

Diversidad morfológica de semillas de almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel), en los Municipios de Concepción, San Ignacio de Velasco y San Antonio de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia

Silda García Avendaño

Unidad de Postgrado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Email: sildagarcia23@gmail.com

RESUMEN

La almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel), por su valioso contenido nutricional en sus frutos y semillas, es considerada una especie clave para promover el desarrollo socioeconómico y conservación del medio ambiente de la región chiquitana. Algunos autores brasileños y bolivianos señalan que existe una amplia diversidad morfológica en la producción de semillas dentro de su área de distribución natural. Sin embargo, en Bolivia aún no se cuenta con estudios morfológicos específicos que describan de manera clara y detallada los diferentes rasgos morfológicos existentes. Razón por la cual, se realizó un estudio para determinar, la diversidad y variabilidad morfológica de las semillas en los Municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío de la región chiquitana. Se colectaron muestras de semillas de 110 árboles, las cuales fueron caracterizadas morfológicamente según variables cuantitativas y cualitativas, y analizadas a través de la estadística descriptiva y análisis multivariados con el Software Infostat. Los resultados mostraron que las semillas miden un promedio de 2,4 cm de longitud y pesan 2,2 g, tienen forma ovoide a ovalado, con superficie rugosa a lisa, y generalmente son de color café a café oscuro. El análisis de conglomerados, agrupó las semillas en cuatro grupos según sus rasgos morfológicos similares en cuanto al tamaño y peso. El análisis de componentes principales determinó que hay un 68 % variabilidad morfológica en las variables estudiadas. Finalmente, en base a las variables con mayor aportación al estudio (longitud y peso) se identificaron 16 morfotipos sobresalientes (semillas) permitiendo a los usuarios cuantificar y recolectar morfotipos de interés productiva y comercial, haciendo un uso adecuado, planificado a corto, mediano y largo plazo.

Palabras Clave: *Dipteryx alata*, Chiquitania, diversidad, morfología, variabilidad, semillas

Morphological diversity of chiquitanian almond seeds (*Dipteryx alata* Vogel), in the municipalities of Concepción, San Ignacio de Velasco, and San Antonio de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia

ABSTRACT

The Chiquitanian almond (*Dipteryx alata* Vogel) is considered a key species for promoting socioeconomic development and environmental conservation in the Chiquitania region because of the valuable nutritional content of its fruits and seeds. Some Brazilian and Bolivian authors point out that there is a wide morphological diversity in seed production within its natural range. However, in Bolivia, no specific studies still describe the different morphological traits. For this reason, a study was carried out to determine seeds' diversity and morphological variability in San Ignacio de Velasco, Concepción, and San Antonio de Lomerío in the Chiquitano region. For this purpose, seeds were collected from 110 trees morphologically characterized according to quantitative and qualitative variables, and analyzed through descriptive statistics and multivariate analysis with Infostat software. The results showed that seeds measure an average of 2.4 cm in length and weigh 2.2 g, are ovoid to oval in shape, with a rough to smooth surface, and are generally brown to dark brown. Cluster analysis grouped seeds into four groups according to their similar morphological traits in terms of size and weight. The Principal component analysis determined 68 % morphological variability in the variables studied. Finally, based on the variables with the greatest contribution to the study (length and weight), 16 outstanding morphotypes (seeds) were identified, allowing users to quantify and collect morphotypes of productive and commercial interest, making adequate use, to plan in the short, medium and long term.

Keywords: *Dipteryx alata*, Chiquitania, diversity, morphology, variability, seeds

INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países que concentra la mayor diversidad de especies forestales en cinco de sus nueve ecosistemas (Yungas, Amazonía, Bosque seco chiquitano, Chaco y Bosque Tucumano-boliviano) (Acha 2016). En el bosque seco chiquitano los pobladores locales vienen manejando sus tierras a través de diversas actividades económicas tales como el aprovechamiento forestal maderable y no maderable. En el aprovechamiento forestal no maderable se destaca la especie de Almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel) que, por presentar un alto valor en contenido nutricional de sus frutos y semillas, es considerada una especie clave para promover el desarrollo socioeconómico y la conservación del medio ambiente de la región (Peltier et al. 2009).

Actualmente, algunas comunidades de los municipios de Concepción, San Ignacio de Velasco y San Antonio de Lomerío (considerados como los mayores productores y recolectores) vienen aprovechando este producto con fines de consumo familiar, y comercialización a pequeña escala (Vennetier et al. 2012, Oliveira et al. 2022).

Sin embargo, existe un gran interés de este producto en el mercado internacional, pero la cantidad y regularidad de la almendra no cumple las expectativas del mercado (Campos et al. 2023), lo que conduce a la necesidad de incrementar el volumen productivo de la especie a través de la domesticación y cultivos, orientados a mejorar la calidad genética (en cuanto a la productividad, tamaño y calidad de semillas). *Dipteryx alata* presenta una amplia variabilidad

morfológica en la producción de las semillas, lo que puede variar inclusive dentro de su misma población (Vennetier *et al.* 2012). Algunos estudios realizados en Brasil y Bolivia, han manifestado la existencia la variabilidad morfológica en la producción de semillas entre árboles y regiones (Sano *et al.* 2008; Mostacedo *et al.* 2015), pero, en Bolivia, aún no se cuenta con estudios de esta naturaleza que describan de manera clara y detallada los diferentes rasgos morfológicos existentes en la producción de semillas de *Dipteryx alata* en sus diferentes áreas de distribución natural de la región chiquitana.

En tal sentido, el objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad y diversidad morfológica de semillas de *Dipteryx alata*, a través de su caracterización morfológica (mediciones del tamaño y evaluación de la calidad) de individuos ubicados en los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío del departamento de Santa Cruz, Bolivia, posibilitando la selección de caracteres morfológicos superiores a los demás, que optimicen mayores ventajas en la producción y comercialización. También, permitirá a actores involucrados en el sector a conocer y cuantificar los diferentes rasgos morfológicos existentes, para hacer un uso adecuado, planificado a corto, mediano y largo plazo.

MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la región chiquitana, específicamente en la provincia Ñuflo de Chávez y Velasco, en los municipios de Concepción, San Antonio de Lomerío y San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz, Bolivia (Figura 1). La región chiquitana se encuentra situada a 290-476 km de la ciudad de Santa Cruz, con una altitud de 486 m s.n.m., con una temperatura promedio de 28°C, y una precipitación anual de 1300 mm (FCBC, 2014).

Los frutos fueron colectados de 110 árboles ubicados en 39 comunidades de los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío (Figura 1). El criterio para seleccionar los árboles, fue considerando árboles adultos mayores de 20 años y constantemente productivos en los últimos 3 años. Se recolectaron 25 frutos/árbol, recogidos del suelo de manera aleatoria (en total se colectaron 2750 frutos). Posteriormente, las semillas fueron extraídas de los frutos (utilizando prototipos manuales para este efecto) y fueron caracterizadas morfológicamente, tomando en cuenta las variables cuantitativas y cualitativas (Cuadro 1). En las variables cuantitativas se realizaron las mediciones del tamaño, longitud de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES) y peso de la semilla (PS)), y en las variables cualitativas se evaluaron la calidad de las semillas en términos de color, forma y textura. Esta evaluación fue realizada basado en descriptores morfológicos publicado por autores como Sano *et al.* (2008) y Bonilla *et al.* (2016).

Los datos fueron analizados, utilizando la estadística descriptiva (promedio, máximos, mínimos, desviación estándar, coeficiente de variación y varianza). Para las variables cualitativas, se construyeron gráficas estadísticas mostrando los diferentes rasgos morfológicos en cuanto al color, forma, y textura. Y para analizar la variabilidad morfológica, se utilizó el análisis multivariado de conglomerados (*Euclidean* y *método Ward*) para agrupar los caracteres similares entre sí. También se un análisis de componentes principales para evaluar el porcentaje de variabilidad morfológica entre los árboles estudiados. Finalmente, se hizo análisis de varianza multivariado al 95 % de confianza, para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre las

variables del estudio. Todos los procedimientos estadísticos anteriormente mencionados, se realizaron en INFOSTAT (software de análisis estadístico) versión 2020.

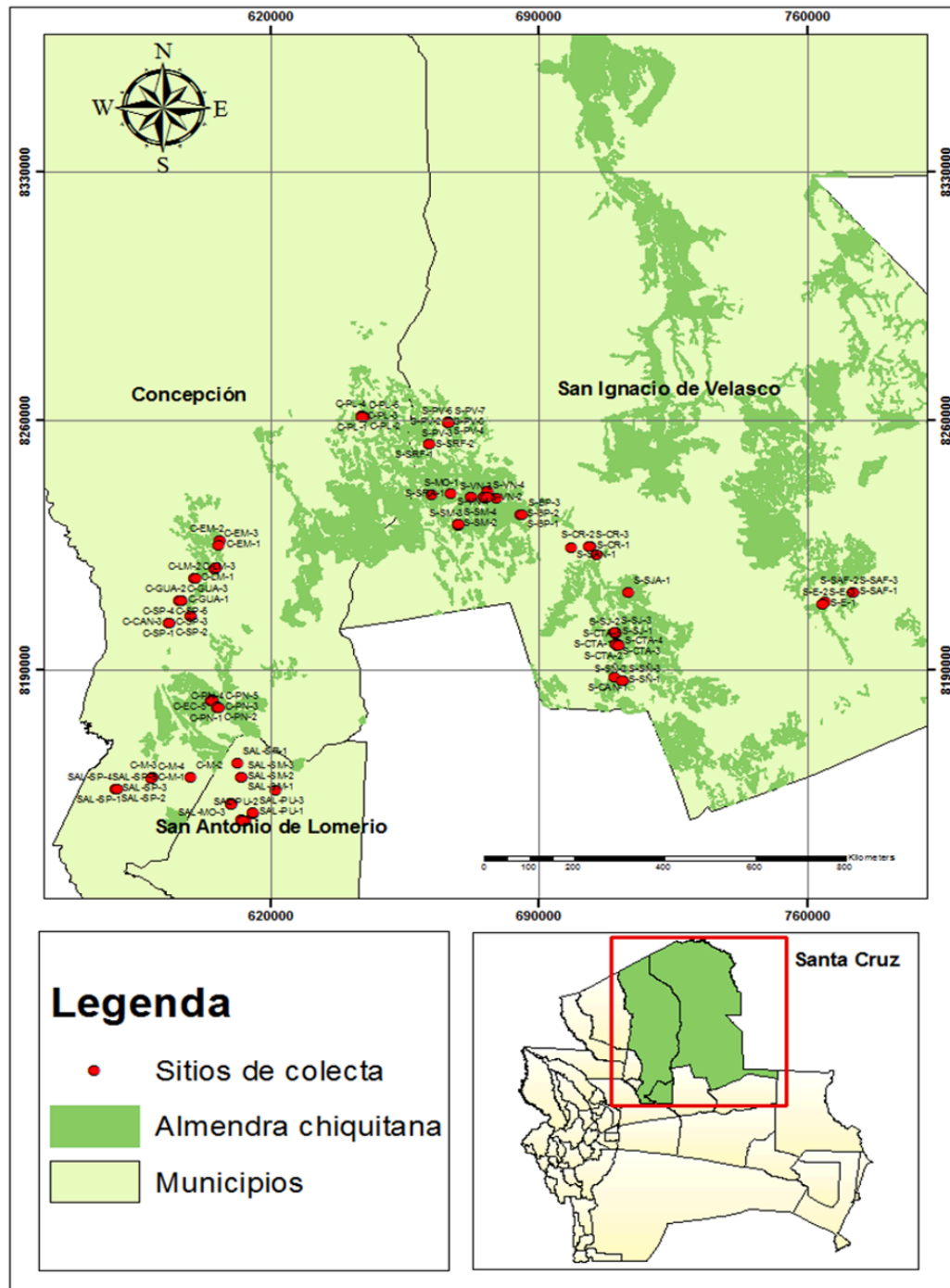


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y sitios de colecta de frutos. También se incluye la distribución de la Almendra chiquitana.

Cuadro 1. Parámetros morfológicos utilizados para la caracterización morfológica, basado en Sano (2008) y Bonilla et al. (2016).

Descriptor morfológico	Criterio de medición
Tamaño de la muestra	110 árboles (25 semillas por árbol), total 2750 unidades de semillas
Peso de la semilla (gr)	Peso de la semilla en balanza electrónica con precisión de 0,1 gramos
Longitud de la semilla (cm)	Medición desde la base del embrión hasta el ápice de la misma, con calibrador mecánico de precisión (0,1 mm)
Ancho de la semilla (cm)	Medición del ancho de la semilla, con un calibrador mecánico de precisión (0,1 mm)
Espesor de la semilla (cm)	Medición de la parte gruesa de la semilla
Forma de la semilla	1=Ovoide, 2=Ovalado, 3=Ovoide aplanado
Textura de la superficie de la semilla	1=rugosa, 3=semirugosa, 4=liso
Color de la semilla	1=café, 2=café claro, 3=café oscuro, 4=negro

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas de las semillas

Las variables cuantitativas de las semillas, presentaron un coeficiente de variación menor al 21% siendo en cada una de ellas la media representativa de la muestra del estudio, y existiendo una leve variabilidad que se diferencian claramente en las variables. Las dimensiones de las semillas son: longitud de semilla (LS) promedio 2,44 cm (que varía de 1,8 cm a 3,4 cm); ancho de semilla (AS) promedio 1,05 cm (0,6 a 1,4 cm); espesor de la semilla (ES) promedio 0,75 cm (0,50 a 2,1 cm); y peso de la semilla (PS) promedio 1,41 gr (0,87 a 2,2 gr) (Cuadro 2).

Romero (2016) menciona que, entre los rasgos más estudiados en la ecología de semillas se encuentra su tamaño, por ser uno de los elementos que ha evolucionado asociado a otros rasgos morfológicos y fisiológicos. El tamaño de las semillas puede englobar diferentes atributos como la longitud, ancho y grosor que juegan un papel importante al momento de planificar, recolectar y almacenar semillas. En el caso de la almendra chiquitana, las semillas tienen variaciones en su tamaño; la longitud máxima llega a 3,4 cm y la mínima a 1,8 cm, las cuales se pueden almacenar y conservar en un mismo recipiente. El peso de las mismas alcanza de 0,9 a 1,6 g, la longitud de 1 a 2,6 cm y el ancho de 0,9 a 1,3 cm. Presenta un sabor agradable y se asemeja al maní.

Cuadro 2. Características morfológicas del tamaño de las semillas. LS: Longitud de la semilla; AS: Ancho de la semilla; PS: Peso de la semilla; ES: Espesor de la semilla

Código de la Variable	Descripción de la Variable	N° semillas	Media	Mín.	Máx.	Desviación estándar	CV %	Varianza
LS (cm)	Longitud de la semilla	2750	2,44	1,8	3,4	0,31	13	0,09
AS (cm)	Ancho de la semilla	2750	1,05	0,6	1,4	0,13	12	0,02
ES (cm)	Espesor de la semilla	2750	0,75	0,5	2,1	0,17	22	0,03
PS (gr)	Peso de la semilla	2750	1,41	0,87	2,2	0,29	21	0,08

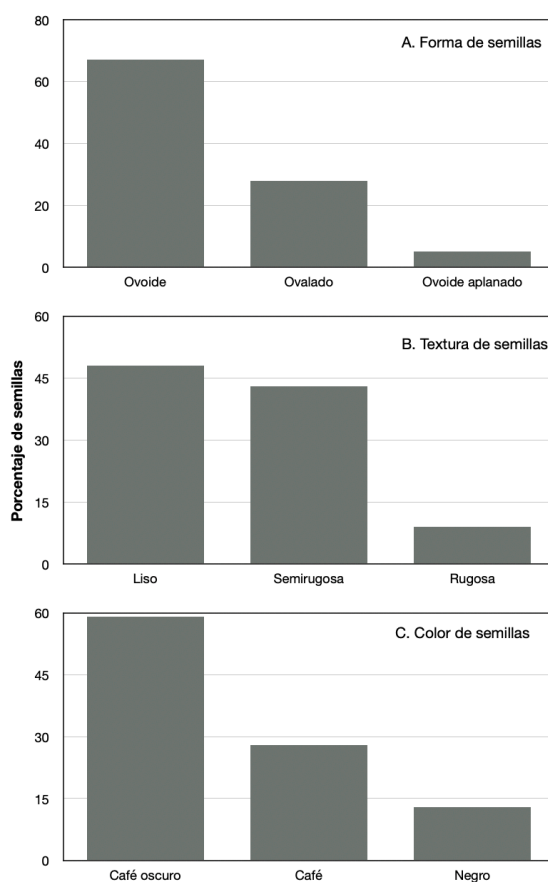


Figura 2. Porcentaje de semillas según diferentes características morfológicas.

Asimismo, Mostacedo *et al.* (2015) afirman que, la diversidad fenotípica puede estar correlacionada, por variables climáticas, tales como: latitud, precipitación anual, temperatura media anual. Por ejemplo, *Dipteryx alata* se concentra en diferentes altitudes desde 300 hasta 800 m (el intervalo entre 480-500 tiene mayor presencia de la especie). Con referente a la precipitación, se encuentra en lugares de 800 mm/año a 1800 mm/año (existiendo una mayor probabilidad de ocurrencia con más o menos de 1000 mm/año). El rango de temperatura para la mayor presencia de la especie es de 21-24 °C, siendo la temperatura media óptima de distribución las zonas con 22 - 22.5 °C.

Según la evaluación cualitativa, las semillas tienen una forma ovoide (67 %) que varía ligeramente a ovalado (28%) y ovoide aplanado (5%); presentan una superficie lisa (48%), a semi rugosa (43%) rugosa (9%); y generalmente las semillas son de color café oscuro (59%), café (28%) y negro (13%) (Figura 2). Sano *et al.* (2008) reportan que, las semillas tienen una forma que varía desde ligeramente ovalada hasta elíptica ancha, ápice ligeramente redondeado y la mayoría de las semillas son de color beige. De acuerdo con Romero (2016), las semillas no solamente presentan rasgos cuantitativos que tendrían un efecto en los procesos de conservación de las especies, también poseen una diversidad de rasgos cualitativos que podemos describir y analizar como indicadores para contribuir a mejorar el proceso de conservación *ex situ* de la especie.

Diversidad morfológica

Existe diversidad morfológica en la producción de semillas, en cuanto a su tamaño, color, forma y textura, tal como se ilustra en la Figura 3. Cada código de procedencia, corresponde a cada uno de los 110 árboles de la muestra. Este hallazgo del trabajo coincide con la argumentación de Coímbra (2016) quien afirma la existencia de una gran variabilidad de formas de semillas tales como lisas, arrugadas, planas, redondeadas e irregulares. Por su parte, Sano (2016), indica que las semillas son de color de crema a color blanco y está rodeada con una panícula rodeada de color café oscuro.

Análisis de conglomerados

El dendograma de conglomerados agrupó a los morfotipos en 4 grupos similares entre sí (según las variables de tamaño y peso), como se puede ver en la Figura 4. Estos grupos son diferenciados por diferentes colores en cuanto a la similitud de rasgos morfológicos existentes en todas las muestras. Los morfotipos agrupados dentro de un grupo, no necesariamente pertenecen a una población o zona, si no que agrupa a diferentes procedencias de diferentes zonas que son parecidos morfológicamente en cuanto al tamaño y peso.

Respecto a la clasificación de las semillas según su similitud, Oliveira (2016) afirma que existen semillas con las mismas cualidades morfológicas, que pueden estar condicionadas de acuerdo a las características del suelo, temperatura y agua. Así como también, la polinización puede ser un factor determinante en la dispersión de un alto número de flores de manera adecuada, en un corto periodo de tiempo, siendo fundamental para la producción de semillas, ya que promueve el flujo de polen entre plantas.

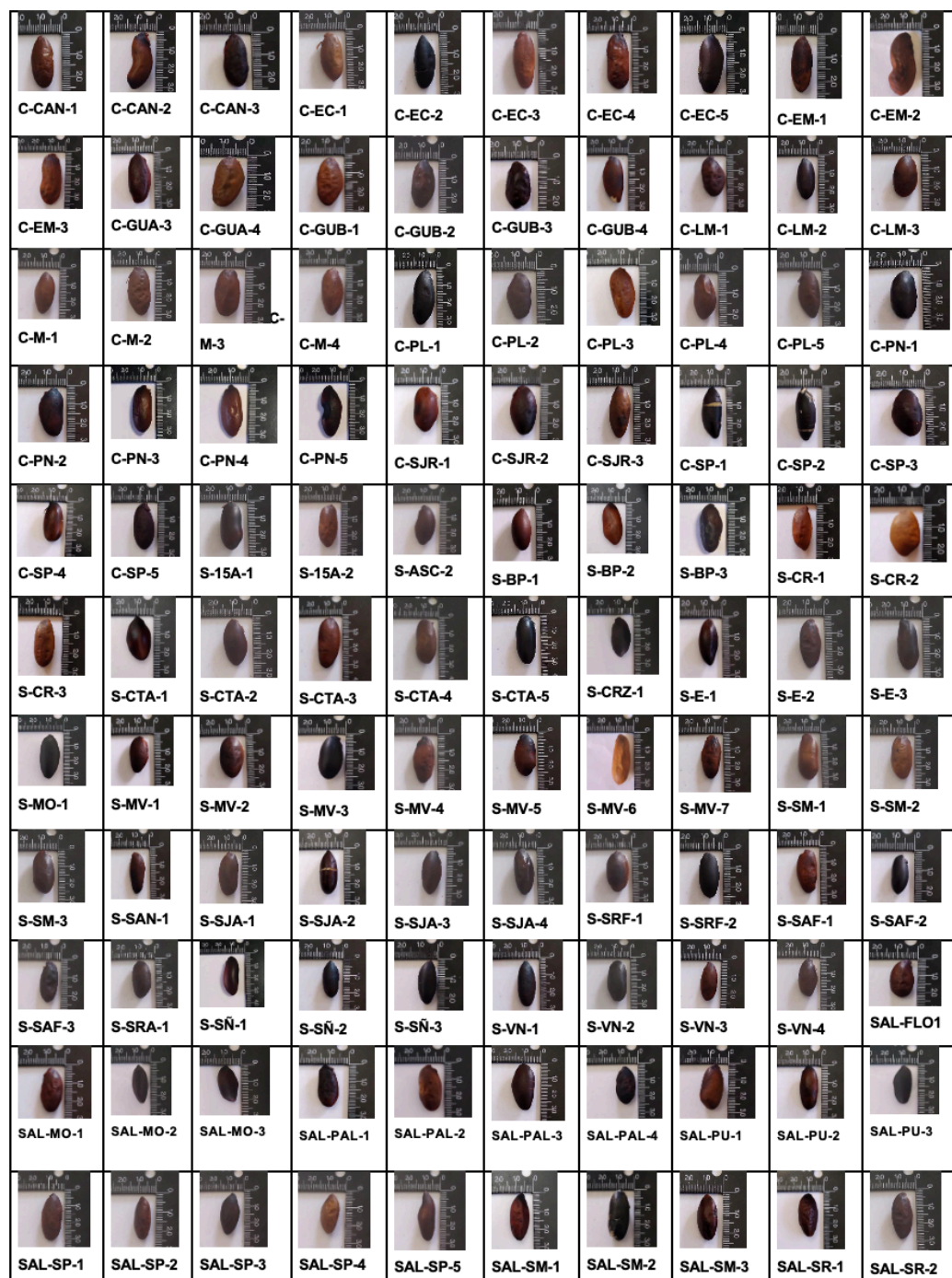


Figura 3. Diversidad morfológica de semillas de *Dipteryx alata* recolectadas en las distintas zonas y comunidades. Significado del código procedencia (Ejemplo **C-EC-5**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

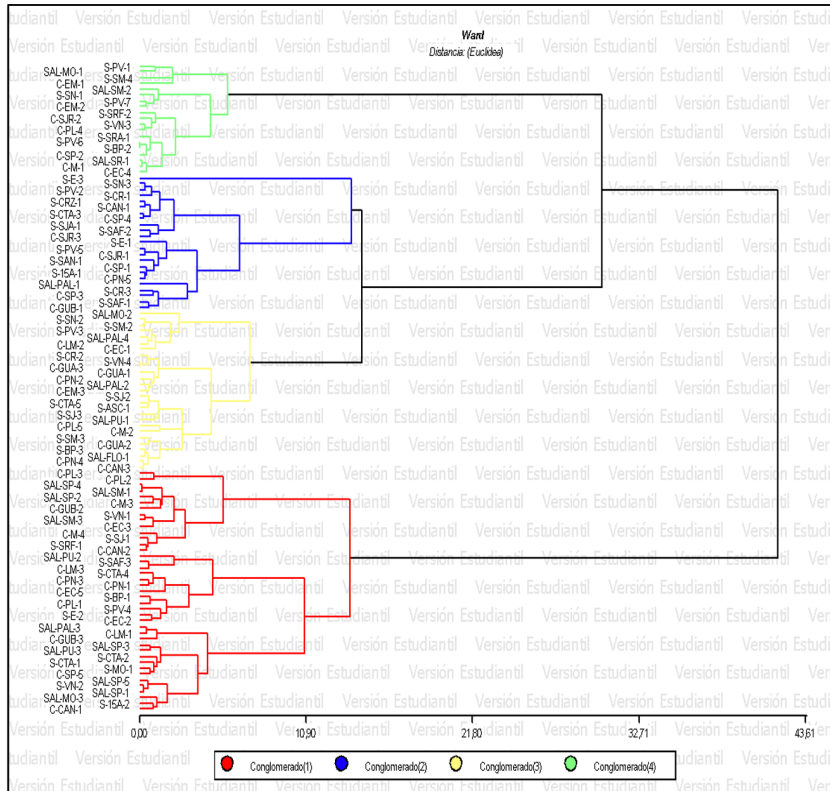


Figura 4. Dendrograma de conglomerados (Euclidean y método Ward). Significado del código procedencia (Ejemplo **S-VN-1**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

Análisis de componentes principales

Según los resultados del análisis de componentes principales, se determinó que hay un 68 % de varianza total en las variables LS, AS, ES y PS, tal como se muestra en la Figura 5. La varianza total es la suma del componente 1 (CP1) que representa el 44,4 % y el componente 2 (CP2) 23,6 %. Según Hidalgo (2003), se deben considerar como variabilidad positiva, en los componentes cuyos valores propios expliquen un 60 % o más de la varianza total. Por tanto, se confirma la existencia de la variabilidad morfológica en las variables del tamaño y peso de las semillas. Estas características pueden estar influenciadas por diferentes condiciones climáticas, y edáficas donde se encuentra ubicado la planta, y/o debido a la amplia polinización de las abejas, como ya mencionado anteriormente.

Asimismo, el gráfico de la Figura 5, permite determinar las variables con mayor contribución al estudio, estas son, la longitud y el espesor de la semilla, ya que son variables altamente correlacionadas entre sí. Por lo cual, estas variables son consideradas como criterios fundamentales al momento de seleccionar morfotipos sobresalientes a los demás (en cuanto al peso y tamaño).

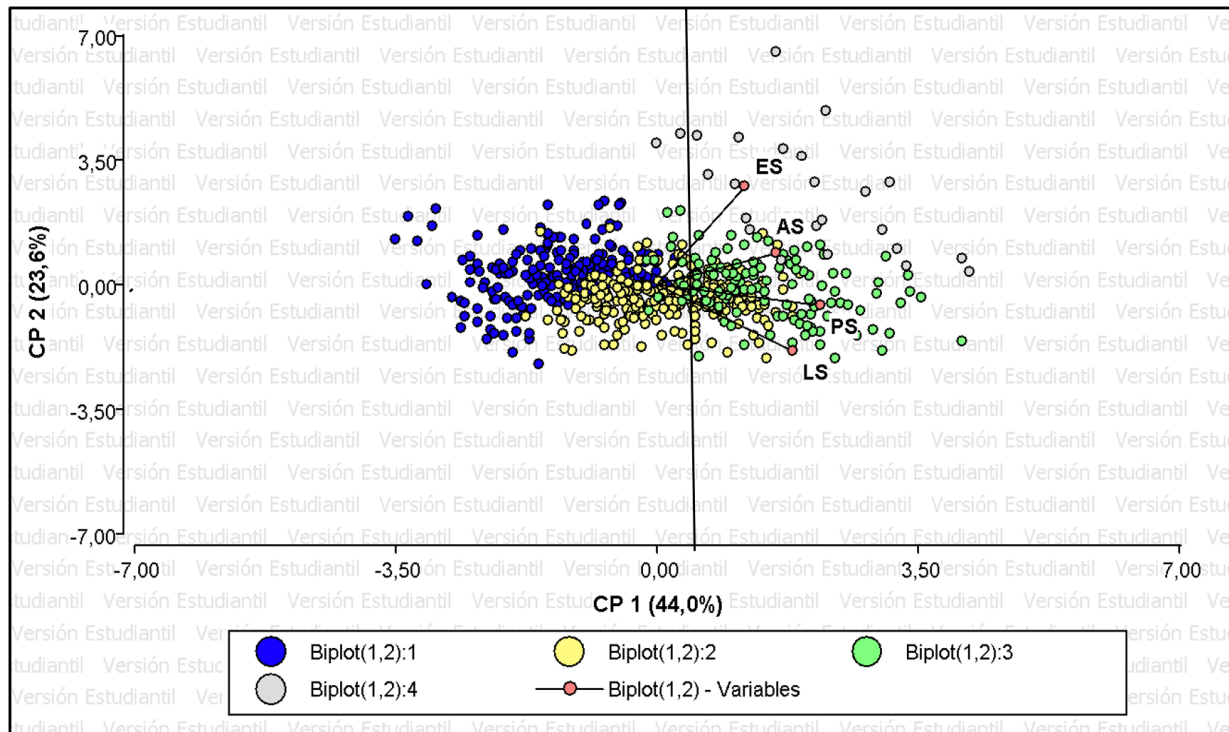


Figura 5. Dendrograma como resultado del análisis de componentes principales basado en el método Euclídea y Ward, tomando en cuenta las variables de las semillas. LS: Longitud de la semilla; AS: Ancho de la semilla; PS: Peso de la semilla; ES: Espesor de la semilla

Selección de morfotipos sobresalientes

Se seleccionaron 16 morfotipos que presentaron mayores ventajas en cuanto al tamaño y peso de la semilla, estos son los árboles : C-EC-5, C-LM-2, C-LM-3, S-BP-1, C-SP-5, SAL-PAL-3, SAL-PU-2, SAL-SP-1, SAL-SP-3, S-CR-2, S-CTA-1, S-SÑ-2, S-VN-2, S-MO-1, S-SRF-1, S-SM-2 (Figura 6). De estos árboles, cuatro se encontraban en el municipio de Concepción, ocho en San Ignacio de Velasco y cuatro en San Antonio de Lomerío.

La selección de las semillas dependerá mucho del interés del productor y/o comercializador. Si el fin es comercializar, las más atractivas para los ojos del consumidor son las semillas de color uniforme (de preferencia color café oscuro a negro), rellenas, de forma ovoide y con textura lisa. Ya que estas son consideradas más fácil de sacar la capa externa de la semilla en comparación a las planas y rugosas.

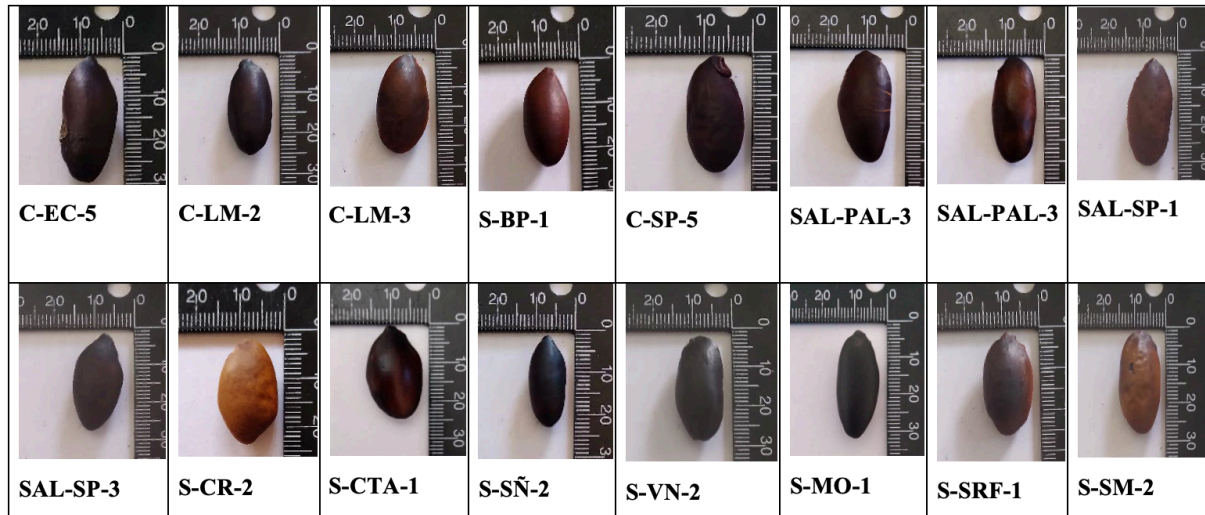


Figura 6. Morfotipos sobresalientes de las semillas de *Dipteryx alata*. Significado del código de procedencia (Ejemplo **C-EC-5**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

CONCLUSIONES

Las semillas de *Dipteryx alata* tienen un tamaño promedio de 2,44 cm de longitud; 1,05 cm de ancho; 0,75 cm de grosor; y pesa 1,41 g. Generalmente son de forma ovoide (66 %) que varía ligeramente de ovalado a ovoide aplanado (28%), tienen textura lisa (48%), semi-rugosa (43%) a rugosa (9%). Y preferentemente son de color café oscuro (45%); café (23%) y negro (10%). Las semillas tienen diferentes rasgos morfológicos tanto en su aspecto cualitativo y cuantitativo. La agrupación de progenies similares en cuanto a su aspecto cuantitativo (tamaño y peso), no necesariamente pertenecen a una población (comunidad), sino que, pueden existir morfotipos con las mismas cualidades morfológicas, pero ubicadas en diferentes lugares. La evidencia del 68% de variabilidad morfológica de las semillas en cuanto a su tamaño (LS, AS, ES, PS), puede estar influenciada por diversos factores tales como (tipo de suelo, genéticos o sistemas de polinización).

Las variables de peso y longitud de la semilla son elementos fundamentales al momento de seleccionar morfotipos grandes y de buen peso, en este contexto se ha seleccionado 16 morfotipos que presentaron mayores ventajas cuantitativas, estos se encuentran ubicados mayormente en comunidades del Municipio de San Ignacio de Velasco, seguidos de Concepción y San Antonio de Lomerío.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la tutora de tesis Ing. M.Sc. Fátima Baqueros, por su colaboración y su gran aporte en la ejecución del proyecto, a los Tribunales revisores: PhD. Roberto Vides, Ph. D. Edgar Ponce y M. Sc. Edwin Magariños, por el gran aporte en la revisión y ajustes que permitieron mejorar significativamente el trabajo. Al Director. de la Unidad de Postgrado Ciencias Agrícolas (UPCA), M. Sc. Carlos Rivadeneira, por el incentivo a profesionales durante el desarrollo de estudios de investigación. A la Coordinadora de investigación UFCA, Lic. Katiusha María Cirbian

Tejerina M.Sc., por la gran dedicación, compromiso y gestión en el proceso de culminación de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Acha, V. 2016. Determinación de la diversidad genética de almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel) en su área de distribución natural de Bolivia. Escuela de Ciencias Forestales-UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Bonilla, H.; López, A.; Carbajal, Y. y Siles, M. 2016. Análisis de variables morfométrica de frutos de "tara" provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agro morfológicos de interés. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ciudad Universitaria, Lima-Perú.
- Campos, HN.; SGanzerla WG.; Castro, E. y Veeck, P. 2023. Caracterização do barú (*Dipteryx alata* Vog.) e aplicação do seu subproduto agroindustrial na formulação de biscoitos. Revista de pesquisa agrícola e alimentaria. Brasil.
- Coímbra, J. 2016. Almendra Chiquitana (*Dipteryx alata*): Guía para su aprovechamiento, manejo y cultivo. FCBC. Santa Cruz, Bolivia.
- FCBC, 2014. Medios de vida en comunidades chiquitanas que participan en la cosecha y comercialización de almendra chiquitana (*Dipteryx alata*). Santa Cruz, Bolivia.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. (Boletín Técnico N° 8). 26 p
- Mostacedo, B.; Espinoza, D. Y Vallejos, A. 2015. Identificación de Variedades, Ecología y Productividad de la Almendra Chiquitana (*Dipteryx alata*). Dirección Universitaria de Investigación / Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito /Carreras de Biología, Ciencias Ambientales, Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia.
- Oliveira, TM.; Soares, S.; Aquino, A.; Siqueira, L.; Paula, M.; Santos, P.; Aristides R.; Altair de Souza A. Y Pereira, V. 2022. Cadena productiva de Barú: Protección del cerrado, buenas prácticas de gestión y agregación de ingresos para familias extractivas en Mato Grosso do Sul.
- Oliveira, A. Silva; Rosado, S. y Rodriguez, E.. 2006. Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). Revista Árvore 30(6): 905-909.
- Peltier, C.; Merlot, L. y Coímbra, J. 2009. Estudio socioeconómico de la cadena del aprovechamiento de la almendra chiquitana (*Dipteryx alata*) su percepción por los diferentes actores y sus posibilidades de desarrollo. FCBC. Santa Cruz, Bolivia.
- Romero, J. 2016. Caracterización morfológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Biotecnología y Biología Vegetal-Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Agroalimentaria y de Biosistemas.
- Sano, S. Y Simón, M. 2008. Productividad de Barú (*Dipteryx alata* Vog.) en ambientes modificados, durante 10 años. IX Simposio Nacional Cerrado, Brasília, D. F., Brasil.
- Sano, S.M. 2016. Barú Criterios de selección para la producción de almendras y recomponen ambiental. Biología, doutora em, ecología y pesquisadora de Embrapa Cerrados. Planaltina-Brasil.
- Vennetier, C.; Peltier R. Y Coímbra, J. 2012. Valorizar la Almendra Chiquitana, (*Dipteryx alata* Vogel). Una estrategia para mitigar el impacto ambiental del desarrollo agropecuario en Bolivia. Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.