Estos resultados son consistentes con el estudio de Li, et al. (2017), quienes mencionan que la cocción con vapor provoca mayores pérdidas de oxalatos debido a la mayor temperatura y presión. Srinivas & Reddy (2019), mencionan que la cocción en sistemas abiertos genera pérdidas moderadas debido a la menor presión.

Glucosinolatos (G)

Los Glucosinolatos pueden tener efectos negativos en la función tiroidea, se extraen en soluciones acuosas y su reducción es importante para mejorar la seguridad, calidad nutricional y textura del fréjol (De Dios, et al. 2009).

El contenido de G en granos crudos presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre variedades. V1, V2, V4 y V5 mostraron valores entre 60 y 70 mg/100 g, mientras que V7 y V8 presentaron mayores concentraciones (90 a 95 mg/100 g muestra seca). Estas variaciones podrían atribuirse a la variedad de grano y las condiciones de cultivo. Hernández & Morales (2016), reportaron niveles similares en *P. vulgaris*, con valores de 1.0 a 5.0 $\mu\text{mol/g}$ de materia seca. Otros autores identificaron altos niveles de glucosinolatos (6.0 $\mu\text{mol/g}$ de materia seca) en ciertas variedades de fréjol y correlacionaron estos resultados con el tipo de suelo, la variedad de fréjol y las prácticas agronómicas, (Gontia, Dey & Kapoor, 2018).

El sistema de cocción al vapor logró reducir los G, a valores entre 0.14-24.20 mg/100 g (Tabla 6), mientras que con la cocción en olla abierta se logró una menor eliminación de los G y los granos cocidos por esta técnica presentaron un residual de G, que varió entre 38-70.57 mg/100 (Tabla 7). Con base a estos resultados se puede inferir que la cocción de *P. lunatus* L. con vapor, presenta mayor efectividad en la reducción de los G.

Después de la cocción con vapor V5 y V7 mostraron una disminución de los G del 95 % con respecto al grano crudo. Una menor pérdida (55-67%) presentaron V1, V2, V3 y V8. Estos resultados se alinean con la investigación de Huang, et al. (2019), quienes indican

que la técnica de cocción con vapor provoca una mayor descomposición térmica y pérdida de glucosinolatos en comparación con métodos de cocción menos severos como la cocción en agua. Mediante cocción en sistema abierto V7 y V8 presentaron pérdidas del 22-28 %, mientras que en V1, V2, V3, V4, V5 y V6 las pérdidas de G, alcanzaron valores entre 34 - 42 %. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Reddy & Rao (2019), quienes reportaron una disminución similar de G en leguminosas después de tratamientos de cocción y secado. Wu, et al. (2020), documentaron una menor pérdida de glucosinolatos en leguminosas procesadas a menor temperatura, en sistemas abiertos.

Por otro lado, Zhang, et al. (2020), indican que el contenido residual de G en los granos después del procesamiento térmico podría ayudar a elevar sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo cual podría aprovecharse en la formulación de productos alimenticios con propiedades nutraceuticas.

Actividad ureásica (AU)

La AU mide la presencia de ureasa, una enzima que puede descomponer la urea en amoníaco y dióxido de carbono; la reducción de la actividad ureásica mejora la calidad del fréjol y disminuye los posibles efectos adversos asociados con la ureasa. La AU es un indicador clave de la disponibilidad de nitrógeno y, por ende, de la eficiencia en la utilización de fertilizantes en los sistemas agrícolas (Jiménez, 2020).

La AU en el grano crudo de *P. lunatus* L. presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades. V4 y V7 mostraron concentraciones bajas (0.007 a 0.070 g/100 g/100 g) en tanto que V1, V2, y V3 presentaron mayores contenidos (0.039-0.060 g/ 100 g).

Los valores de AU reportados se encuentran dentro del rango establecido por los autores Olguin, et al. (2001), quienes mencionan valores entre 0 y 90 g/100 g para granos crudos de fréjol; estos autores indican que, la medición precisa de la AU en granos de fréjol es fundamental para evaluar tanto su calidad nutricional como la eficacia de los procesos de procesamiento térmico. Kumar, et al. Bhardwaj, & Kapoor (sf), añadieron que las variedades con bajos niveles de ureasa son menos susceptibles a la desactivación térmica, es decir que la predisposición a la pérdida de actividad ureásica está fuertemente relacionada con la concentración de la enzima en una variedad específica de fréjol.

En la técnica de cocción con vapor los niveles de AU residuales variaron entre 0.007 y 0.030 g/100 g y en sistema abierto entre 0.01 y 0.03 g/100 g. Una disminución notable (90%) de AU mediante cocción con vapor se registró en V7, mientras que en V1, V3, V4, V5, y V8 la pérdida varió entre 11.76 y 47.36%. La cocción con vapor provocó mayor pérdida de la AU en comparación con la cocción en sistema abierto, lo cual está en línea con los hallazgos de Li & Chen (2020), quienes reportaron mayor desactivación enzimática en leguminosas enlatadas. En olla abierta V4, V6 y V7 mostraron pérdidas que variaron entre 10 - 40 %, en contraste V1, V2, V3, V5 y V8 registraron pérdidas entre 42-85 %. Según Liu, et al. (2018), el procesamiento térmico puede provocar la desnaturalización de enzimas como la ureasa, resultando en pérdidas significativas de su actividad.

Taninos (T)

El contenido de taninos en granos crudos de *P. lunatus* L. varió significativamente ($p < 0.05$) entre variedades. V2 y V7 mostraron las concentraciones más bajas (167 a 243 mg/100 g) y las concentraciones más altas (921 a 890 mg/100 g) se presentaron en V5 y V6. Estos valores muestran que *P. lunatus* L., posee una menor concentración de taninos en comparación con otras leguminosas, lo que aporta a su perfil sensorial y mejor biodisponibilidad de nutrientes, que lo hace recomendable para dietas y productos de sabor menos astringente (García, 2009). Solano (1997), mencionó que la cantidad de taninos en algunas leguminosas puede fluctuar entre 0.75 % y 2 % (equivalente a 750 a 2000 mg/100 g).

Mediante cocción con vapor los taninos disminuyeron a valores que fluctuaron entre 16.11 y 260 mg/100 g (Tabla 6), mientras que mediante cocción en sistema abierto los valores variaron entre 108.38 y 362.62 mg/100 g. Estos resultados evidencian que la cocción con vapor es más eficiente en la reducción de los taninos. La pérdida de estos compuestos en la variedad V2, tratada con vapor alcanzó el 45 %, mientras que en V1, V3, V5, V6, V7 y V8 la pérdida fluctuó entre 65-80 %. Mediante cocción en sistema abierto V4 presentó la mayor pérdida de taninos (85%), en V3, V4, V5 y V6 las pérdidas fluctuaron entre 56-69%, mientras que V1, V2, V7 y V8 las pérdidas variaron entre 28 - 37 %. Al respecto, García (2009), indica que en el frejol común cocido en agua por 2.5 h se reducen significativamente los taninos, debido a la hidrólisis térmica y solubilización de los compuestos en agua. Chire, et al. (2014), señalaron que la temperatura y el tiempo de cocción son factores cruciales que influyen en la estabilidad de los taninos en las leguminosas. En tratamientos realizados a temperaturas más bajas y durante períodos breves hay menor degradación de los taninos. A 60°C durante 10 minutos se conserva una cantidad significativa de taninos. Por tanto, el control del tiempo y la temperatura de proceso es fundamental para lograr un equilibrio entre la reducción de taninos y la retención de nutriente.

Saponinas (S)

Son compuestos químicos naturales que se encuentran en diversas plantas. En términos químicos, las saponinas son glucósidos compuestos por una parte glucídica (un azúcar) y una parte no glucídica (un aglicón que generalmente es una sapogenina, que puede ser un esteroide o un triterpeno). Las saponinas se encuentran en muchas plantas, como el ginseng, la soja, la quinua, las almendras y la avena, entre otras. Tienen diversos efectos biológicos y deben ser utilizadas con precaución, ya que, en grandes cantidades pueden dañar las membranas celulares y presentar efectos tóxicos.

El contenido de saponinas en granos crudos de *P. lunatus* L., presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades. V1 y V2 mostraron las concentraciones más bajas (0.046 a 0.096 g/100 g) y las concentraciones más altas (0.113 y 0.121 g/100 g) presentaron V3, V5 y V8. Mediante cocción de los granos con vapor, las saponinas disminuyeron a valores comprendidos entre 0.014 y 0.055 g/100 g, mientras que mediante cocción en sistema abierto la pérdida de saponinas varió entre 0.013 y 0.034 g/100 g, lo que evidencia la efectividad del vapor de agua para extraer estos compuestos y mejorar la palatabilidad de los granos de frejol torta.

Tabla 5. Compuestos no-nutricionales en granos crudos de *P. lunatus* L.

Variedad	T	AT	S	AU	O	G	N	IT
V1	504.80±11.30c	0.0015±0.00h	0.046±0.02g	0.040±0.00c	1.24±0.11b	68.19±0.16e	0.51±0.02h	1.51±0.01g
V2	167.70±7.11h	0.0159±0.00a	0.096±0.03e	0.050±0.00b	0.70±0.02f	67.71±0.32f	1.18±0.06e	1.67±0.00e
V3	379.57±5.88e	0.0134±0.0005b	0.113±0.04b	0.057±0.01a	0.92±0.02e	80.10±0.32c	0.76±0.03g	1.62±0.00f
V4	471.85±15.56d	0.0102±0.0002g	0.055±0.02f	0.012±0.00e	0.90±0.00e	66.92±0.48g	1.23±0.04d	1.73±0.00d
V5	921.94±4.32a	0.0104±0.0005f	0.113±0.04b	0.034±0.00d	1.06±0.07c	60.41±0.64h	5.03±0.03a	1.84±0.02c
V6	890.87±22.66b	0.0109±0.0010e	0.111±0.04c	0.010±0.01e	1.24±0.11b	77.72±0.16d	3.56±0.06b	1.85±0.01c
V7	243.03±5.88g	0.0114±0.0005d	0.101±0.04d	0.07±0.01f	1.35±0.00a	93.44±0.16 ^a	1.57±0.02c	1.88±0.00b
V8	356.97±11.42f	0.0124±0.0005c	0.121±0.04a	0.030±0.01d	1.01±0.11d	92.17±0.64b	0.99±0.06f	1.91±0.02a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Valor medio $\pm$ SD ($n=3$).

T= Taninos (mg/100 g), AT= Alcaloides totales (g/100g), S= Saponinas (g/100 g), AU= Actividad ureásica (g/100g), O= Oxalatos (mg/100 g), G= Glucosinolatos (mg/100 g), N= Nitratos (g/100 g), IT= Inhibidores de tripsina (g/100g).

Tabla 6. Compuestos no-nutricionales de *P. lunatus* L. cocido con vapor

Variedad	T	AT	S	AU	O	G	N	IT
V1	16.11±0.21h	0.000±0.000d	0.014±0.01f	0.03±0.001a	0.563±0.11c	24.20±0.32b	0.19±0.01h	1.368±0.01g
V2	96.13±3.05c	0.008±0.001a	0.044±0.02b	0.010±0.001d	0.450±0.00d	0.38±0.32g	0.46±0.02c	1.479±0.03e
V3	74.48±6.52e	0.007±0.001b	0.024±0.01c	0.030±0.035b	0.675±0.00b	27.46±0.24a	0.28±0.03f	1.412±0.03f
V4	67.89±1.42g	0.007±0.001b	0.022±0.01e	0.010±0.001d	0.563±0.11c	0.14±0.08h	0.33±0.02e	1.612±0.01c
V5	260.92±2.31a	0.007±0.001b	0.023±0.01d	0.030±0.00b	0.450±0.00d	11.18±0.54d	0.59±0.03b	1.568±0.04d
V6	180.88±2.07b	0.002±0.001c	0.044±0.02b	0.030±0.00b	0.945±0.04a	0.46±0.24f	1.06±0.05a	1.571±0.01d
V7	71.65±4.31f	0.007±0.001b	0.014±0.01f	0.007±0.012e	0.563±0.11c	6.34±0.24e	0.22±0.03g	1.720±0.01a
V8	84.84±4.31d	0.007±0.001b	0.055±0.02a	0.020±0.00c	0.563±0.11c	15.15±0.16c	0.36±0.08d	1.632±0.05b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Valor medio $\pm$ SD ($n=3$).

T= Taninos (mg/100 g), AT= Alcaloides totales (g/100g), S= Saponinas (g/100 g), AU= Actividad ureásica (g/100g), O= Oxalatos (mg/100 g), G= Glucosinolatos (mg/100 g), N= Nitratos (g/100 g), IT= Inhibidores de tripsina (g/100g).

Tabla 7. Compuestos no-nutricionales de *P. lunatus* L. cocido en sistema abierto.

Variedad	T	AT	S	AU	O	G	N	IT
V1	316.47±11.47b	0.005±0.01d	0.034±0.01a	0.023±0.01b	0.233±0.01d	42.992±1.42e	0.403±0.24g	1.52±0.05g
V2	108.38±11.41h	0.011±0.00a	0.034±0.01a	0.010±0.00c	0.225±0.01f	41.510±0.16f	0.647±0.08e	1.58±0.01f
V3	163.94±11.76f	0.007±0.01c	0.013±0.01d	0.03±0.02a	0.47±0.02a	50.24±0.16c	0.51±0.02f	1.50±0.01g
V4	156.40±13.05g	0.009±0.00b	0.034±0.01a	0.01±0.00c	0.23±0.01e	40.16±0.24g	0.83±0.02c	1.66±0.01e
V5	36.62±5.88a	0.006±0.01d	0.014±0.00d	0.02±0.00b	0.23±0.01e	38.49±0.64h	1.68±0.02a	1.70±0.01d
V6	269.40±16.31c	0.008±0.01bc	0.018±0.01c	0.02±0.01b	0.45±0.01b	47.94±0.40d	1.30±0.04b	1.78±0.01c
V7	174.29±7.47e	0.007±0.00c	0.02±0.01b	0.01±0.00c	0.23±0.01e	68.82±0.16b	0.66±0.03d	1.80±0.04b
V8	238.32±9.92d	0.009±0.01b	0.034±0.01a	0.01±0.00c	0.25±0.02c	70.57±0.32a	0.66±0.03d	1.84±0.02a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Valor medio $\pm$ SD ($n=3$). T= Taninos (mg/100 g), AT= Alcaloides totales (g/100g), S= Saponinas (g/100 g), AU= Actividad ureásica (g/100g), O= Oxalatos (mg/100 g), G= Glucosinolatos (mg/100 g), N= Nitratos (g/100 g), IT= Inhibidores de tripsina (g/100g).

Conclusiones

Las variedades de *P. lunatus* L. experimentaron cambios significativos en la textura por efecto de la temperatura y los tiempos de cocción aplicados según las técnicas de cocción. La dureza y fracturabilidad de las muestras disminuyeron, mientras que la elasticidad aumentó cuando se aplicaron mayores tiempos de cocción y temperaturas (cocción con vapor), condiciones que favorecieron el ablandamiento y la mayor fracturabilidad de los granos. La variedad Torta IM. 006 crema-negro (V5) presentó la mayor dureza en estado crudo (4685.08 gf), característica que se modificó mediante el sistema de cocción en sistema abierto (1325.14 gf), mientras que la variedad “Torta IM. 010 negro” no mostró variaciones notables en la textura por efecto de los tratamientos térmicos.

La cocción en agua o con vapor indujo una reducción significativa de los compuestos no nutricionales comprendidos en este estudio, mejorando la concentración de proteína y su digestibilidad. Las dos modalidades de cocción ayudaron a aumentar la proteína, alcanzando valores de 27.71 % en V3 (torta IM. 003 rojo) cocido con vapor y 29.18 % en el grano cocido con agua (sistema abierto). Igualmente, la digestibilidad se incrementó a valores de 89.01 y 88.41 % en V1 (Pallar PE. 001, blanco grande “tipo Ica”), cocido con vapor y agua, respectivamente. Sin embargo, la cocción con vapor es más eficiente desde el punto de vista económico y nutricional, ya que promueve prácticas de preparación más sostenibles y saludables, lo cual es relevante tanto en el hogar como en la industria alimentaria.

Los hallazgos de este estudio no solo representan un avance significativo en el ámbito científico, sino que poseen un alto potencial de impacto económico y social. Al aportar con nueva información que ayude a valorar y estimular el consumo y la producción de *P. lunatus*.

Referencias

- AACC. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. *The Association St. Paul, MN, USA: AACC/Eagan press.*, 22-90.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis. Method: 952.03.
- AOCS. (2009). Sampling and analysis of oilseed by-products. Trypsin inhibitor activity. *American Oil Chemist's Society Official Method Ba*, 12-75.
- Aremu, M., Olonisakin, A., & Madu, E. B. (2017). Nutritional Composition of Some Legume Seeds and Their Potential for Utilization. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 427-434. doi:<https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1258312>
- Biron, V., Cabito, G., Moriconi, B., Sangiorgi, P., & Drolas, C. (2022). Compounds bioactivos en alimentos: modificaciones por cocción. *Revista de Nutrición*.
- Brunner-López, O., Fuentes Martin, M. J., Ortigosa-Pezonaga, B., López-García, A. M., & GE-NutPedia, G. (2019). Texturas evolutivas en la introducción de nuevos alimentos: un acercamiento teórico. *Española de Nutrición Humana y Dietética*, 23. doi:104-122. <https://doi.org/10.14306/renhyd.23.2.459>
- Cataldo, Maroon, Schrader, & Youngs. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, VI(1), 71-80.

- Chaparro, A. S., Aristizábal, T. I., & Gil, G. J. (2009). Composición y factores antinutricionales de las semillas del género *Mucuna*. *Fac.NaL.Agr.Medellín*.
- Chire, T., Roberto, D., & Rios, E. (2014). Evaluación del contenido de vitamina C, taninos condensados y capacidad antioxidante después de un tratamiento a tres temperaturas de los frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Anales Científicos*, 370-379. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v75i2.977>
- De Dios, E. A., Porrilla, Y., & Chaparro, D. C. (2009). Factores antinutricionales en semillas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- El-Difrawi, & Hudson. (1979). Identification and estimation of carotenoids in the seeds of four *Lupinus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, XXX(12), 1168-1170. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740301209>
- Ferreira, C., Silva, F., & Costa, A. (2019). Effects of Processing on Trypsin Inhibitor Activity in Soybeans. *Food Chemistry*, 620-626. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.097>
- Flores, M. &. (2022). *Efecto de compuestos bioactivos del Phaseolus vulgaris L. sobre la activación y agregación plaquetaria*. Obtenido de <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/13243>
- Gallego, M., Arnal, M., Barat, J., & Talens, P. (2021). Efecto de la cocción en la digestión de proteínas y la actividad antioxidante de diferentes pastas de legumbres. *MDPI*. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10010047>
- García, E., Martínez, C., & Alvarado, G. (2018). Nutritional Impacts of Cooking on Legume Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6335-6343. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02551>
- García, L. (2009). *Contenido de taninos condensados en las variedades de Pinto Zapata, Azufrado Higuera, Negro 8025 y Bayo Madero de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) cocidas por calentamiento óhmico*. Santiago de Querétaro.
- Givens, D., & Gibbs, R. (2018). Effect of High-Temperature Cooking on Trypsin Inhibitor Content in Legumes. *Food Chemistry*, 206-213. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.002>
- Gontia, I., Dey, S., & Kapoor, N. (2018). Variability in Glucosinolates Content of Different Bean Varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 114-122. doi:<https://doi.org/10.1007/s11130-018-0662-7>
- H.W. Hsu, D. L. (1977). A muktienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of food science*. XLII(5).
- Hernández, C., Martínez, M., & García, S. (2018). Preservation of Protein Quality in Legumes: Impact of Cooking Methods. *Food Chemistry*, 1014-1022 doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.016>
- Hernández, L., & Morales, J. (2016). Glucosinolates in Legumes: Analysis and Nutritional Implications. *Journal of Food Science and Technology*, 2365-2373. doi: <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9917-2>

- Hernández, L., Martínez, I., & López, M. (2018). Effect of Agronomic Practices on Protein Content in Legume Seeds. *Journal of Agricultural Science*. 892-900. doi:<https://doi.org/10.1017/S0021859618000469>
- Huang, L., Zhang, Z., & Zhang, X. (2019). Effect of Cooking Methods on Glucosinolate Content in Legumes. *Food Chemistry*, 367-375. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.080>
- ISO9167. (2019). Rapeseed and rapeseed meals - Determination of glucosinolates content - Method using high-performance liquid chromatography.
- Jiménez, P. M. (2020). Efectos del cocinado de los alimentos sobre los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante.
- Jood, S., Singh, R., & Kumar, P. (2015). Oxalate Content in Different Varieties of Legumes. *Journal of Food Science and Technology*, 957-963. doi:<https://doi.org/10.1007/s11483-013-9447-4>
- Kaur, S., Singh, N., & Walia, R. (2016). Effect of Cooking Conditions on Protein Content and Quality of Legumes. *Journal of Food Science and Technology*, 3622-3630. doi:<https://doi.org/10.1007/s11483-016-9494-7>
- Kjeldahl, J. (1883). Proceso básico del conocido método actual de análisis de proteínas por el método Kjeldahl, más propiamente, para analizar nitrógeno orgánico.
- Kumar, V., Bhardwaj, R., & Kapoor, A. (s.f.). Influence of Varietal Differences on Urease Stability in Beans. *Plant Science*, 16-24.
- Kumar, V., Sharma, A., & Bhardwaj, R. (2018). Comparative Study of Oxalate Levels in Different Pulses. *Plant Foods for Human Nutrition*, 284-291. doi:<https://doi.org/10.1007/s11130-018-0718-5>
- Lee, J., Park, S., & Kim, Y. (2017). Evaluation of Trypsin Inhibitor Content in Various Bean Varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 2900-2908. doi: <https://doi.org/10.1007/s11483-017-0496-8>
- Li, Y., & Chen, Q. (2020). Impact of Cooking Methods on Enzyme Activity in Legumes. *Journal of Food Science*, 1234-1242. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15080>
- Li, Y., Zhao, Y., & Chen, Q. (2017). Effects of Cooking Methods on Oxalate Content in Vegetables. *Food Chemistry*, 254-260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.051>
- Liu, Y., Wang, T., & Zhang, Y. (2020). Impact of Drying Methods on Trypsin Inhibitor Levels in Legumes. *Food Science & Nutrition*, 6795-6803. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.1856>
- Liu, Z., Zhang, X., & Wang, X. (2018). Effects of Thermal Processing on Urease Activity in Legumes. *Food Chemistry*, 130-136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.148>
- López. (2022). *Caracterización de una colección de entradas de Phaseolus lunatus para composición nutritiva*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/188352>
- López, J., Romero, S., & Moreno, J. (2019). Impact of Cooking Techniques on Protein

Digestibility of Legumes. *Food Chemistry*, 263-270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.024>

- Martínez, C. M. (2016). Antinutrientes proteicos de las leguminosas: tipos, toxicidad y efectos fisiológicos.
- Martini, S., Conte, A., Cattivelli, A., & Tagliazucchi, D. (2021). Domestic cooking methods affect the stability and bioaccessibility of dark purple eggplant (*Solanum melongena*) phenolic compounds. *ELSEVIER, food Chemistry*, 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128298>
- McDonough. (1990). In vitro assay for protein digestibility: Interlaboratory study. J. Assoc. Off. Anal.Chem. *LXXIII*(4).
- Meza-Medina, Aluwi, Saunders, & GanjyaL. (2016). Total saponin content was determined through spectrophotometry.
- Mostacero, L. &. (22 de junio de 2023). *Morfometría de vainas y semillas de Phaseolus lunatus L., ecotipo pallar mochoero*. Obtenido de https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3000
- Naik, V., Patil, N., Aparadh, & Karadge, B. (2014). Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*, *V*(2), 1662- 1672.
- Nieto, C. C. (2022). Panorama actual y perspectivas del cultivo de frejol Lima en Ecuador. *. Siembra*.
- Olguin, M. C., Zingale, M. I., & Revelant, M. (2001). Actividad ureásica en productos de soja. Propuesta de un nuevo método. *SciELO*.
- Ollúa, R. T., Logegaray, V. R., & Chiesa, Á. (2016). Concentración de nitratos en dos tipos comerciales de lechuga (*lactuca sativa* L.) cultivadas con distintas fuentes nitrogenadas. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, ahead*, 0-0. doi:<https://doi.org/10.4067/S0719-38902016005000004>
- Ramírez, J. E., Martínez, M. D., & Fernández, P. (2020). Influence of Cooking Methods on Trypsin Inhibitor Levels in Legumes. *Journal of Food Science*, 1520-1528. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15023>
- Reddy, B., & Rao, J. (2019). Effect of Thermal Processing on Glucosinolates in Legumes. *Food Chemistry*, 258-265. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.094>
- Silva, L., Oliveira, J., & Pereira, A. (2020). Correlation Between Initial Nitrate Content and Its Loss During Cooking. *Plant Foods for Human Nutrition*, 321-329. doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00871-7>
- Silva, L., Oliveira, J., & Pereira, A. (2020). Impact of Soil Nitrogen Levels on Nitrate Concentration in Leguminous Crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3375-3382.
- Solano, H. (1997). *Efecto de diferentes concentraciones de taninos sobre la flora micribiana ruminal y en la degradabilidad in vitro del forraje de alfalfa*. Monterrey, Nuevo Leon.

- Srinivas, K., & Reddy, P. (2019). Impact of Cooking on Oxalate Levels in Legumes. *Journal of Food Science and Technology*, 3211-3218.
- Villacrés, E., Quelal, M. B., Álvarez, J. & Peralta, E. (2023). Fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L) en Ecuador: calidad nutricional y potenciales beneficios para la salud humana. *In: El fréjol torta o pallar Phaseolus lunatus L. en Ecuador*. Martínez-Castillo, J., Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. 65-86.
- Wang, H., Zhang, Y., & Yang, S. (2018). Nitrate Accumulation in Legumes: Effects of Soil and Fertilization. *Field Crops Research*, 105-112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.017>
- Wang, S., Zhang, X., & Lu, H. (2021). Thermal Processing Effects on Protein Composition in Leguminous Crops. *Journal of Food Processing and Preservation*. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15384>
- Williams, J., Jones, M., & Smith, A. (2017). Varietal Differences in Nitrate Accumulation in Leguminous Plants. *Plant Nutrition and Soil Science*, 823-830. doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700012>
- Wu, X., Wang, Y., & Zhao, X. (2020). Retention of Glucosinolates in Legumes: Impact of Cooking Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5649-5657. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02741>
- Zhang, X., Li, Y., & Wang, J. (2020). Health Benefits and Stability of Glucosinolates in Processed Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4526-4535. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01571>
- Zhao, Y., Liu, X., & Li, Y. (2019). Effect of Cooking on Nitrate Content in Legumes. *Food Chemistry*, 148-155. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.095>

CAPÍTULO XIII



Epílogo

Importancia del fréjol pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en el contexto de las leguminosas de grano comestible en Ecuador

Eduardo Peralta Idrovo¹

¹ Investigador independiente, exINIAP, Quito, Ecuador
peraltaedu55@gmail.com

Resumen

En los sistemas de producción agrícola de Ecuador, el grupo de plantas pertenecientes a la familia de las Fabaceas o Leguminosas constituye un componente importante y por ende del régimen alimentario ecuatoriano. Para visibilizar la importancia y ponerlo en valor al fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) es sustancial observar a la especie dentro del contexto de este grupo de legumbres tanto originarias o andinas como introducidas o andinizadas. Por lo que, con el objetivo de promover la investigación, producción, consumo, agroindustria y exportación de *lunatus* se consideró sustancial para este fin, agregar, resumir, ampliar y compilar algunos aspectos que no han sido publicados en los capítulos precedentes de este libro. De esta forma, los interesados en dinamizar a este cultivo y alimento dispondrán de información histórica, técnica y de investigación generada por estudiosos ecuatorianos, con el respaldo bibliográfico y de científicos internacionales relacionados -escrito a manera de un epílogo-.

Palabras clave: Fabaceas, sistemas de cultivo, germoplasma, variedades, consumo, valor nutricional.

Abstract

In Ecuador's agricultural production systems, the Fabaceae or Legume family constitutes an important component of the Ecuadorian diet. To highlight the importance and value of the lima bean (*Phaseolus lunatus* L.), it is essential to examine this species within the context of this group of legumes, both native (Andean) and introduced (Andeanized). Therefore, with the aim of promoting research, production, consumption, agro-industry, and export of the lima bean, it was deemed important to add, summarize, expand upon, and compile certain aspects not published in the preceding chapters of this book—written as an epilogue. In this way, those interested in revitalizing this crop and food will have access to historical, technical, and research information generated by Ecuadorian studies, supported by bibliographic sources and contributions from related international scientists.

Keywords: Fabacea, cultivation systems, germplasm, varieties, consumption, nutritional value.

1. Introducción

Cada vez es más frecuente informarse sobre la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios en el mundo y de los efectos perjudiciales del cambio climático. A esto se suma el crecimiento demográfico constante y como un denominador común de los pueblos de países en vías de desarrollo, una mayor pauperización de sus habitantes y, por ende, un menor acceso a alimentos –entre tantos– lo que nos lleva a poner mayor atención en otras especies de plantas subexplotadas que pueden contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional.

Si bien el Ecuador por su ubicación geográfica, orografía y otros factores, dispone de una amplia riqueza agro-biodiversa, no deja de ser importante repotenciar a muchas especies de plantas alimenticias desatendidas, que con un relativo esfuerzo pueden sumar al abanico de posibilidades de uso alimentario y bienestar de sus habitantes.

Este patrimonio genético vegetal se encuentra distribuido en las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonia y Galápagos, los mismos que presentan una vocación agrícola y ganadera tradicional –en cada una– practicada de acuerdo con el ambiente, economía, clima, suelos, agua y costumbres, propios del territorio. La actividad agrícola se practica desde el nivel del mar hasta los 3.500 m de altitud, aproximadamente. En la Costa sobresalen los cultivos de banano, arroz, maíz duro, café, cacao, caña de azúcar, palma africana, frutas tropicales, hortalizas, entre otros; en la Sierra prevalecen el maíz suave y duro, papa, fréjol común, trigo, cebada, hortalizas, frutas, etc.; en la Amazonia están el maíz, plátano, palma africana, yuca, papa china, frutas, etc. y en las Galápagos unos pocos cultivos de tipo tropical (INIAP, 2009).

En los sistemas de producción practicados principalmente por medianos y pequeños productores de estas regiones se producen otras especies de plantas útiles de tipo alimenticio, medicinal, maderable, pasturas, etc., que son cultivadas solas o asociadas; dando como resultado una gran riqueza agro-biodiversa; tanto de cultivos de origen andino o americano como de los cultivos introducidos o andinizados.

En este patrimonio vegetal alimenticio con decenas de especies y variedades se encuentra el grupo de las leguminosas de grano comestible. En el país se cultivan y consumen por lo menos 17 especies entre originarias e introducidas: 13 en la Sierra; 8 en la Costa; 4 en la Amazonia y 6 en las islas Galápagos (Peralta, et al. 2019), (Tabla 1). Algunas especies son muy importantes por demanda y superficie cultivada y otras son producidas por los agricultores que practican la agricultura familiar campesina, con muchas limitaciones de tipo técnico, principalmente.

Las leguminosas subutilizadas y desatendidas podrían contribuir a mejorar los medios de vida de la población de diferentes maneras, entre ellos, diversificando los sistemas de producción, mejorando la nutrición, garantizando la seguridad alimentaria, estableciendo nuevos mercados, estabilizando los ecosistemas y proporcionando reemplazos para la supervivencia de los cultivos en condiciones de estrés (Adebo, 2013).

Dentro de la heredad genética vegetal y para esta narrativa nos enfocaremos en las cuatro especies del género *Phaseolus* que se conservan y cultivan en las cuatro regiones geográficas: el fréjol común o poroto, arbustivo y voluble *Phaseolus vulgaris* L.; los popayanes o fréjol escarlata y de toda la vida *Phaseolus coccineus* L., el *Phaseolus dumosus* Mac., y con especial énfasis el fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.), (Peralta, et al. 2019).

Tabla 1. Especies de leguminosas de grano comestible cultivadas en Ecuador

LEGUMINOSAS DE GRANO CULTIVADAS EN ECUADOR				
SIERRA		COSTA		
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	
Fréjol común/poroto (voluble y arbustivo) Chocho Tortas / haba pallar Popayán o escarlata Popayán o fréjol del año Maní Porotón	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet <i>Phaseolus lunatus</i> L. <i>Phaseolus coccineus</i> L. y <i>Phaseolus dumosus</i> Mac. (<i>P. polyanthus</i> L.) <i>Arachis hipogea</i> L. <i>Erythrina edulis</i> (Triana)	Fréjol común (arbustivo) Tortas/haba pallar Maní	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Phaseolus lunatus</i> L. <i>Arachis hipogea</i> L.	N A T I V O
Arveja Haba Lenteja Lenteja pusa Habilla / almorta Fréjol de palo/gandul Sarandaja	<i>Pisum sativum</i> L. <i>Vicia faba</i> L. <i>Lens culinaris</i> M. <i>Vicia</i> sp. <i>Lathyrus sativus</i> L. <i>Cajanus cajan</i> L. <i>Dolichos lablab</i> L.	Caupí Caupí verdura Gandul/fréjol de palo Fréjol alegre Soya	<i>Vigna unguiculata</i> L. <i>Vigna</i> spp <i>Cajanus cajan</i> L. <i>Vigna</i> spp <i>Glycine max</i> L.	I N T R O D U C I D O
AMAZONIA		GALÁPAGOS*		
Fréjol común (voluble) Tortas / haba pallar Popayán	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Phaseolus lunatus</i> L. <i>Phaseolus coccineus</i> L. y <i>Phaseolus dumosus</i> Mac.	Fréjol común (arbustivo) Tortas / haba pallar	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Phaseolus lunatus</i> L.	N A T I V O
Caupí	<i>Vigna</i> sp.	Gandul/fréjol de palo Arveja Sarandaja Mungo * Información DENAREF-INIAP, 2017	<i>Cajanus cajan</i> L. <i>Pisum sativum</i> L. <i>Dolichos lablab</i> L. <i>Vigna radiata</i> L.	I N T R O D U C I D O

Fuente: Peralta, et al. (2019), actualizado 2025.

2. El género *Phaseolus* en Ecuador

2.1. *Phaseolus vulgaris* L.

Históricamente y desde el punto de vista social, económico, ambiental, de producción y consumo, el fréjol común o poroto (*P. vulgaris* L.) es la especie más importante, cultivada principalmente en la Sierra, tanto asociado con maíz (hábito IV) o en cultivos solos (hábito I o II); en menor grado en la Costa y muy poco en la Amazonia y Galápagos.

Las estadísticas oficiales del Ministerio de Agricultura (MAG-PRSA) de los años de 1981 a 1993 daban cuenta de una superficie cosechada de 56.697 ha, de las cuales el 82% se

cosechó en grano seco y el 18% en grano tierno, con un rendimiento de 546 kg/ha en seco y 1519 kg/ha en tierno (Peralta, 1995).

Relacionado con el cultivo en Ecuador, Voysest (1999) señala que el fréjol común es la especie de leguminosa más cultivada y consumida en el país, tanto en grano seco como en grano tierno y menciona un área total sembrada de 76.370 ha, de las cuales, 31.610 ha (41%) son de fréjol voluble, asociado con maíz y 44.760 (59%) de fréjol arbustivo en monocultivo; el 90% del área sembrada en la Sierra y el 10% en Costa. Sobresalen 29 mil ha/año de fréjol rojo moteado que es exportado de manera informal a Colombia.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, a través de la “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), para el año 2023 informó de 32.000 ha de fréjol sembradas en el país, de las cuales 23.000 fueron destinadas a grano seco y 9.000 a grano verde o tierno. Por las estadísticas, existe un decrecimiento en la superficie cultivada.

Estos indicadores de superficie sembrada, cosechada, rendimientos, estados de cosecha, consumo y exportación, hicieron del fréjol común una especie de prioridad en los planes y programas de los gobiernos y por ende en la investigación agrícola encargada al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) desde la década del 70. Por lo que, es un rubro de interés económico, ecológico y social producido por miles de pequeños y medianos productores.

Con esta responsabilidad, el INIAP, a través de los programas de investigación en leguminosas de las Estaciones Experimentales Santa Catalina en Pichincha y Chuquipata/Austro en Cañar y Azuay, mantuvieron una generación sostenida de variedades mejoradas y de recomendaciones técnicas para un mejor manejo en campo, de cosecha y postcosecha; con énfasis en el periodo comprendido entre 1993 y 2014.

El INIAP a través de las E.E. Santa Catalina y Austro, en este periodo (dos décadas), entregó a los agricultores serranos cinco variedades de fréjol voluble y 22 de fréjol arbustivo (Peralta, et al. 2014; Voysest, 1999), (Figuras 1, 2) y en Costa la Estación Boliche entregó una variedad para la cuenca baja del río Guayas. A las variedades mejoradas se agregó las recomendaciones para producir semilla de buena calidad con procesos de certificación y de manera no convencional (artesanal).

La mejor variedad de fréjol de tipo arbustivo liberada para los valles de la Sierra fue la INIAP 484 Centenario (Murillo, et al. 2012), de grano grande de color rojo moteado con crema; una variedad generada en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRO-NALEG-GA) en la E. E. Santa Catalina. La variedad fue obtenida por el método de hibridación (cruza y retrocruza) y selección; presenta resistencia múltiple a cuatro enfermedades foliares: roya (*Uromyces appendiculatus*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y mancha angular (*Phaeoisariopsis grisola*), para lo cual se usaron las mejores fuentes de resistencia genética disponibles; y, a también resistencia a pudrición de raíz (*Fusarium oxysporum*); y, además presenta un alto rendimiento en grano seco (2.150 kg/ha). Trece años después, la variedad se sigue cultivando en los valles del río Chota y Mira (Carchi e Imbabura) y mantiene la resistencia genética, contribuyendo a disminuir las aplicaciones de agroquímicos y los costos de producción (Figura 1).

Junto con las variedades mejoradas por selección e hibridación, el INIAP divulgó también las características agronómicas, morfológicas, de resistencia o tolerancia a enfermedades

y plagas, nutricionales, índice de calidad para enlatado y la huella de “ADN Finger print” para cada variedad (Peralta, et al. 2014). En 2013, publicó la tercera edición del Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas, conteniendo información de los cultivos, variedades y costos de producción; publicación que, en 2024, con motivo del 65 aniversario del Instituto, fue reconocida como la de mayor número de visualizaciones (4768); ubicada y disponible en el repositorio digital de la Institución (INIAP, 2024).



Figura 1. Muestra de semilla de fréjol arbustivo de variedades mejoradas en el INIAP y de algunas variedades tradicionales de la Sierra ecuatoriana (Fotografía: E. Peralta, 2010, 2014).



Figura 2. Muestra de semilla de variedades de fréjol voluble mejoradas en el INIAP, de variedades tradicionales (amazonia) y sistemas de cultivo en los valles de la Sierra (Fotografía: E. Peralta, 1999, 2013).

2.2. *Phaseolus lunatus* L.

Tratando de establecer un orden de importancia de las especies de *Phaseolus* en Ecuador, el segundo lugar ocupa el fréjol torta, conocido también como pallar, haba pallar, haba manaba o habichuelas (*P. lunatus* L.), cultivado en la Sierra y en la Costa. En la Sierra, se caracteriza por su bajo consumo como alimento debido al contenido de sustancias amargas y más bien está orientado a los juegos ancestrales con las tortas, abundante en variedades que presentan semillas multicolores de diferente tamaño; mientras que en el centro de la Costa (Manabí y sus alrededores), desde hace siglos se cultiva y consume en estado tierno y seco, con granos de color blanco, de tamaño grande a pequeño.

En las estadísticas oficiales del INEC (1975), se asignó a Manabí una superficie de 60 ha cosechadas y 74 t de producción. En el año 2023 el INEC-ESPAC establecieron datos para haba tierna en tres provincias de la Costa; se asume que se trata de *P. lunatus* L. y, al ser así, se hace evidente la presencia del cultivo en tres provincias costeñas con una superficie cosechada de 619 ha (INEC, 2023), (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie sembrada, cosechada, producción y ventas de haba tierna (pallar) en tres provincias de la Costa. 2023.

Producción de haba tierna en Costa				
Provincia	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Producción (tm)	Ventas (tm)
Manabí	559	553	762	747
Esmeraldas	28	28	8	8
Guayas	38	38	51	51

Frente a la importancia económica y social del cultivo del pallar o haba manaba en esta provincia costeña (Manabí), el INIAP a través de la Estación Experimental Portoviejo contribuyó con recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo de haba pallar con maíz en asociación (Arroyave, 1987) y la entrega de dos variedades mejoradas por selección, para siembras de invierno y verano (Mendoza y Linzán, 1992, 1993).

A la época, el programa de investigación en leguminosas ya no existe en la E. E. Portoviejo, pero se conserva la colección de germoplasma de haba pallar y habichuela.

Para conocer la situación actual del cultivo y uso de la especie en este territorio, en el año 2022 se levantó una encuesta a productores de esta leguminosa ubicados en el valle del río Portoviejo y sus alrededores, de donde se desprendió la importancia que tiene el cultivo y uso tanto en los hogares de los productores como en los mercados urbanos de la provincia y otros cercanos en ciudades de la Costa ecuatoriana (Zambrano y Peralta, 2023).



Figura 3. Flores, planta trepadora y muestra de semilla de variedades de fréjol torta, pallar, haba manaba o habichuela en Ecuador (Fotografía: E. Peralta, 2019).

2.3. *Phaseolus coccineus* L.

La especie *P. coccineus* conocida como fréjol popayán o escarlata es poco cultivada y consumida en la Sierra, pero se conservan en huertas, jardines, cercas vivas, quebradas y taludes de carreteras de manera natural (Figura 4).

Sin embargo, en las dos últimas décadas se ha verificado que esta especie está formando parte del sistema de producción asociado con el maíz en la Sierra. Esta observación se ha realizado en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Cañar, Azuay y Loja. Una explicación de parte de un agricultor lojano, del porqué de la sustitución de las variedades de fréjol común de tipo voluble o trepador –que tradicionalmente se cultiva en el sistema de producción– fue porque “es más resistente a las enfermedades, al invierno y da seguridad de cosecha en grano tierno o seco para el consumo familiar”.

Semillas o grano comercial de esta especie no se encuentra en los mercados locales, como las especies antes mencionadas, solamente se encuentra en las ferias anuales de intercambio de semillas en Cotacachi, Imbabura (Ramírez y Willians, 2003).



Figura 4. Flores, muestra de semilla de variedades de fréjol popayán o escarlata y planta en asociación con maíz en Loja (Fotografía: E. Peralta, 2019).

2.4. *Phaseolus dumosus* Mac.

Finalmente, la especie *P. dumosus* Mac. (antes *P. polyanthus* L.) conocida como popayán o fréjol del año es la menos conocida y usada como cultivo y consumo, apenas se encuentra en forma natural a orillas de las carreteras en las estribaciones de las cordilleras hacia la Costa o la Amazonía (Figura 5)



Figura 5. Planta trepadora, flores, vainas y semilla de una variedad de fréjol popayán (*P. dumosus* Mac.) observada entre Papallacta y Baesa (Napo) en Ecuador (Fotografía: E. Peralta, 2019).

3. Breve historia del fréjol torta o pallar en Ecuador

3.1 Historia antigua

En el Reino de Quito, cuyo territorio corresponde al actual Ecuador continental, el fréjol torta o pallar se cultivó y usó en la alimentación de las poblaciones que ocuparon zonas ubicadas en los valles de la Sierra, en valles y áreas de la Costa y en territorios amazónicos u orientales (Estrella, 1998), (Figura 6), con una amplia variabilidad genética en cuanto a hábito de crecimiento (enanas, rastreras o trepadoras), ciclos de vida (anual, bienal o perenne); de semillas de diverso tamaño (grandes, medianas y pequeñas,), de colores múltiples (entero o bicolor); donde las preferidas fueron las variedades perennes de grano grande.

En la Costa:

Cuando los españoles llegaron a territorios que hoy son la provincia de Esmeraldas en la parte norte del de la Costa ecuatoriana, encontraron en Atacames unas “habas de comer” –probablemente los pallares– pues las semillas de haba (*Vicia faba* L.) fueron introducidas por los conquistadores años más tarde; especie que se adaptó en localidades de clima frío de la Sierra (Oviedo, 1959, citado por Estrella, 1998). Posiblemente les comparaban y reconocían como tales por el tamaño y color del grano tierno.

Más hacia el sur, en la Costa central, en territorios que hoy comprenden la provincia de Manabí, la ciudad y el valle del río Portoviejo, los españoles encontraron “muchas legumbres y habas”, las mismas que se diferenciaban por muy poco con las de España, pero que eran de “mucho sustento” y las más cultivadas en el siglo XVIII (Montufar y Fraso, 1890, citado por Estrella, 1998).

En la Sierra:

Para la región interandina o Sierra, los cronistas mencionan a la comarca de Paute, ubicada en la actual provincia del Azuay, donde resaltan que los indios comían “frísoles grandes y pequeños”; los grandes pueden estar relacionados con los pallares (Estrella, 1998). Cordero (1950), respecto de *P. lunatus*, señala que produce unos granos que decimos pallares o tortas, y es de vegetación indefinida; no es tan útil como el fréjol común, y se lo tiene más bien como un vegetal curioso, aunque se aproveche alguna vez de su fruto, especialmente cuando tierno.

En la Amazonia:

En la región oriental o Amazonía son mencionadas las localidades de Zamora, en la que los nativos comían frísoles grandes “a manera de habas en 1573” y que en el siglo XVIII son mencionados como cultivos frecuentes en las naciones de Sima, Simagaes, Andoas y Canelos (Estrella, 1998). Pazos (2018), cita al Padre Juan de Velasco para señalar que entre otros tipos de fréjol se encontraban los pallares, por ser más grandes, anchos o chatos.

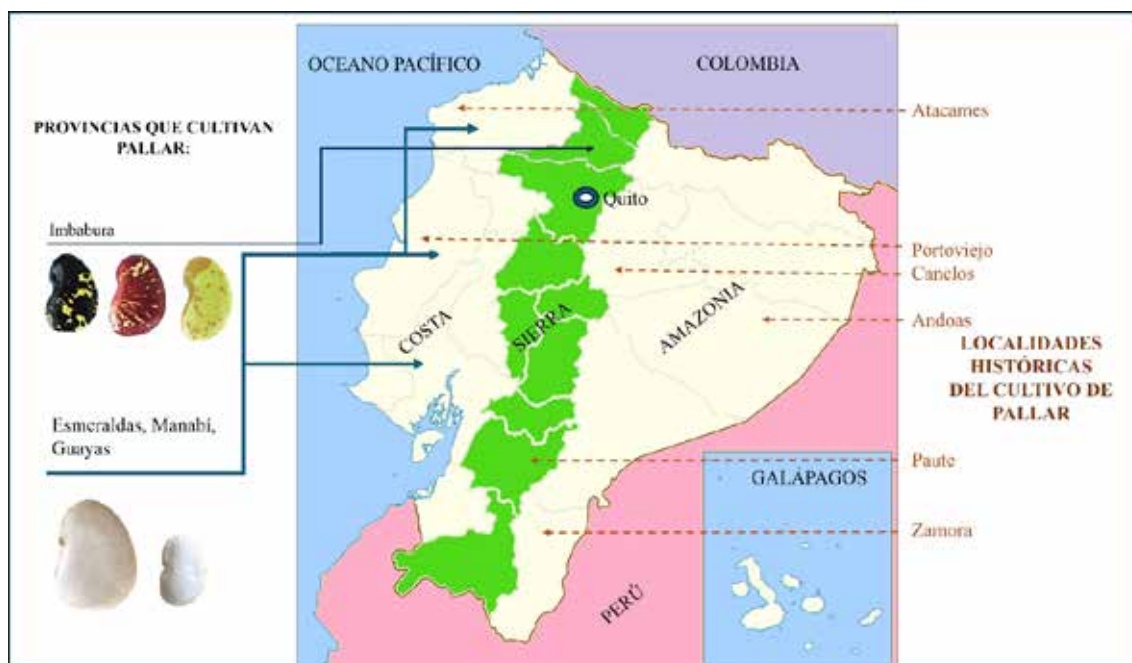


Figura 6. Localidades históricas y actuales en las que el cultivo del fréjol palla o torta (*P. lunatus* L.) fue y sigue siendo importante como cultivo, alimento y en los juegos ancestrales (Elaboración: E. Peralta).

Importancia alimentaria en el pasado:

Con relación al uso o consumo del palla como alimento, se cree que esta costumbre siempre debió estar ligada a otras especies, entre ellas al fréjol común o poroto (*P. vulgaris* L.), ya que comparten los eco ambientes en los que se domesticaron, seleccionaron o cultivaron en territorios de los Andes.

La manera costumbrista de consumirlos fue del grano en estado tierno o verde y en grano seco o maduro (Estrella, 1998), costumbre que se mantiene por cientos de años en la provincia de Imbabura. Luz M. Menacho en el año 2017 dio un testimonio en su hogar y chakra, cuando mostró y explicó como cultivan y consumen los granos secos y tiernos de los fréjoles de *P. lunatus* L., *P. vulgaris* L. y *P. coccineus* L. Para el *lunatus*, cultivado en los linderos y cercas de su huerta, identificó a las plantas con vainas verdes picadas por los pájaros e indicó que éstas son las que cosechan primero, pues no son amargas y están listas para el consumo. ¡Los pájaros son un indicador del momento y la variedad de palla a cosechar! señaló Luz María!

Pazos (2018), cita a Mario Cicala, sacerdote jesuita que, en 1771, planteó una clasificación del poroto americano, entre los que se encontraban el palla, a quien le caracterizó por poseer una cáscara o cubierta del grano delgada de color blanco al igual que la médula (cotiledones), que al cocinar crece en tamaño y es de sabor muy agradable.

Una evidencia de calidad de que los antiguos pobladores del Reino de Quito —antes de la conquista Inca y española— hacían parte de su alimentación al fréjol o poroto, al maíz, la calabaza, la quinua y otros, fue confirmado con el hallazgo en excavaciones realizadas por el arqueólogo Rodrigo Erazo en el año 2006 (Erazo, 2013, Peralta, et al. 2019) en el complejo arqueológico de Rumipamba (Altamira) ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito.

Frente a la imposibilidad de determinar a qué especie correspondía la muestra de semillas de una leguminosa carbonizada a través del ADN –pues este se encontraba totalmente deteriorado– acudió al INIAP (2010) para por comparación con muestras de las tres especies de *Phaseolus* conservadas en el banco de germoplasma, poder asumir una aproximación de correspondencia. Se realizó la comparación y la sugerencia fue que por el tamaño y la forma se parecía a un poroto o fréjol común (*P. vulgaris* L.) (Figura 7).

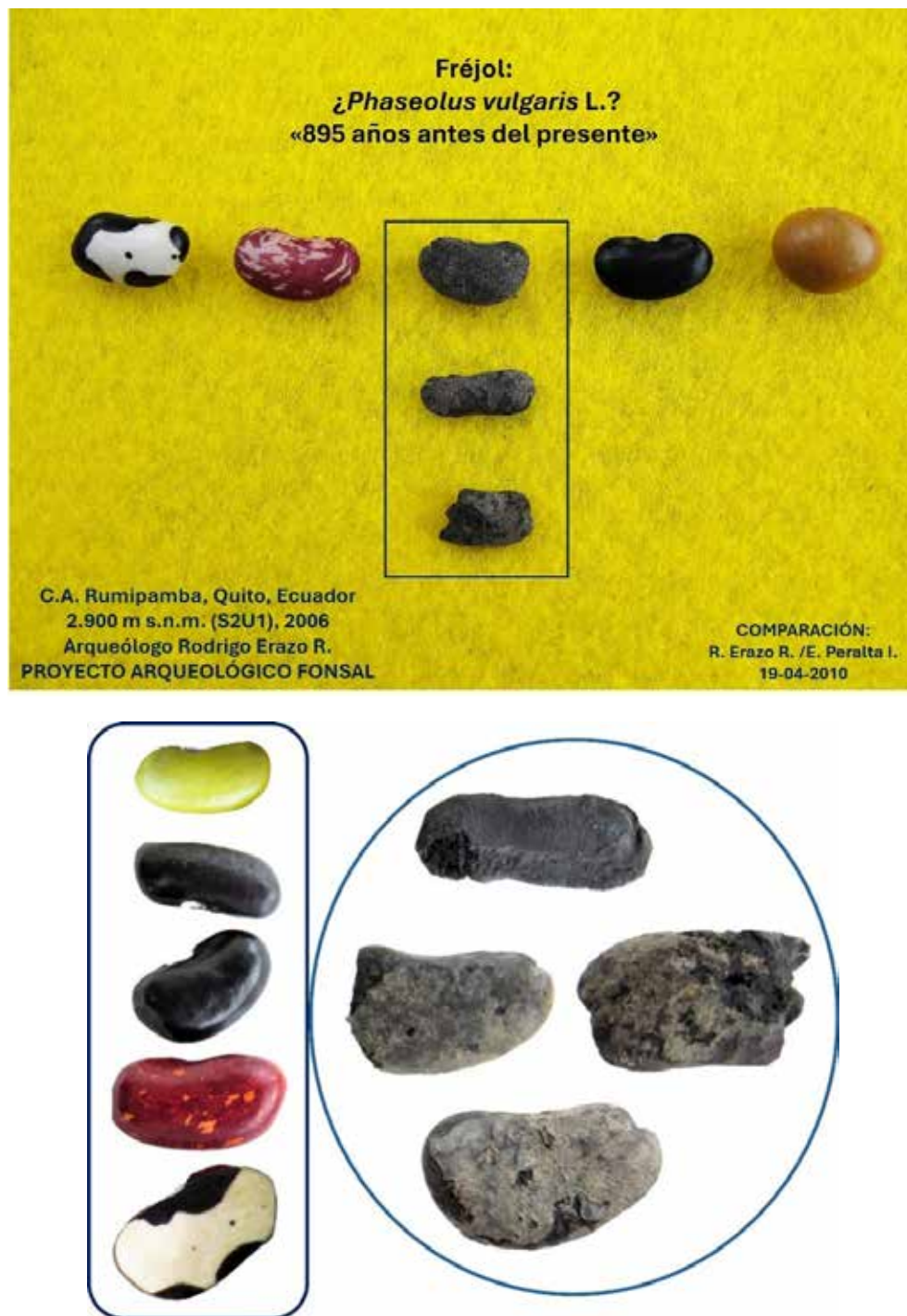


Figura 7. Muestra de semillas de fréjol común frente a una muestra antigua encontrada en el Complejo Arqueológico de Rumipamba en Quito, Ecuador (Fotografía: E. Peralta, 2010, 2023).

3.2. Historia reciente

Para justificar en la teoría y en la práctica, el ¿por qué se debe investigar, fortalecer y desarrollar el cultivo y consumo del fréjol torta o pallar en Ecuador?, es relevante rescatar lo siguiente: “*Los antiguos pobladores ecuatorianos estuvieron ocupados domesticando otra leguminosa en vez del fréjol común: la torta (Phaseolus lunatus L.), pues estaban divirtiéndose, jugando con ésta y practicando la selección*”. Ésta fue la hipótesis planteada por Debouck (1995) en la V Reunión de Leguminosas de la Zona Andina organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Ibarra-Imbabura, Ecuador; la cual sirvió como otra motivación para levantar las encuestas sobre la lúdica y los juegos usando semillas de fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia (Peralta, et al. 2019). Entre estos fréjoles se encuentra el pallar o torta de múltiples colores, tamaños y formas, con un rol protagónico en esta costumbre ancestral usando las simientes de las cuatro leguminosas alimenticias. Pocos años más tarde, Debouck y otros científicos demostraron su doble domesticación independiente, confirmando así, que uno de los centros de origen de *P. lunatus* se encuentra en las estribaciones de la cordillera de los Andes entre Ecuador y el Perú (Debouck, et al. 1987, 1989; Gutiérrez-Salgado, et al. 1995; Motta-Aldana, 2010).

Con todo este legado, en Ecuador, *P. lunatus* L. sigue siendo un cultivo marginal, subexplotado y desatendido, pues no constituyó una especie objetivo de investigación y desarrollo estatal en el INIAP o en las universidades, como fue el caso de fréjol común, por las razones antes expuestas; excepto por un periodo corto de investigación en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP en la provincia de Manabí. Sin embargo, en la línea del tiempo alrededor de esta especie en Ecuador, existen actividades recientes que ameritan mencionarse, ya que contienen información importante que serviría de antecedentes para formular proyectos o programas de investigación y desarrollo:

- a. La publicación del libro titulado: El fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador, 2023, conteniendo seis capítulos sobre la especie y publicado de manera digital en la Red Internacional Lunatus y otras plataformas (Martínez-Castillo y Peralta, 2023). 133 p.
- b. La ejecución del II Simposio Internacional sobre el frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.): retos y perspectivas ante escenarios de cambio climático, organizado por el Instituto de Investigación en Etnociencias de la Universidad Central del Ecuador (Quito) y el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. de México, en junio de 2022 (Martínez-Castillo y León, 2022). Memoria: 20 resúmenes, 38 p.
- c. La publicación del libro titulado: “Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia”, publicado en 2019, en el que se compila información sobre el uso social que se dio a *P. lunatus* L. y otras especies de fréjol en los Andes (Peralta, et al. 2019). 213 p.
- d. La liberación de dos variedades mejoradas de haba pallar, generadas por el Programa de Leguminosas de la Estación Experimental Portoviejo en la provincia de Manabí en 1992 / 1993 y las recomendaciones de manejo agronómico de la asociación maíz-haba pallar en 1987 (Mendoza y Linzán 1992, 1993; Arroyave, 1987). Divulgativos.

- e. La colección de 193 entradas de tortas o pallares iniciada en 1989, que se conserva en el banco nacional de germoplasma del INIAP, en la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada al sur de Quito (Murillo, et al. 2023).
- f. La tercera edición del libro: “El Pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador” del Dr. Eduardo Estrella, auspiciada por FUNDACYT en 1998; transcrita y corregida de la 1ª impresión madrileña (1986), en el cual se compila valiosa información histórica de las especies. 257 p.

4. Importancia en la agro-diversidad, economía, ecología y en lo social, dentro del contexto de las leguminosas comestibles

Los cultivos de leguminosas que pertenecen a la familia Fabácea, en particular las que producen grano comestible de consumo directo o transformado (aceite), tienen una enorme importancia en el ámbito de la biodiversidad, de la economía, de lo ambiental o ecológico y lo social. En Ecuador se han identificado por lo menos 17 especies (Tabla 1) que se cultivan con fines de consumo nacional, exportación y agroindustria; siete de estas especies son de origen andino o americano, cuatro corresponden a *Phaseolus* y 10 fueron introducidas desde el tiempo de la colonia y se adaptaron a las condiciones tropicales, subtropicales y alto andinas en las cuatro regiones naturales del país.

En la Tabla 3 se presenta un inventario de las especies más conocidas de leguminosas de grano comestible cultivadas en mayor o menor escala, es decir desde aquellas que se producen en miles de hectáreas por año o por ciclo y aquellas que se cultivan en hileras o surcos en una chakra o huerta de agricultura familiar; a la vez, se registra el número de colectas o accesiones que se conservan en el banco de germoplasma a cargo del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP (Monteros, et al. 2018), junto a otras leguminosas poco o nada conocidas en el país, que forman parte del patrimonio genético nacional.

Este grupo de fabáceas cuenta con 6.450 accesiones, de las cuales 2.982 (46 %) pertenecen al género *Phaseolus* y dentro de éste, el 87,2 % es *P. vulgaris* L.; 6,6 % es *P. lunatus* L.; 5,9 % es *P. coccineus* L. y 0,3 % corresponde a *P. dumosus* Mac. o *P. polyanthus*.

Estas colecciones revelan de alguna manera la variabilidad, la importancia y el peso específico que mantienen dentro de la agrobiodiversidad disponible, en donde sobresale el fréjol común (*P. vulgaris*), seguido por *P. lunatus* y *P. coccineus*.

Desde el aspecto económico –históricamente– por la superficie cultivada, producción, distribución, consumo, agroindustria y exportación resaltan el fréjol común, seguido del fréjol pallar o haba manaba por la producción y el consumo en la región Costa, principalmente en la provincia de Manabí; por lo que pueden ser considerados de valor estratégico en la seguridad alimentaria.

Al ser plantas fijadoras de nitrógeno, juegan un papel preponderante en la fertilidad de los suelos, de la misma manera que en los sistemas de rotación y asociación de cultivos.

En lo social, específicamente, el fréjol torta o pallar se conserva a nivel de la Sierra, en la provincia de Imbabura donde juega un rol protagónico en los juegos ancestrales de sus pueblos y muy poco en la alimentación. En el capítulo 3 de este libro, se abunda en información relacionada con la lúdica y el juego con los fréjoles.

Tabla 3. Nombre común, nombre científico y número de colectas de especies de leguminosas de grano comestible conservadas en el banco de germoplasma del INIAP, Ecuador.

BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP – ECUADOR				
-leguminosas de grano comestible-				
Nombre común	Nombre científico	NÚMERO DE ACCESIONES		
		Est. Exp. Santa Catalina	Est. Exp. Portoviejo	Est. Exp. Litoral Sur
Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	251		
Caupí	<i>Vigna</i> sp.	4	56	
Chocho/tarwi	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet	398		
Fréjol común	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	2465		136
Fréjol pallar	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	193	5	
Fréjol escarlata	<i>Phaseolus coccineus</i> L.	176		
Fréjol popayán	<i>Phaseolus dumosus</i> Mac.	7		
Gandul	<i>Cajanus cajan</i> (L) Millsp	8		
Haba	<i>Vicia faba</i> L.	294		
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i> L.	150		
Habilla	<i>Lathyrus</i> sp.	1		
Lenteja	<i>Lens culinaris</i> M.	253		
Lenteja pusa	<i>Vicia</i> sp.	4		
Maní	<i>Arachis hipogea</i> L.		99	136
Mungo	<i>Vigna mungo</i> (L) Hepper	s/a		
Porotón	<i>Erythrina edulis</i> (Triana)	s/a		
Sarandaja	<i>Dolichos lablab</i>	38		
Soya	<i>Glycine max</i>	228		227
TOTAL		6450	160	272

Fuente: INIAP, 2018

Elaboración: E. Peralta, 2025 s/a= sin accesión

De las 193 accesiones de *P. lunatus* del banco de germoplasma del INIAP, 186 fueron colectadas en 10 provincias de la Sierra y tres en la Costa, entre los 47 y 2.800 m de altura. En la región serrana, sobresalen las provincias de Imbabura con 69 colectas (37,1%), seguida de la provincia del Azuay con 29 (15,6%), mientras que en la región Costa sobresale Manabí con cinco entradas (2,7%), (Figura 8).

Las provincias amazónicas no registran colecciones en el banco, sin embargo, en 2019 se tuvo evidencia fotográfica de la existencia de plantas de *lunatus* en la provincia del Napo, cantón Tena, parroquia de Chontapunta (360 m s.n.m.) (Peralta, et al. 2019). En Manabí, en la encuesta realizada a productores de haba pallar y habichuela, informaron de la existencia de por lo menos nueve variedades en uso (Zambrano y Peralta, 2023).

Estos testimonios son un indicador de que todavía existen áreas para coleccionar en el país y que la diversidad puede ser mayor.

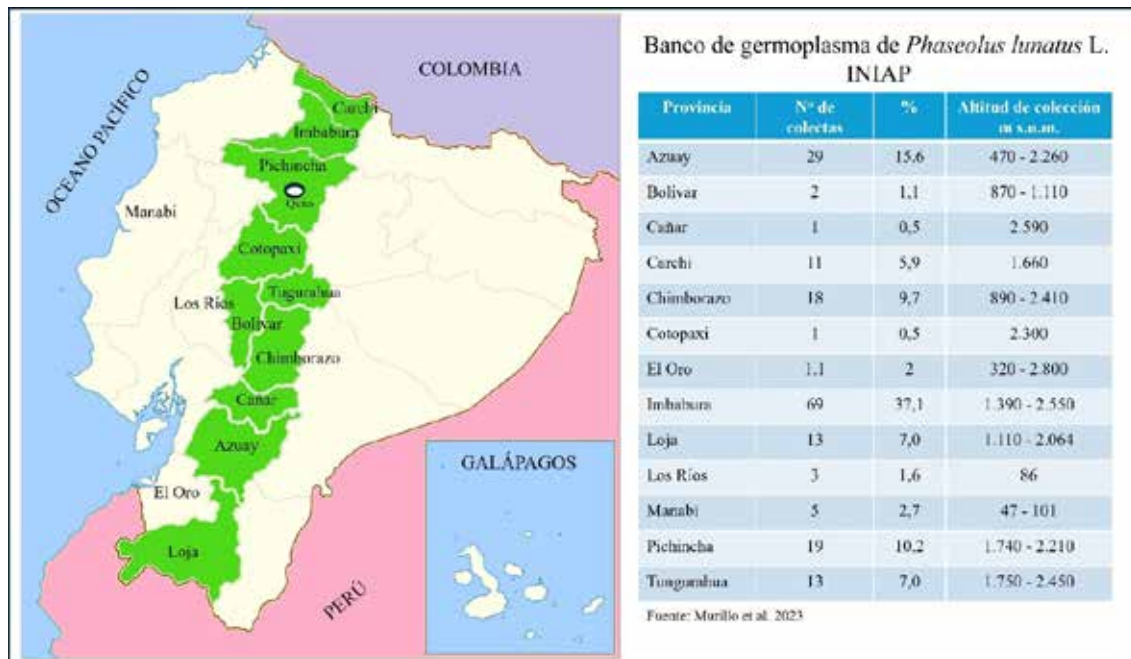


Figura 8. Provincias, número de colectas, porcentaje y altitud de colección del banco de germoplasma de fréjol torta o pallar en Ecuador (Elaboración: E. Peralta, 2025).

5. ¿Cómo se cultiva y consume el fréjol pallar en Ecuador?

5.1. En la región Costa:

5.1.1. Situación actual del haba pallar en Manabí: el cultivo

Para publicar la primera edición del libro “El fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador” (2023), se realizó una encuesta a 35 agricultores de Manabí con el objeto de levantar información actualizada sobre el cultivo, mercado y consumo de esta especie en la provincia (Zambrano y Peralta, 2023).

Los resultados más relevantes con información proporcionada por los agricultores fueron:

- ❖ Cultivan pallar por más de 50 años, usando diferentes arreglos de siembra y en rotación de cultivos, en época de invierno y de verano.
- ❖ Siembran en surcos o en hoyos, con tutores o asociado con maíz.
- ❖ Identificaron cuatro variedades de haba pallar y cinco de habichuela.
- ❖ La costumbre de cultivar la heredaron de sus abuelos.
- ❖ Para el cultivo realizan una serie de prácticas.
- ❖ La cosecha la efectúan entre los tres y cuatro meses después de la siembra.
- ❖ La mayoría produce para el consumo familiar y el mercado.
- ❖ La vaina verde es ofertada a los intermediarios en unidades como sacos o pacas y a los consumidores en “mazos” (Figura 9).
- ❖ Los precios son variables y están en función de la época de cosecha.
- ❖ Son consumidas en el almuerzo, hasta cuatro veces por semana.
- ❖ Conocen por lo menos diez formas de preparar como alimento.
- ❖ Es un cultivo de temporal y bajo sistemas de riego.



Figura 9. El “mazo” es una forma de comercialización del haba pallar en vainas verdes y grano tierno, orientada al consumidor de Manabí (Fotografía: E. Peralta, 2025).

Por testimonios de personas que viven en las provincias colindantes como Los Ríos (Quevedo), Esmeraldas (Muisne) y Santo Domingo de los Tsáchilas (Santo Domingo, La Concordia) se tiene información de que en estos territorios y ciudades se consume haba manaba y habichuela en grano tierno, adquiridas en mercados populares (Figura 10), supermercados o producidas en sus fincas. Esto nos permite corroborar lo que antes se suponía, que, por compartir territorios y costumbres muy parecidos, era probable la presencia del cultivo y consumo de la leguminosa en casi toda la región litoral. Estas referencias y los datos del INEC-ESPAC (2023), sustentan la necesidad de realizar investigaciones sobre la importancia de la especie a lo largo y ancho de la Costa ecuatoriana.



Figura 10. Comercialización del fréjol torta o pallar en el mercado mayorista de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas (Fotografía: D. Mina, 2025).

5.1.2. El consumo del haba pallar en Manabí

Para la publicación del pallar en Ecuador, se realizó también una encuesta a 64 personas de dos cantones de Manabí con el objeto de levantar información actualizada sobre su uso en la alimentación humana (Peralta y Zambrano, 2023).

Los resultados más relevantes fueron:

- Esta especie es adquirida como grano tierno en los mercados locales.
- Los precios varían dependiendo de la época de invierno o verano.
- Se consume de tres a cuatro veces por semana.
- Tienen 19 formas diferentes de preparación, donde predominan tres platos.
- Es importante en la alimentación de los pobladores de Manabí, tanto urbanos como rurales.
- Existe de una gran riqueza en la cocina costumbrista y gastronómica de Manabí donde las habas manabas o pallares constituye un atractivo ingrediente.

Los platos mencionados que se preparan usando esta leguminosa fueron: menestra de haba o habichuela; caldo de haba o habichuela con carne de chanco; sopa de habas o habichuelas con costilla o hueso de chanco; ensalada de haba o habichuela; sopa de haba con queso; haba o habichuela “refritada”; sopa de haba o habichuela; viche (Vicente) de pescado, camarón o carne con haba o habichuela; arroz colorado con haba o habichuela; sopa de haba con mondongo; arroz moro con habichuela; sopa de verduras o legumbres; arroz con menestra de haba o habichuela; habas zapateadas; batido de haba; puré de haba; sancocho; crema de haba y graneado de habas y queso.

El “caldo de haba” contiene: carne de chanco, yuca, maíz tierno o choclo, zanahoria, especias, condimentos y haba manaba o pallar (Figura 11).



Figura 11. El “Caldo manaba”, un plato genuino de la gastronomía manabita. (Elaboración: Roxana Terceros, Quito. Fotografía: E. Peralta, 2024).

Los ingredientes del “Viche de camarón y pescado”, plato emblemático de la cocina manabita son: camarón, pescado, maní molido, choclo, yuca, haba manaba o pallar, vainita, bolas de plátano verde, zapallo, rodajas de plátano con cáscara, caldo de pescado, especias, condimentos; acompañado de arroz blanco, cebolla, cilantro y limón (Figura 12).



Figura 12. El “Viche manaba”, otro plato emblemático de la gastronomía manabita. (Elaboración: Roxana Terceros, Quito. Fotografía: E. Peralta, 2025).

En mayo de 2024, en la ciudad de Portoviejo, las universidades San Gregorio, Técnica de Manabí y Católica del Ecuador, junto al Instituto Paulo Macías y con la colaboración de más de 250 personas entre cocineras tradicionales, chefs y otros voluntarios, participaron en la preparación de un gigantesco plato conocido como “viche de pescado” (sopa); entre cuyos ingredientes están las habichuelas o habas manabas; buscando un récord gastronómico.

“La hazaña mundial fue conseguida con 1.936 kg de viche, el cual contiene 20 ingredientes, convirtiendo al cantón manabita en merecedor del Records Guinness en gastronomía; el segundo en Ecuador” (El Comercio, 2024).

5.1.3. El aporte del INIAP al desarrollo del cultivo en Manabí

Por la información técnica y variedades que generó la Estación Experimental Portoviejo del INIAP en la provincia de Manabí en la década de los 80 y 90 y la recopilada a partir del año 2023 para este libro, esta provincia se convierte en el referente del cultivo y consumo del fréjol pallar, haba manaba o habichuelas (*P. lunatus* L.) en la región Costa; sin dejar de considerar lo que ocurre en las provincias colindantes como Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas.

Manejo del cultivo en asociación con el maíz:

La información relevante hace relación con lo publicado por Arroyave (1987) sobre el sistema costumbrista de cultivo al señalar que “en el valle del río Portoviejo, la siembra de

maíz-haba es una asociación muy utilizada; sin embargo, en muchos casos, poco contribuye a satisfacer los requerimientos económicos de los agricultores durante el año, debido principalmente al desconocimiento casi total de ciertas prácticas culturales y agronómicas, que permitan obtener mayores y mejores cosechas, buena rentabilidad y, consecuentemente, elevar el nivel socioeconómico de los agricultores; resaltando que este sistema es mayormente utilizado por los agricultores de recursos económicos limitados, que desarrollan una agricultura de subsistencia”.

Para contribuir a mejorar este sistema tradicional en el valle de río Portoviejo, Arroyave realizó algunas recomendaciones:

- Buena preparación de suelos (francos, franco limosos o arcillosos), con un pase de arado, uno de rastra y el surcado a dos metros de distancia.
- El uso de variedades de maíz mejoradas o de grano blanco o amarillo.
- El uso de variedades de haba tradicionales conocidas como “negra” y “porota” para la siembra en época lluviosa y, el haba “blanca grande” para siembras bajo riego en época seca.
- El uso de semilla de buena calidad, distancia, profundidad y la época en relación con el maíz.
- La desinfección química de las semillas.
- La distancia entre los sitios de siembra del haba: un metro entre sí a lo largo del surco y en la parte superior y a un costado de éste.
- La distancia entre los surcos: 2 m.
- La siembra de 3 semillas de haba por sitio.
- El maíz puede sembrarse en forma simultánea con el haba o hasta 10 días después, ubicando los sitios del maíz a 25 cm del haba, con 4 semillas por sitio.
- El raleo se realiza a los 15 días después de emergidas las plantas, dejando dos plantas de haba y tres de maíz por sitio.
- Resultados esperados: 10.000 plantas de haba y 30.000 de maíz por hectárea.
- El control de malezas puede realizarse manualmente a intervalos de 15 a 20 días (tres deshierbas) después de la siembra o también usando herbicidas pre emergentes.
- Para la fertilización sugiere un análisis del suelo y de manera general para el valle del río Portoviejo, para el cultivo de maíz recomienda aplicar después del raleo 100 kg de urea (45% N) por hectárea a un costado de las plantas, que servirán de tutor al haba.
- Para el control de plagas y enfermedades presentes en el sistema: crisomélidos, empoasca y cogolleros (maíz) recomienda el uso de insecticidas específicos hasta antes de la floración; para “cenicilla” en haba sugiere el uso de fungicidas.
- Para el riego recomienda aplicar por gravedad a intervalos de 8 a 10 días en la etapa de desarrollo hasta la formación de las primeras vainas de haba y a intervalos de 12 a 15 días, después.
- Finalmente, recomienda realizar la cosecha en vaina verde y el maíz en estado de choclo; así, se puede lograrse una producción de 20.000 mazos de haba y 20.000 choclos comerciales por hectárea.

Variedades mejoradas:

Desde el Programa de investigación en leguminosas de la E.E. Portoviejo, Mendoza y Linzán (1995), mencionaron que en el litoral ecuatoriano el haba pallar (*Phaseolus lunatus*

L.) es una importante fuente de proteínas para la alimentación humana, siendo consumida principalmente en estado de grano tierno; y, que el cultivo tradicionalmente es realizado por pequeños agricultores que para sus siembras utilizan mezclas de cultivares “criollos” poco productivos, susceptibles al ataque de insectos y enfermedades, no seleccionados para la siembra en época lluviosa o seca.

Por lo que, con una colección de materiales criollos realizada en Manabí (1984) trabajaron en el desarrollo de variedades de haba pallar más productivas y tolerantes, para las dos épocas de siembra.

La investigación se inició en 1986 con la selección de líneas en los campos experimentales y en la segunda etapa entre 1989 y 1991 ejecutaron ensayos regionales de rendimiento, estudio de poblaciones y sistemas de cultivo en campos de agricultores.

Como resultado de esta evaluación a nivel regional, seleccionaron una línea para sembrar en época lluviosa es decir para el invierno y otra para siembras en época seca o de verano, muy apreciadas por el tipo de grano blanco, de tamaño grande.

En 1992, el INIAP entregó la primera variedad mejorada de fréjol pallar, llamada “INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano”.

En 1993, el INIAP liberó la segunda variedad mejorada por selección: “INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano”.

Más información relacionada con estas dos variedades mejoradas por selección, las únicas de *lunatus* en Ecuador, está disponible en el repositorio digital de la Institución.

Consumo *per cápita* de leguminosas en Manabí:

Desde esta misma Estación Experimental y con el fin de demostrar la importancia económica y social, Chávez y Arregui (1995), realizaron un estudio de comercialización y consumo de leguminosas de grano comestible con los objetivos de establecer la demanda y potencial de éstas en la provincia de Manabí y determinar los sistemas de comercialización y mercadeo, volumen y precios de las leguminosas tanto en estado fresco como seco.

Realizaron una encuesta formal con 196 entrevistas entre los meses de julio a octubre de 1994 en los principales mercados de los cantones Portoviejo, Manta, Sucre, Santa Ana, Tosagua, Jipijapa, Rocafuerte y Chone.

Entre los resultados más importantes que se encontraron están:

- La producción de leguminosas en Manabí se obtiene principalmente en las zonas agrícolas de los valles del río Portoviejo y Carrizal-Chone.
- El mercado mayorista de Portoviejo es el más importante y abastece a los mercados de las provincias del país.
- El mercado del cantón Tosagua, comercializa importantes volúmenes de leguminosas que se producen en Carrizal-Chone.
- Los meses de mayor oferta de leguminosas en la provincia de Manabí están entre marzo y junio.
- El consumo semanal en fresco por familia en Manabí: haba pallar (27%), habichuela (22%) y caupí (20%).

- El consumo semanal de leguminosas en seco por familia: lenteja (42%), fréjol común (20%) y caupí (18%).
- El total de consumo de leguminosas de una familia por semana es de 2,6 kg en fresco y 1,0 kg en seco. La cantidad de leguminosas que consume cada persona por año es de 21 kg en fresco y 8 kg en seco.

Situación actual de la investigación:

La Estación Experimental Portoviejo del INIAP ya no cuenta con un programa de investigación en leguminosas. Las variedades mejoradas antes descritas no se encuentran en uso, pues no hay quien produzca semilla certificada; los investigadores se empeñan en cuidar el germoplasma conservado en la estación. En el año 2022 compartieron semillas del banco y otras comerciales a fin de fotografiar e incluir en ensayos de campo y laboratorio, cuyos resultados fueron publicados en 2023.

Por lo que, se considera importante compartir las fotografías del material genético en mantenimiento y refrescamiento (Figura 13) y uno de los sistemas de producción en espaldera o “cordel” en esta provincia (Figura 14).



Figura 13. Poblaciones de haba manaba o pallares en la provincia de Manabí (Aporte: E. Zambrano. Fotografía: E. Peralta, 2022, 2024).



Figura 14. Sistema de producción de haba pallar o habichuela en espaldera, tutores o “cordel” en San Clemente, Manabí (Fotografía: E. Zambrano y R. Alcívar, 2022).

5.2. En la región Sierra:

5.2.1. Situación actual del haba pallar en Imbabura: el cultivo, el consumo y los juegos

Sobre el manejo de un sistema de cultivo individual o asociado en la Sierra no existen datos históricos ni actuales donde se mencione o que se pueda observar a las variedades de fréjol torta o pallar cultivadas como ocurre en la región Costa.

En algunas localidades de Imbabura es frecuente ver que las plantas de *lunatus* están presentes de manera espontánea o sembradas en los bordes de las quebradas, cercas, chaparrros, bosques naturales y linderos de las huertas o chakras de los agricultores (Figura 15); casi siempre están aisladas o comparten estos espacios con los popayanes o fréjol escarlata (*P. coccineus* L.).

Por lo que, en esta provincia se conserva *in situ* gran parte de la diversidad de la especie a la época (Figura 16). El motivo más visible para hacerlo está relacionado con los juegos tradicionales donde se usan sus semillas secas o tortas como elemento del juego y que además son expuestas en la feria anual y de intercambio de semillas (Muyu Raymi) en la ciudad de Cotacachi (Ramírez y Williams, 2003, Peralta et al. 2019); con 22 eventos anuales celebrados hasta el 2025.

Referente a la conservación *ex situ*, en el banco de germoplasma de INIAP existen 193 colecciones de *lunatus*, de las cuales 183 fueron colectadas en la Sierra y de éstas, 69 (37,1%) en la provincia de Imbabura (Murillo, et al. 2023) y (Monteros-Altamirano, et al. 2018).



Figura 15. Variedades de tortas cultivadas en bosques y fincas en Urcuquí y Cotacachi, Imbabura. (Fotografía: E. Peralta, 2014, 2017).



Figura 16. Muestra de las variedades de tortas cultivadas y conservadas en Imbabura. (Fotografía: E. Peralta, 2021).

5.2.2. Consumo del pallar o torta en Imbabura y Pichincha

El consumo de pallar es muy limitado a nivel de la Sierra. En 2016 y 2023 se conocieron dos testimonios relacionados, uno en Imbabura y otro en Pichincha (noroccidente), sobre el consumo humano del grano tierno o fresco. En Imantag (Cotacachi) una agricultora mencionó que para consumirla recogen las legumbres de las plantas que presentan vainas verdes picadas por los pájaros, como un indicador de que no son amargas.

Al respecto, García (2008) menciona que la falta de consumo en las provincias serranas es debido a la presencia del precursor del ácido cianhídrico o sustancias amargas en sus semillas, lo cual demanda un mayor proceso y tiempo adicional para usar como alimento; a lo que se suma la cosecha tardía y el bajo precio comercial.

Cabe recalcar que en esta provincia y en la región Sierra no se han observado semillas de color totalmente blanco, que son las que contienen un menor contenido de sustancias amargas; carácter que fue verificado por Villacrés, et al. (2023) al analizar variedades de color rojo, negro, bicolores y blanco.

5.2.3. Potenciales formas de consumo

Para estimular o motivar el interés de agricultores e instituciones, se han realizado algunas actividades de investigación para probar la adaptabilidad de materiales genéticos de grano blanco de tamaño mediano y grande proveniente de otros países o de la provincia de Manabí en un valle serrano cercano a Quito (Chillos). Con la cosecha del grano tierno y seco se realizaron preparaciones culinarias, confirmando la posibilidad de elaborar platos nuevos o complementar a platos emblemáticos ecuatorianos como la “Fanesca”, en la que priman entre otros ingredientes, cinco granos de leguminosas como el frejol común, arveja y haba tiernas, chocho y lenteja (Figura 17).



Figura 17. La “Fanesca”, un plato emblemático, típico de la Semana Santa en Ecuador (Elaboración: Roxana Terceros, Quito. Fotografía: E. Peralta, 2025).

Tratando de imitar a la “fabada asturiana” se puede preparar un sabroso plato que en lugar de las fabes o frijoles blancos lleve granos de fréjol pallar secos –remojados y cocidos– y todos los demás ingredientes de este atractivo potaje español (Figura 18).



Figura 18. Suculenta sopa de pallar usando el grano seco remojado y cocido, semejante a la “fabada asturiana”. (Elaboración: Roxana Terceros. Quito. Fotografía: E. Peralta, 2025).

5.2.4. Juegos tradicionales con tortas y otros fréjoles

En el capítulo 3 de este libro se presenta un resumen del libro titulado “Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia (Peralta, et al. 2019) en el que se comparte la información recopilada sobre los juegos tradicionales o ancestrales en estos países, donde el fréjol y otras especies constituyen el elemento principal de los juegos y el aprendizaje de las operaciones básicas en la época escolar hasta 1980 aproximadamente.

En Ecuador se recopilaron 40 juegos diferentes en los que las semillas de las cuatro especies de *Phaseolus* fueron las protagonistas, con un mayor o menor uso de cada una de ellas, dependiendo de los territorios. Así, en las provincias de la Sierra centro-norte predominó el fréjol torta o pallar y en el sur el fréjol común.

En la Tabla 4 se indican los siete juegos más mencionados en Ecuador: la bomba, el tres en raya, la perinola y trompos, pares o nones, la pica, el hoyo y el quiriminduña (Peralta, et al. 2019). Este libro es de uso público y está disponible en la Web y en la RED LUNATUS: Red Internacional de Frijol Lima (<https://www.cicy.mx/sitios/red-lunatus-espanol>).

Tabla 4. Nombres de los siete juegos con fréjol más mencionados en las 10 provincias de la Sierra ecuatoriana, 2019.

Provincia	Nombre del juego o aprendizaje							
	La bomba	Tres en raya	Perinola/trompos	Pares o nones	La pica	El hoyo	Quiriminduña	Operaciones aritméticas
Carchi	✓	✓	✓					●
Imbabura	✓	✓	✓	✓	✓	✓		●
Pichincha	✓	✓	✓					●
Cotopaxi	✓	✓	✓				✓	●
Tungurahua	✓		✓	✓				
Chimborazo	✓		✓		✓			
Bolívar	✓				✓			
Cañar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	●
Azuay	✓	✓	✓	✓		✓	✓	●
Loja	✓	✓		✓		✓		●

Los pueblos en los que se sigue jugando a la época están en Imbabura y esto se correlaciona con lo antes mencionado respecto a la conservación de la mayor diversidad de las tortas de múltiples colores. Los 13 juegos practicados en Imbabura son: El triquis, tres en raya o triqui-traca; la bomba o chunkana; el chulo; la ranfla (rampa); el banco; las cachas; el ennoque; pares o nones; la perinola o kaspi piruru (Figura 19); el sapo; viento o hueso; viento o hueso; churu o juego del caracol; la pica y las operaciones aritméticas (Peralta, et al. 2019; Wiñay Kawsay, 2018).



Figura 19. El juego con la perinola y las tortas, un entretenimiento familiar en Imbabura. (Fotografía: E. Peralta, 2021).

5.2.5. Uso alternativo de las tortas

Buscando alternativas de conservación y otros usos de la diversidad del *lunatus*, se hicieron pruebas de bisutería usando resina sintética. (Figura 20)



Figura 20. Semillas de torta en resina sintética, usadas como adornos. (Elaboración: Roxana Terceros. Quito. Fotografía: E. Peralta, 2022).

6. Valor nutricional de los *Phaseolus*, con énfasis en *lunatus*

Una fuente preliminar de información importante que presentó contenidos nutricionales de *Phaseolus* es la publicada por Hammerly en 1976, en las tablas de composición de los alimentos comunes en Latinoamérica, donde informa los valores por cada 100 gramos de porción comestible de la semilla de las tres especies (Tablas 5).

Tabla 5. Valor nutritivo por cada 100 g de porción comestible de tres especies de *Phaseolus*: contenido de calorías, agua, proteínas, carbohidratos, fibra, grasas y minerales.

Nombre científico	Calorías	Agua %	Proteína g	Carbohidratos g		Grasa g	Minerales mg		
				Total	Fibra		Calcio	Fósforo	Hierro
<i>P. lunatus</i> L.	336	12,0	20,7	62,4	4,9	1,2	113	330	4,8
<i>P. coccineus</i> L.	328	13,6	22,8	58,1	5,0	1,5	128	328	5,4
<i>P. vulgaris</i> L.	337	12,0	22,0	60,8	4,3	1,6	86	247	7,6

Fuente: Hammerly, 1976.

Elaboración: E. Peralta, 2025

Relacionado con la composición nutricional del pallar, proveniente de 23 fuentes bibliográficas revisadas por Adebo (2023), se calcularon los promedios y se obtuvieron los siguientes resultados: proteína 22,2 %, minerales 3,91%, grasa 2,16% y carbohidratos 60,25%.

Para las variedades mejoradas de haba pallar generadas por el INIAP en la Estación Portoviejo, Mendoza y Linzán (1992/1993), reportan contenidos de 22,25% de proteína, 62,3% de carbohidratos, 5,47% de minerales, 2,04% de grasa y 7,94% de fibra.

En los laboratorios de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP, Villacrés, et al. (2023) realizaron el análisis químico-funcional de 15 variedades de *P. lunatus*, nueve cultivadas en la Sierra y seis identificadas como pallares, provenientes de la Estación Experimental Portoviejo; obteniendo los siguientes resultados (Tablas 6, 7, 8):

Tabla 6. Composición proximal* en semillas de fréjol torta *P. lunatus* L. (g/100 g de muestra seca-bs), 2023.

Semillas	Humedad	Grasa	Proteína	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos Totales	Fibra dietética Total
Multi color	19,0	0,8	25,4	4,5	8,4	60,9	24,4
Blancas	16,0	0,9	23,0	4,6	7,6	63,8	24,4

* Promedio de nueve variedades bicolors y seis de grano blanco.

Tabla 7. Otros compuestos nutricionales y funcionales* en semillas de *P. lunatus* L., 2023.

Semillas:	Fibra (g/100 g)		Minerales (mg/100 g)			Capacidad Antioxidante ABTS (u MET/g)	Fenoles Totales (Mg EAg/g)
	Insoluble	Soluble	Calcio	Magnesio	Hierro		
Multicolor	20,3	4,1	147,3	159,2	5,2	14,9	2,6
Blancas	20,5	3,9	142,0	195,3	6,3	14,6	2,2

* Promedio de nueve variedades bicolors y seis de grano blanco.

Tabla 8. Compuestos no nutritivos* en semillas de *P. lunatus* L., 2023.

Semillas	Nitratos (mg/100 g)	Alcaloides Totales (g 100 g)	Saponina total (g 100 g)	Actividad Ureasa (ΔpH)	Inhibidores de tripsina (mg/g)	Ácido fítico (mg/g)
Multicolor	16,7	1,0	2,0	0,052	1,3	8,2
Blancas	10,0	1,2	1,1	0,055	1,3	7,1

* Promedio de nueve variedades bicolors y seis de grano blanco.

Con los datos de contenidos nutricionales del pallar en diferentes épocas, lugares y autores, se reconfirma que el fréjol pallar constituye una fuente de nutrientes como minerales, carbohidratos, vitaminas y fibra dietética y de proteínas vegetales de bajo costo, en comparación con los productos animales.

Conclusiones

La compilación de información relacionada con las leguminosas de grano comestible que se cultivan, consumen, usan o agro industrializan en Ecuador, muestran el potencial que tiene este grupo de cultivos en la agricultura y la alimentación; dentro de éstas el grupo de los *Phaseolus*, y como parte de éstos el fréjol pallar o torta.

De esta manera, se ha tratado de sentar las bases de conocimiento y experiencias con mucho fundamento y respaldo científico para ubicar y dedicar recursos de todo tipo y tratar de crear un programa de investigación en las universidades ecuatorianas y/o en el INIAP; pues se dispone de lo esencial: banco de germoplasma, variabilidad genética, ambientes favorable en todas las regiones naturales, conocimiento ancestral del cultivo, costumbre cultivo y de consumo, mercado y potencialidad para ampliar la oferta, la agroindustria y la exportación.

Agradecimientos

Un sentido y singular reconocimiento a los Revisores Técnicos por sus acertados comentarios y recomendaciones.

A CB Cooperativa-Biblián, por el aporte económico para cubrir los costos del diseño y diagramación de la 2ª edición digital.

Referencias:

- Adebo, J.A. (2023). A Review on the Potential Food Application of Lima Beans (*Phaseolus lunatus* L.), an Underutilized Crop. Appl. Sci. 13, 1996. <https://doi.org/10.3390/app1303199>.
- Arroyave, J. (1987). Maíz-Haba, una asociación para el valle del río Portoviejo. Boletín divulgativo N°. 196. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Departamento de Suelos y Manejo de Agua. Portoviejo, Ecuador. 5 p.
- Cordero, L. (1950). Enumeración Botánica. Provincias de Azuay y Cañar. Segunda edición. Afrodísio Aguado S.A. Madrid, España. pp.39.

- Chávez, N., y Arregui, R. (1995). Estudio de la comercialización y consumo de las leguminosas de grano comestibles en la provincia de Manabí, Ecuador. En: Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano Comestible de la Zona Andina, Realeza V. INIAP; CIAT, PROFRIZA. Quito, Ecuador. Pp. 131, 133.
- Debouck, D.G., R. Castillo T. & J.M. Tohme. (1989). Observations on little-known *Phaseolus* germplasm of Ecuador. FAO/IBPGR Plant Genet. Resources Newsl. 80: 15-21.
- Debouck, D.G., J.H. Linan-Jara, A. Campana-Sierra & J.H. De la Cruz-Rojas. (1987). Observations on the domestication of *Phaseolus lunatus* L. FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsl. 70: 26-32.
- Debouck, D. (1995). Cuando los antiguos ecuatorianos estaban ocupados jugando con las tortas: apuntes sobre la domesticación del fréjol en Ecuador. Unidad de Recursos Genéticos. CIAT, Cali, Colombia. Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano de la Zona Andina, RELEZA V. INIAP, PROFRIZA, COTESU, CIAT. Ibarra, Ecuador. Pp. 35-35.
- Estrella. E. (1998). El Pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. 3ra. Edición. FUNDACYT. Quito, Ecuador. pp. 72.
- Erazo, R. (2013). Fechas calibradas del maíz y fréjol, periodo de integración, yacimiento arqueológico Rumipamba, Quito. Revista N°. 5. Evidencia Ancestral. La otra Historia. Quito, Ecuador. Pp. 33-42.
- García, K. (2008). Estudio de la diversidad genética de *Phaseolus lunatus* l. en zonas silvestres y cultivadas en la Provincia de Imbabura-Ecuador mediante el uso de microsatélites. Previa a la obtención de Grado Académico o Título de Ingeniera en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 106 p.
- Gutierrez-Salgado, A., P. Gepts & D.G. Debouck. (1995). Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus*, in the Americas. Genet. Resources & Crop Evol. 42 (1): 15-28.
- Hammerly, M. (1976). Viva más y mejor alimentándose correctamente. Segunda edición. Tomo 2. Editora Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. Pp. 440.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP (2024). 65 años transformando el agro del Ecuador. Quito, Ecuador. Pp. 9-10.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP (2009). 50 años aportando al país. Quito, Ecuador. 16 p.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Quito. Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (1975). Estimación de la superficie cosechada y de la producción agrícola del Ecuador. Quito.
- Martínez- Castillo, J., y Peralta Idrovo, E. (Eds.). (2023). El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. 133 p.
- Martínez-Castillo, J., y León, A. (Eds.) (2022). Resúmenes del II Simposio Internacion-

- al sobre el frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y Perspectivas ante escenarios de Cambio Climático. *In.*: SIEMBRA. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. Volumen 9, Número 3. (especial). CICY, UCE, CEDIA. Quito, Ecuador. 23 p.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1995). INIAP Portoviejo 490 y 491 de haba pallar para el litoral ecuatoriano. En: Resúmenes de la Quinta Reunión de Leguminosas de Grano Comestible de la Zona Andina, Realeza V. INIAP; CIAT, PROFRIZA. Ibarra, Ecuador. Pp. 31, 32.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1993). INIAP Portoviejo 491, una variedad de haba veranera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 132. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Mendoza, H. y Linzán, L. (1992). INIAP Portoviejo 490, una variedad de haba invienera para el litoral ecuatoriano. Plegable N° 124. INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Leguminosas. Portoviejo, Ecuador.
- Monteros-Altamirano, Á.; Tacán, M.; Peña, G.; Tapia, C.; Paredes, N.; Lima, L. (2018). Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador. Protocolos. Publicación Miscelánea No. 432. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos. Mejía, Ecuador. 104 p.
- Motta-Aldana, J.R., M.L. Serrano-Serrano, J. Hernandez-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck & M.I. Chacon-Sanchez. (2010). Multiple origins of Lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Sci.* 50 (5): 1773-1787.
- Murillo, Á., Monteros-Altamirano, Á., Sigcha, F., Debouck, D. (2023). Conservación de los pallares o “tortas” (*Phaseolus lunatus* L.) ecuatorianos como aporte al futuro de la agricultura y la sociedad. Capítulo número 2. *In.*: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 26-43.
- Murillo, Á., Peralta, E., Mazón, N., Rodríguez, D., Pinzón, J. (2012). INIAP 484 Centenario. Variedad de fréjol arbustivo con resistencia múltiple a enfermedades. Boletín divulgativo N° 421. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos-PRO-NALEG-GA, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (1992). Cultivos Marginados, otra perspectiva desde 1492. Edis. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Publicado en colaboración con el Jardín Botánico de Córdoba (España). Roma, Italia. p. 54.
- Pazos, S. (2018). Cultura Culinaria: *Phaseolus vulgaris* o purutu, Fréjol, pallares, etc. En: AMÉRICA. Revista de la Corporación Cultural Grupo América. N° 128. Quito, Ecuador. pp. 127-137.
- Peralta, E., Peralta, F y Peralta, H. (2023). Usos alternativos del fréjol torta (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: la lúdica, el juego y el aprendizaje. Capítulo número 3. *In.*: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 45-63.

- Peralta, E. y Zambrano E. (2023). Uso de *Phaseolus lunatus* L. en la alimentación humana en Manabí. Capítulo número 6. *In.*: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 108-117.
- Peralta, E., Peralta, F. y Peralta, H. (2022). Uso social del fréjol torta: lúdica y juego en Sur América. *In.*: SIEMBRA 9 (3), edición especial. Resúmenes del II Simposio Internacional sobre el frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.): Retos y perspectivas ante Escenarios de Cambio Climático. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. CICY, UCE, CEDIA. Quito, Ecuador. pp. 12.
- Peralta, E., Peralta, F., Peralta, H. (2019). Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia. Quito, Ecuador. 216 p.
- Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., Rodríguez, D. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la Sierra ecuatoriana. Incluye huella digital y razas. Publicación miscelánea N°. 146. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 70 p.
- Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., Pinzón, J., Villacrés, E. (2013). Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas: cultivos, variedades, costos de producción. Publicación miscelánea N°. 135. Tercera edición. Universidad Estatal de Michigan, USAID. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 66 p.
- Peralta, E. (1995). Las leguminosas de grano comestible en Ecuador y el aporte del Programa Nacional de Leguminosas del INIAP. En: Resúmenes de la V Reunión de Leguminosas de la Zona Andina. INIAP, CIAT, PROFRIZA. Ibarra, Ecuador. Pp. 1-3.
- Ramirez, M. y Williams, D. (2003). Guía Agro-culinaria de Cotacachi. IPGRI-Américas. Cali, Colombia. 30-32 p.
- Tello, A. (2018). Estudio de la actividad antioxidante de aislados proteicos de harina de haba pallar y su digestibilidad gástrica y duodenal (*in vitro*). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica. Ambato, Ecuador. 84 p.
- Villacrés, E., Quelal, M., Álvarez, J., Peralta, E. (2023). Fréjol torta o pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Ecuador: calidad nutricional y potenciales beneficios para la salud humana. Capítulo número 4. *In.*: El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 65-84.
- Voysest, O. (1999). Un cultivo ancestral avanza a la modernidad: tiempo de transición, 1988-1999. Informe final del Proyecto Regional de Frijol de la Zona Andina, PROFRIZA. Cali, Colombia. Pp. 43-47.
- Wiñay Kawsay. (2018). Ñawpa pukllaykuna. Juegos tradicionales. Revista intercultural. Edición especial. Otavalo, Ecuador. pp. 5.
- Zambrano E. y Peralta, E. (2023). Cultivo, mercado y consumo de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la provincia de Manabí. Capítulo número 5. *In.*: El fréjol torta o pallar

Phaseolus lunatus L. en Ecuador. Martínez- Castillo, J., & Peralta Idrovo, E. (Eds.). INIAP, CONAHCYT-CICY, RED LUNATUS. Quito, Ecuador. pp. 88-116.

Internet:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/manabi-logra-un-record-guinness-para-chuparse-los-dedos-con-un-plato-100-de-ecuador/>

https://www.google.com/search?sca_esv=84e606087eadfe9b&rlz=1C1PRFI_enEC807E-C807&sxsrf=ADLYWIIrpXobpHp9R31EFBM-39QasZr78w:1724086691254&q=re-cord+guinness+en+portoviejo+ecuador&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwiO8qy2w4GIAxU-jSzABHYlZGZcQBSgAegQIDBAB&biw=1350&bih=599&dpr=1

<https://www.primicias.ec/noticias/entretenimiento/gastronomia/portoviejo-realiza-viche-grande-mundo-reconocimiento-guinness/>

<https://www.eldiario.ec/actualidad/portoviejo/portoviejo-gano-el-record-guinness-con-el-viche-mas-grande-del-mundo/>

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTEyY2NiZDI0YjIzYi00ZGQ1LTlkNGEtNDE1OGVi-M2Q1N2VliwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMTNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTEx-MiI9&pageName=ReportSection>. INEC.

Sobre los editores:

Eduardo Peralta Idrovo



Nacionalidad Ecuatoriana, es Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador. Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento y Fisiotecnia por la Escuela de Graduados del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México. Con 33 años de experiencia en investigación y desarrollo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Fue técnico del Programa de Cultivos Andinos del INIAP en la estación experimental Santa Catalina en Quito. Durante 26 años dirigió el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, contribuyendo a la formación de bancos de germoplasma de cultivos andinos y leguminosas, mejora genética, generación de nuevas variedades, manejo agronómico, producción de semilla, procesos de transformación y uso, promoción de estos cultivos y alimentos. Coautor u obtentor de 38 variedades mejoradas de fréjol, haba, arveja, quinua, chocho y amaranto. Autor y coautor de más de 200 publicaciones técnicas, científicas y divulgativas registradas en el repositorio del INIAP. Exdocente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, de la Carrera de Ciencias Agropecuarias de la Escuela Politécnica del Ejército-ESPE y de la Universidad San Francisco de Quito, entre 1995 y 2007. Se jubiló en el año 2016 y ahora se dedica a actividades como conferencista, escritor independiente. Entre los años 2019 y 2024 publicó 9 libros como autor y coautor y es miembro fundador de la Red Internacional de Frijol Lima en 2023 y de la Red Latinoamericana del Amaranto, RedLAAM, 2021.

Jaime Martínez-Castillo

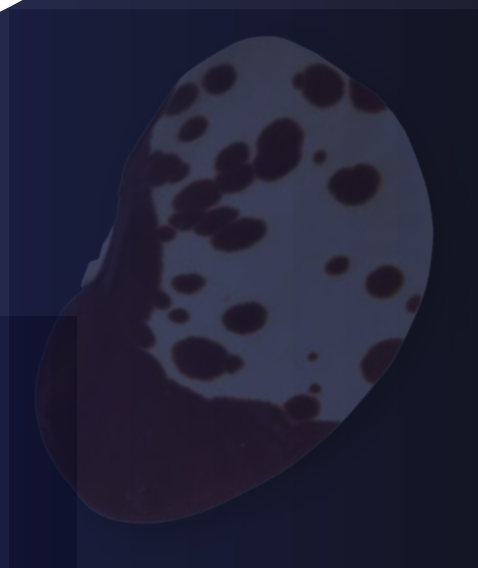


Nacionalidad Mexicana, es Biólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con un doctorado obtenido en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). De 2007 a la actualidad, es Profesor-Investigador Titular C en la línea de investigación denominada “Agrobiodiversidad para la Sustentabilidad Ecológica y Cultural” de la Unidad de Recursos Naturales del CICY. Durante este mismo periodo, ha sido Investigador Nivel SNII del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT-México. Tiene más de 23 años de experiencia estudiando la diversidad genética y domesticación del frijol Lima en Mesoamérica, tiempo durante el cual ha sido responsable técnico de diversos proyectos apoyados por fuentes financiadoras de México y otros países (como CONACYT-México, National Geographic Society e UC-Mexus), ha publicado más de 51 artículos científicos indexados en revistas internacionales y ha dirigido más de 15 tesis de pregrado y posgrado, todo esto en relación con el frijol Lima. En 2023, fundó y presidió la Red Internacional de Frijol Lima.



MISIÓN DE LA RED

Generamos colaboraciones para compilar, compartir y divulgar información sobre frijol lima, promovemos sinergias de trabajo e investigación y formamos recursos humanos de alto nivel, todo con el fin de promover el cultivo del frijol lima como una alternativa real para enfrentar problemas de seguridad alimentaria en el mundo.



ISBN: 978-9942-44-668-8

