

Artículo de investigación

Variabilidad fenotípica de accesiones de olivo (*Olea europaea* L.) del Banco de Germoplasma del INIA

Phenotypic variability of olive accessions (*Olea europaea* L.) from the INIA Germplasm Bank

Luis Humberto León-Mendoza^{1*}, Dayanha Beatriz Torres-Huall¹, Esther Condori-Cuno¹, Janet Libertad Huatuco-Coaquira¹, David Pavel Casanova Núñez-Melgar¹

¹ Instituto Nacional de Innovación Agraria., Estación Experimental Agraria Tacna. Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, Avenida Collpa S/N La Agronómica, distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, Perú, lleon@inia.gob.pe, dayanha310@gmail.com, econdori@inia.gob.pe, janet.l.huatuco.c@gmail.com, dcasanova@inia.gob.pe.

* **Autor por correspondencia:** lleon@inia.gob.pe

Recibido: 09 de octubre de 2025. **Revisado:** 31 de marzo de 2026. **Aceptado:** 28 de abril de 2026

Editor: Angelica Plata Rueda

Citación: León-Mendoza, L. H., Torres-Hualla, D. B., Condori-Cuno, E., Huatuco-Coaquira, J. L. y Núñez-Melgar, D. P. C. (2026). Variabilidad fenotípica de accesiones de olivo (*Olea europaea* L.) del Banco de Germoplasma del INIA. *Acta Biol. Colomb.*, 31(1), 71-81 <https://doi.org/10.15446/abc.v31n1.123250>

RESUMEN

El olivo (*Olea europaea*) ocupa una extensa superficie agrícola en el departamento de Tacna, Perú. En este contexto, la Subdirección de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú, implementó en 2019 una colección con 30 accesiones para su conservación y estudio. El objetivo fue evaluar la variabilidad fenotípica e identificar accesiones promisorias mediante descriptores morfológicos y parámetros del fruto. El análisis de varianza y prueba de Tukey mostraron diferencias significativas entre accesiones, aunque no entre sus respectivas plantas madre. El análisis de diversidad fenotípica, mediante los índices de Shannon-Weaver y Simpson, indicó que los descriptores cualitativos más discriminantes fueron los relacionados con fruto y endocarpio; de forma concordante, el análisis de componentes principales en descriptores cuantitativos confirmó la alta influencia de estas variables. El análisis de Pearson evidenció correlaciones positivas entre (i) el índice de madurez y sólidos solubles, (ii) el rendimiento de aceite y sólidos solubles, y (iii) correlación negativa entre el rendimiento de aceite y diámetro del fruto. Por último, la prueba de concordancia de atributos y el análisis de variación permitieron identificar 16 descriptores y 12 accesiones constantes. Entre estas, Arbequina destacó como promisoría para la producción de aceite, Cabaret para aceituna de mesa, y Farga como material de doble propósito.

Palabras clave: Aceite, brix, endocarpio, pomología, Tacna.

ABSTRACT

Olive (*Olea europaea*) is widely cultivated in the department of Tacna, Peru. In this context, the Genetic Resources Subdirectorate of the National Institute for Agrarian Innovation (INIA) established in 2019 a collection of 30 accessions for conservation and evaluation. This study aimed to assess phenotypic variability and identify promising accessions using morphological descriptors and fruit-related parameters. Analysis of variance followed by Tukey's test revealed significant differences among accessions, although no significant differences were detected among their respective mother plants. Phenotypic diversity analysis based on the Shannon-Weaver and Simpson indices showed that the most discriminating qualitative descriptors were those associated with the fruit and endocarp. Likewise, principal component analysis of quantitative descriptors confirmed the strong contribution of these variables to accession differentiation. Pearson's correlation analysis revealed positive associations between (i) maturity index and soluble solids and (ii) oil yield and soluble solids, as well as a negative association between oil yield and fruit diameter. Finally, the attribute concordance and variation test identified 16 descriptors and 12 constant accessions. Among these, Arbequina stood out as promising for oil production, Cabaret for table olive use, and Farga as a dual-purpose accession.

Keywords: Brix, endocarp, oil, pomology, Tacna.

INTRODUCCIÓN

El olivo (*Olea europaea* L.), perteneciente a la familia Oleaceae, es una especie domesticada hace aproximadamente 6.000 años en Medio Oriente a partir de su forma silvestre (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*). Su difusión probablemente ocurrió como resultado de la interacción humana durante las migraciones y selección realizada por los agricultores, lo que generó su expansión desde Medio Oriente hasta Sudamérica (Laaribi et al., 2017; El Bakkali et al., 2019). Actualmente, el 95 % de la producción mundial de *O. europaea* se concentra en la cuenca del Mediterráneo, con una producción anual superior a 3,3 millones de toneladas de aceite y más de 10,8 millones de hectáreas cultivadas. A nivel global, el aceite de oliva ocupa el séptimo lugar entre los aceites vegetales más producidos, España, Italia y Grecia son los principales productores, con el 38 %, 13 % y 10 % de la producción mundial de aceite de oliva, respectivamente; no obstante, esta producción se concentra en pocos cultivares comerciales con alto rendimiento y adaptabilidad (Laaribi et al., 2017; El Bakkali et al., 2019).

Debido a la prolongada historia de domesticación del olivo y a la expansión de su frontera agrícola, 54 países reportaron más de 1.200 cultivares conservados en más de 100 colecciones en campo, entre las que destacan Cosenza, en Italia con 500 cultivares; Izmir, en Turquía, con 96 cultivares; Chania, en Grecia, con 47 cultivares; y Mendoza, en Argentina, con 16 cultivares (El Bakkali et al., 2019). En Perú, el olivo fue introducido aproximadamente en 1.560 mediante estaquillas procedentes de Sevilla, España, y encontró su nicho ecológico óptimo en la región sur del país; desde entonces, la olivicultura se consolidó como una actividad económica relevante en el departamento de Tacna, especialmente en La Yarada, Los Palos, Magollo y Sama (Alfárez-García y Robles-Tello, 2006). Estas áreas se localizan en la zona de vida del Desierto desecado-templado cálido, caracterizada por una aridez extrema, precipitaciones anuales inferiores a 1 mm y temperaturas moderadas, además, presentan suelos arenosos, escasa pedregosidad, drenaje excesivo y alta permeabilidad, con un pH alcalino (8,0 a 8,5), baja capacidad de intercambio catiónico, bajo contenido de materia orgánica (<1 %), salinidad media a alta, bajos niveles de fósforo; climáticamente, entre diciembre a marzo presentan temperaturas promedio superiores a 20 °C y precipitaciones menores a 0,1 mm; y de abril a noviembre, temperaturas promedio inferiores a 20 °C (Alvarado Huapaya et al., 2020).

En el país, la producción de olivo se concentra en pocos cultivares comerciales, mientras que la variabilidad fenotípica de los materiales conservados no ha sido evaluada de manera sistemática, en relación con la capacidad discriminante de los descriptores morfológicos clave. En este contexto, se implementó la colección del Banco de Germoplasma del INIA con el propósito de preservar y aprovechar la diversidad de *O. europaea* y ampliar su potencial adaptativo y productivo en distintos contextos agroecológicos. Sin embargo, a pesar

de algunos esfuerzos previos de caracterización, como el realizado por León-Mendoza et al. (2021), todavía es limitada la información sistemática sobre la variabilidad fenotípica de las accesiones conservadas en esta colección. A diferencia de los estudios previos, el presente trabajo evalúa de manera detallada la capacidad discriminante de descriptores morfológicos clave, con un enfoque cuantitativo orientado a la identificación de accesiones promisorias. Para ello, se evaluaron descriptores agromorfológicos y parámetros del fruto en 22 accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma del INIA. El objetivo fue identificar accesiones promisorias y determinar los descriptores más útiles para diferenciar materiales de olivo en condiciones locales, con el fin de aportar información relevante para futuros programas de mejoramiento genético y estrategias de adaptación al cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos clave, según el Comité Oleícola Internacional (COI) y estudios recientes, con alta capacidad discriminante para diferenciar genotipos de *O. europaea*, su estabilidad temporal y elevada heredabilidad, por lo que constituyen herramientas esenciales para la caracterización y conservación de colecciones de germoplasma.

Área de estudio

La Colección de Olivo del Banco de Germoplasma del INIA fue implementada en 2019 y comprende 30 accesiones distribuidas en un área de 0,95 ha. Las accesiones fueron agrupadas según su aptitud productiva: para mesa, aceite y doble propósito. La colección está establecida en la Estación Experimental Agraria Tacna, Centro Experimental Los Palos, en el distrito de La Yarada Los Palos, provincia y departamento de Tacna, Perú (18°15'52,920" S, 70°23'36,240" W, a una altitud de 54 m s. n. m.).

Material biológico

Se emplearon como material de estudio frutos, endocarpos, hojas y árboles procedentes de plantas madre y clones en producción pertenecientes a 30 accesiones conservadas en la Colección de Olivo del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Las plantas madre corresponden a los ejemplares originales introducidos y conservados por el INIA, y constituyen la fuente genética primaria de cada accesión; por su parte, los clones en producción son réplicas vegetativas establecidas para evaluación agronómica y conservación activa. El estudio se realizó bajo un diseño no experimental, transversal y descriptivo, con enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), mediante la observación y descripción de características morfológicas y productivas en condiciones naturales, sin manipulación experimental, durante tres campañas agrícolas. Asimismo, se utilizó material

fitogenético conservado *ex situ* en el Banco de Germoplasma del INIA, en el marco institucional de conservación, caracterización y evaluación de recursos genéticos de especies cultivadas, conforme a la Decisión 391 de la Comunidad Andina y al Decreto Supremo N.º 003-2009-MINAM (Ministerio del Ambiente, 2009).

Índice de maduración y cosecha

Para determinar el índice de maduración, se recolectaron 2 kg de frutos por cada clon en producción, mediante muestreos realizados en cuatro orientaciones cardinales (norte, sur, este y oeste) del tercio medio de la copa de cada árbol; a partir de esta muestra, se seleccionaron aleatoriamente 100 frutos, los cuales se clasificaron visualmente según su estado de maduración, con base en la coloración de la piel (maduración externa) y pulpa (maduración interna), de acuerdo con la escala propuesta por el COI (Arquero et al., 2011).

$$\text{Índice de maduración: } \frac{(0 \times A) + (1 \times B) + (2 \times C) \dots + (7 \times H)}{100}$$

El índice de maduración se calculó aplicando la fórmula propuesta por el COI, en la que A, B, C, D, E, F, G y H representan la cantidad de frutos en cada una de las categorías de maduración, numeradas del cero al siete; el valor obtenido representa el grado promedio de maduración de la muestra (Arquero et al., 2011).

Caracterización morfológica

La caracterización morfológica se efectuó en plantas madre durante 2021 y clones en producción durante 2022 y 2023, dado que la colección entró en etapa productiva en 2022, tras su establecimiento en 2019. Para describir las características morfológicas del fruto, endocarpo, hoja y árbol (Tablas 1 y 2), se emplearon los descriptores oficiales del COI, conforme a lo propuesto por Barranco-Navero et al. (2000), Bou Yazbeck et al. (2019) y León-Mendoza et al. (2021).

Para la caracterización del fruto, se recolectaron 42 unidades con un índice de madurez inferior a cuatro, descartando aquellas que presentaban tamaños atípicos (muy pequeños o grandes). La evaluación de la forma se efectuó en posición A, correspondiente al eje de mayor asimetría al sujetar el fruto entre el dedo índice y pulgar. En los frutos recolectados, se evaluó peso (bajo, medio, elevado y muy elevado), forma (esférica, ovoide y alargada), grado de simetría (simétrico, ligeramente asimétrico y asimétrico), diámetro transversal máximo (hacia la base, centrado, hacia el ápice), ápice (apuntado, redondeado), base (truncada y redondeada) y pezón (ausente, esbozado y evidente), además, en frutos verdes se evaluaron la presencia y tamaño de lenticelas (Barranco-Navero et al., 2000; Bou Yazbeck et al., 2019).

La caracterización de la hoja se realizó en plantas en estado vegetativo, para ello, se seleccionaron 40 hojas maduras por clon en producción, provenientes de ramas desarrolladas durante el año y tomadas del tercio medio de la copa del árbol; los descriptores considerados fueron forma (elíptica, elíptica-lanceolada y lanceolada), longitud (corta, media y larga), anchura (estrecha, media y ancha) y curvatura longitudinal del limbo (hiponástica, plana, epinástica y helicoidal) (Barranco-Navero et al., 2000; Bou Yazbeck et al., 2019; García et al., 2021).

Finalmente, la caracterización del árbol se realizó mediante inspección visual directa, registrando la distribución de ramas, altura, volumen y densidad de la copa, con base en los criterios morfológicos establecidos por el COI y adaptados por Barranco-Navero et al. (2000) y García et al. (2021). Los descriptores evaluados fueron vigor (bajo, medio y elevado), porte (abierto y erguido) y densidad de copa (clara, media y espesa).

Evaluación de parámetros del fruto

La evaluación de parámetros del fruto se realizó con el objetivo de complementar la caracterización morfológica e identificar variables relacionadas con la calidad productiva. Finalizada la cosecha, se determinó el calibre de cada accesión mediante el conteo del número de frutos contenidos en un kilogramo de muestra, de acuerdo con lo establecido por la normativa de Estados Unidos para aceitunas comerciales (Garrido-Fernández y Romero-Barranco, 1999).

El rendimiento de aceite y contenido de humedad de los frutos se determinaron mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*, NIRS), para ello, se utilizó un espectrofotómetro DA-7000 VIS/NIR (DA-7000 *Diode Array VIS/NIR Spectrophotometer*, Suecia), que emplea matrices de diodos en canales paralelos. Las calibraciones NIRS se realizaron empleando el software quimiométrico NIRCAL, recomendado para el procesamiento de datos obtenidos con este equipo (León et al., 2003). Se analizaron tres muestras por accesión, cada una en triplicado, y los resultados fueron promediados.

El contenido de sólidos solubles se evaluó para estimar la concentración de azúcares solubles. Para ello, se preparó una solución acuosa a partir del extracto del fruto: se homogenizaron 20 g de pulpa en 40 mL de agua destilada, se agitó la mezcla durante 2 minutos, se centrifugó a 11 000 rpm durante 10 minutos y se recuperó el sobrenadante filtrado; la lectura se realizó con un refractómetro digital (modelo HI96801, HANNA Instruments), y los resultados se expresaron en grados Brix (°Bx) (Migliorini et al., 2011). Se analizaron tres muestras por accesión en triplicado; posteriormente, los resultados se promediaron. Finalmente, tras la caracterización morfológica del fruto y endocarpo, se determinó el porcentaje de pulpa y endocarpo. Para ello, se empleó la diferencia gravimétrica entre el peso total

del fruto y del endocarpo seco (Del Río y Caballero, 2008; Lazović et al., 2016).

Análisis de variación y diferenciación fenotípica entre accesiones

El análisis de los datos se estructuró en tres niveles: análisis descriptivo, análisis inferencial y análisis multivariado. En el análisis descriptivo, se elaboraron cuadros estadísticos para sintetizar e interpretar las variables cuantitativas y cualitativas evaluadas en cada una de las tres campañas consecutivas. A partir de estos datos, se identificaron las accesiones constantes, entendidas como aquellas presentes en las tres campañas; y dentro de ellas, se determinaron las accesiones estables, definidas como aquellas que presentaron variaciones mínimas en los descriptores evaluados a lo largo del periodo. Este procedimiento permitió reconocer materiales con comportamiento morfológico consistente, identificar descriptores con mayor utilidad para la diferenciación fenotípica entre accesiones y establecer una base técnica para la selección de accesiones promisorias con potencial productivo y estabilidad fenotípica.

En el análisis inferencial, en los descriptores cuantitativos se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$, seguido de una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con el objetivo de determinar diferencias estadísticas significativas entre accesiones y plantas madre según su procedencia, así como entre accesiones (Morales-Morales et al., 2019).

Para los descriptores cualitativos, se evaluó la capacidad discriminante mediante el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'), conforme a la fórmula de Shannon y Weaver (1964), además, se determinó la dominancia y variabilidad fenotípica de los descriptores cualitativos mediante el índice de Gini - Simpson de acuerdo con la siguiente fórmula

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi * \ln(pi) \quad D = 1 - \sum_{i=1}^S pi^2$$

Donde, pi corresponde a la abundancia relativa, \ln al logaritmo natural y S al número total de categorías del descriptor.

En el análisis multivariado, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para establecer la influencia de los descriptores cuantitativos en la diferenciación entre accesiones. Este análisis permitió reducir la dimensionalidad de los datos y visualizar la distribución de las accesiones en función de los componentes principales. Complementariamente, se efectuó un análisis de agrupamiento jerárquico y se construyeron dendrogramas de similitud para las accesiones constantes, con base en sus características morfológicas y parámetros del fruto, con el fin de visualizar patrones de agrupación fenotípica entre materiales. Paralelamente, se aplicó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación lineal entre descriptores, con un nivel de significancia ($p \leq 0,05$) (Alencar et al., 2021; da

Conceição-dos Santos et al., 2022). Todos los análisis fueron procesados utilizando los programas Minitab 19 Statistical Software y RStudio.

Selección de accesiones promisorias

La selección de accesiones promisorias se realizó a partir de las accesiones constantes y estables identificadas previamente. Adicionalmente, se consideraron criterios como precocidad, alternancia productiva, rendimiento de aceite y contenido de sólidos solubles. Se consideraron precoces aquellas accesiones que iniciaron producción en el tercer año tras el establecimiento de la colección. La alternancia productiva se evaluó mediante la variación interanual del rendimiento productivo, priorizando accesiones con oscilaciones inferiores al 20 % entre campañas. El rendimiento de aceite se estimó mediante espectroscopía NIRS, seleccionándose las accesiones con valores superiores al 23 %. Para el contenido de sólidos solubles, se priorizaron las accesiones con valores superiores a tres °Brix. Finalmente, se consideraron promisorias aquellas accesiones constantes y estables que, además, cumplieron con estos criterios productivos.

RESULTADOS

Caracterización morfológica

Durante 2021 se realizó la caracterización morfológica de 30 plantas madre correspondientes a 23 accesiones de la Colección de Olivo. La evaluación se limitó a aquellas plantas que contaban con suficiente material biológico disponible, recolectándose un total de 532 frutos, 1.149 endocarpos y 920 hojas. En 2022, el análisis se amplió a 88 clones pertenecientes a las mismas 23 accesiones, con una muestra de 3 696 frutos, 3 696 endocarpos y 3 520 hojas. En 2023, se evaluaron 149 clones de 27 accesiones, lo que representó el 41,4 % del total de clones conservados en la colección, con un total de 6.258 frutos, 6.258 endocarpos y 5.920 hojas analizadas.

Las accesiones PER1010617, PER1010622, PER1010626, PER1010627 y PER1010631 destacaron por presentar el mayor número de clones en producción y, simultáneamente, menor alternancia productiva entre las campañas 2022 y 2023.

Evaluación de parámetros del fruto

El análisis de los parámetros del fruto, basado en la evaluación de 22 accesiones durante las campañas 2022 y 2023, evidenció una mayor estabilidad fenotípica en la campaña 2023, asociada con una menor dispersión de los datos y una expresión más consistente de los descriptores evaluados. En cuanto al rendimiento de aceite, los valores registrados en 2023 oscilaron entre 19,58 % (PER1010628) y 30,91 % (PER1010645); asimismo, destacaron PER1010620 (29,70 %) y PER1010622 (29,34 %). Con respecto al contenido

de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), los valores variaron entre 2,46 $^{\circ}$ Brix (PER1010624) y 5,59 $^{\circ}$ Brix (PER1010638), sobresalieron también PER1010633 (4,96 $^{\circ}$ Brix) y PER1010634 (4,88 $^{\circ}$ Brix). El índice de madurez presentó valores entre 1,81 (PER1010640) y 4,89 (PER1010620). En relación al porcentaje de pulpa, se registraron valores entre 70,17 % (PER1010639) y 91,24 % (PER1010641), mientras que el porcentaje de endocarpo osciló entre 8,90 % (PER1010628) y 20,20 % (PER1010619).

Análisis de variación y diferenciación fenotípica entre accesiones

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los descriptores cuantitativos de las campañas 2022 y 2023 evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las accesiones de la colección de olivo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las accesiones y sus respectivas plantas madre de procedencia. Los valores de F fueron altos y los valores de p fueron inferiores a 0,0001 en todos los casos, lo que justificó el uso de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 1).

La prueba de Tukey reveló que los descriptores del fruto (peso, longitud, diámetro y forma) generaron mayor diferenciación entre accesiones, mientras que los asociados a la hoja mostraron menor capacidad discriminante. Esto permitió identificar patrones relevantes en atributos como tamaño del fruto, longitud del endocarpo y proporción de

pulpa. Complementariamente, el dendrograma de similitud evidenció tres agrupamientos principales entre las accesiones constantes, tanto para caracteres agromorfológicos como comerciales (Fig. 1). A su vez, el análisis de componentes principales confirmó que las variables del fruto y endocarpo explicaron la mayor proporción de la variabilidad (Fig. 2), y mediante el dendrograma se identificaron las asociaciones entre PER1010627 y PER1010622, así como el agrupamiento de PER1010642, PER1010634, PER1010640, PER1010626 y PER1010617, lo que muestra una diferenciación fenotípica entre accesiones.

En la campaña 2022, la accesión PER1010644 destacó por su mayor peso y diámetro de fruto, así como por el mayor peso del endocarpo; PER1010632 presentó la mayor longitud de fruto y endocarpo; PER1010634 tuvo el mayor número de surcos fibrovasculares; y PER1010631 las mayores dimensiones de hoja.

En la campaña 2023, PER1010618 fue la accesión con mayor peso y diámetro de fruto y endocarpo; PER1010623 presentó la mayor longitud de estas estructuras; PER1010644 volvió a sobresalir por su número de surcos fibrovasculares; y PER1010631 se mantuvo como la accesión con las hojas más grandes. Se aplicó el análisis de correlación de Pearson a los valores cuantitativos originales registrados para cada descriptor y a los parámetros del fruto evaluados, verificando previamente el cumplimiento de los supuestos de normalidad y linealidad. En total, se obtuvieron 140 correlaciones bivariadas, entre las

Tabla 1. Análisis de varianza de las variables cuantitativas de las plantas madre y clones evaluados en 2021, 2022 y 2023 en la colección de olivo del banco de germoplasma del INIA.

Descriptor	Plantas madre			Clones evaluados					
	2021			2022			2023		
	F	p	Tukey	F	p	Tukey	F	p	Tukey
Peso del fruto	563,26	$p < 0,001$	8	609,50	$p < 0,001$	14	1689,01	$p < 0,001$	17
Longitud del fruto	430,65	$p < 0,001$	7	1068,85	$p < 0,001$	14	2141,68	$p < 0,001$	19
Diámetro del fruto	446,25	$p < 0,001$	8	552,76	$p < 0,001$	15	1748,37	$p < 0,001$	18
Longitud/Diámetro del fruto	203,97	$p < 0,001$	8	684,16	$p < 0,001$	14	1133,32	$p < 0,001$	17
Peso del endocarpo	193,00	$p < 0,001$	11	479,18	$p < 0,001$	13	766,49	$p < 0,001$	19
Longitud del endocarpo	300,94	$p < 0,001$	11	471,65	$p < 0,001$	12	1495,12	$p < 0,001$	18
Diámetro del endocarpo	164,09	$p < 0,001$	9	383,33	$p < 0,001$	13	728,40	$p < 0,001$	15
Longitud/Diámetro del endocarpo	263,20	$p < 0,001$	14	1017,41	$p < 0,001$	13	630,15	$p < 0,001$	17
Número de surcos fibrovasculares	75,99	$p < 0,001$	11	249,66	$p < 0,001$	13	736,53	$p < 0,001$	14
Longitud de la hoja	102,50	$p < 0,001$	11	251,15	$p < 0,001$	14	325,89	$p < 0,001$	15
Ancho de la hoja	95,60	$p < 0,001$	10	202,31	$p < 0,001$	10	248,26	$p < 0,001$	17
Longitud/Ancho de la hoja	63,74	$p < 0,001$	12	195,31	$p < 0,001$	9	333,27	$p < 0,001$	14

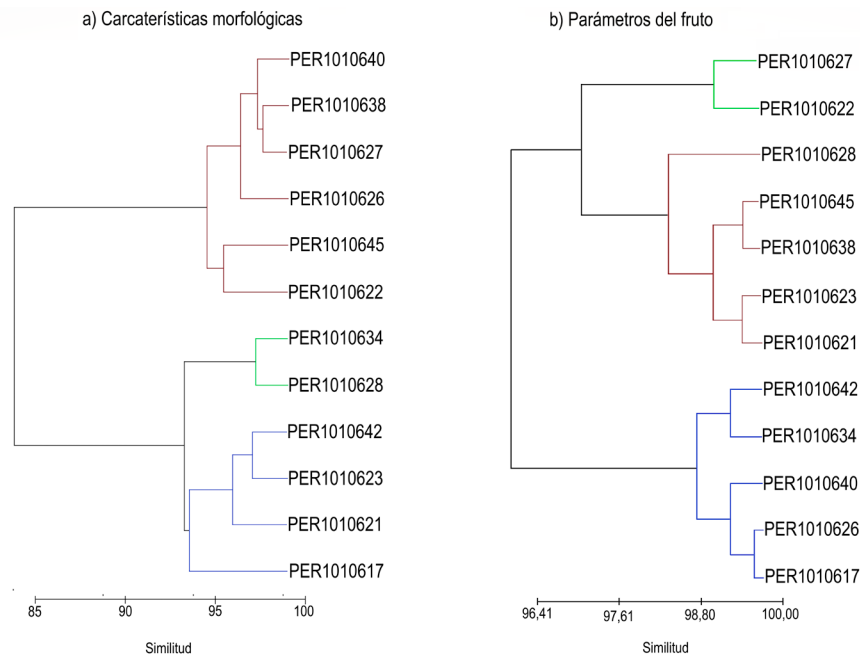


Figura 1. Dendrograma de similitud de accesiones constantes de olivo, campaña 2023 a) Características morfológicas. b) Parámetros del fruto. PER1010617 (Arbequina), PER1010621 (Cabaret), PER1010622 (Coratina), PER101062 (Cornezuelo), PER1010626 (Farga), PER1010627 (Frantoio), PER1010628 (Genovesa), PER1010634 (Liguria), PER1010638 (Moraiolo), PER1010640 (Picholine Marrocaide), PER1010642 (Serrana de Espadán), PER1010645 (Villalonga).

cuales destacaron asociaciones significativas y consistentes entre campañas. Se observó una fuerte correlación positiva entre el peso del endocarpo y peso del fruto ($r = 0,860$; $p < 0,001$), así como entre el peso del endocarpo y longitud del fruto ($r = 0,764$; $p < 0,001$). También se encontró una correlación positiva entre el porcentaje de pulpa y peso del fruto ($r = 0,795$; $p < 0,001$). El número de surcos fibrovasculares mostró una correlación baja pero significativa con peso del fruto ($r = 0,668$; $p < 0,001$).

En relación a las variables con la madurez y rendimiento de aceite ($r = 0,478$; $p < 0,001$), el índice de maduración presentó una correlación positiva y significativa con el contenido de sólidos solubles ($r = 0,267$; $p < 0,001$), en ambas campañas. Asimismo, el contenido de sólidos solubles se correlacionó positivamente con el rendimiento de aceite ($r = 0,173$; $p < 0,001$), mientras que este último mostró una correlación negativa con el diámetro del fruto ($r = -0,112$; $p < 0,001$).

El índice de Shannon-Weaver aplicado a los descriptores cualitativos en las campañas 2022 y 2023 evidenció que aquellos descriptores vinculados al fruto y endocarpo presentaron la mayor capacidad discriminante entre accesiones de olivo, al registrar los valores más altos de diversidad fenotípica. Entre estos descriptores, el peso del fruto registró un valor de 0,197 en 2022 y 0,187 en 2023; el peso del endocarpo, 0,197 en 2022 y 0,183 en 2023; y la forma del endocarpo, 0,196 en 2022 y 0,183 en 2023, lo que evidencia su alta capacidad para discriminar entre accesiones. Estos mismos descriptores presentaron los

niveles más bajos de dominancia según el índice de Gini-Simpson (0,0006 a 0,0007), lo que indicó una distribución equitativa de los estados fenotípicos entre las accesiones, por tanto, una alta capacidad de diferenciación. En cambio, los descriptores relacionados a características del árbol como el vigor, porte y densidad de copa mostraron los valores más bajos de diversidad ($H = 0,008$ en 2022 y 0,007 en 2023) y una dominancia nula, lo cual reflejó uniformidad en estos rasgos y una menor utilidad para distinguir entre accesiones.

Accesiones constantes y estabilidad de descriptores morfológicos

Se determinaron 12 accesiones constantes, entendidas como aquellas que se mantuvieron bajo condiciones homogéneas de evaluación en ambas campañas (2022 y 2023), sin reposiciones ni pérdidas de plantas, y cuyas plantas madre fueron evaluadas previamente en 2021. En estas accesiones, nueve descriptores morfológicos mostraron una concordancia superior al 50 %, mientras que el descriptor porte del árbol presentó la menor coincidencia (16,67 %), posiblemente debido al estado fenológico temprano del cultivo (menor de cuatro años) y a las podas de formación aplicadas. Asimismo, el análisis de variación porcentual de los descriptores cuantitativos discretos evidenció fluctuaciones inferiores a 40 %, lo cual indicó una

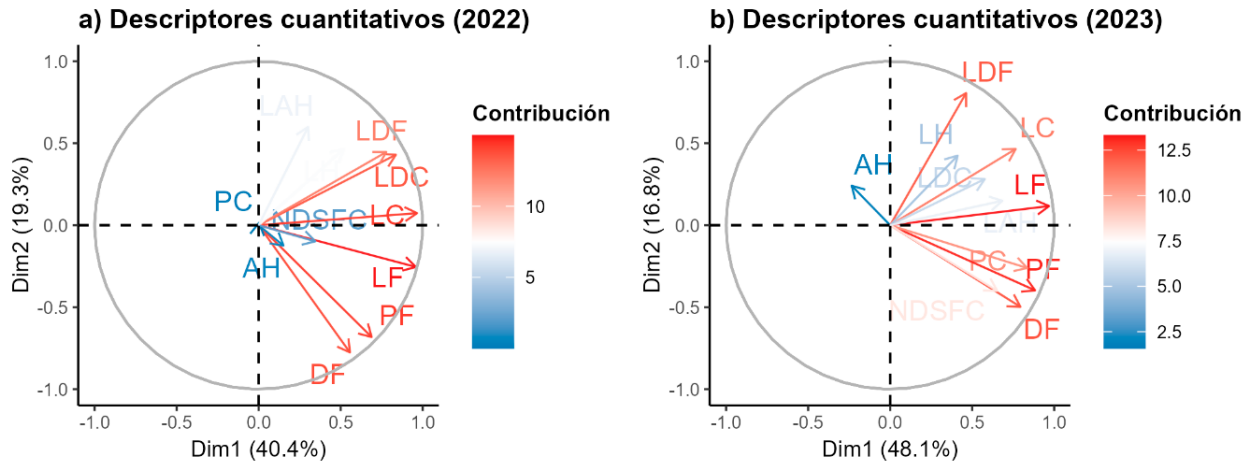


Figura 2. Gráfica de valores individuales de las variables cuantitativas de fruto, endocarpo, hoja y árbol de los clones evaluados en (a) 2022 y (b) 2023. PF (peso del fruto), LF (longitud del fruto), DF (diámetro del fruto), LDF (relación de la longitud/diámetro del fruto), PC (peso del endocarpo), LC (longitud del endocarpo), DC (diámetro del endocarpo), LDC (relación/longitud del endocarpo), NSFC (número de surcos fibrovasculares), LH (longitud de la hoja), AH (ancho de la hoja), LAH (relación longitud/ancho).

relativa estabilidad de las características evaluadas entre campañas (Tabla 2)

Selección de accesiones promisorias

Los resultados obtenidos en la caracterización morfológica y análisis de parámetros del fruto indicaron que las accesiones PER1010617 (Arbequina) y PER1010627 (Frantoio) presentaron un alto rendimiento de aceite, mientras que PER1010626 (Farga) y PER1010622 (Coratina) destacaron por su potencial de doble propósito, asociando con un adecuado contenido de sólidos solubles, porcentaje de pulpa y endocarpo. Estas accesiones también mostraron menor variabilidad fenotípica y mayor estabilidad en sus características morfológicas, lo cual refuerza su valor como materiales promisorios (Fig. 3).

DISCUSIÓN

La diversidad morfológica observada en la colección confirma la variabilidad del germoplasma conservado y refuerza la utilidad de su caracterización en Tacna, donde la evaluación morfológica de variedades ha sido relevante para la investigación y mejoramiento genético (Alfárez-García y Robles-Tello, 2006).

Además de la variabilidad morfológica observada, la alternancia productiva en *O. europaea* constituye un aspecto relevante para interpretar los resultados obtenidos, ya que este fenómeno, según Benjeddou et al. (2019), puede estar influido por factores como el genotipo, condiciones ambientales, estado nutricional del árbol, equilibrio hormonal, prácticas de manejo e incidencia de plagas; este comportamiento puede afectar directamente atributos como el tamaño del fruto y rendimiento

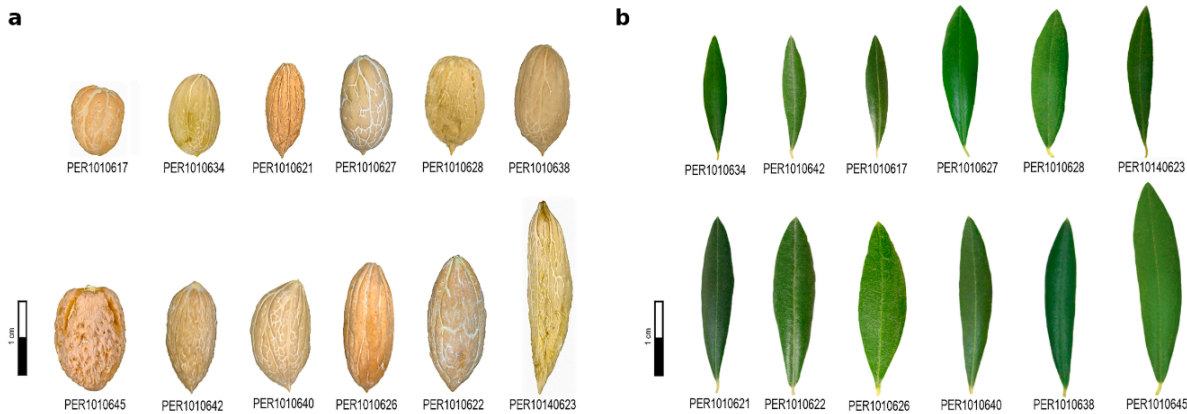


Figura 3. Variabilidad fenotípica del endocarpo y hoja de las 12 accesiones constantes seleccionadas en las campañas (a) 2022 y (b) 2023.

Tabla 2. Caracterización morfológica de endocarpo, hoja y árbol de 12 accesiones constantes evaluadas en las campañas 2022 y 2023 de la colección de olivo del Banco de Germoplasma del INIA

Código de accesión	PC	FC	GSC	DTMC	AC	BC	SC	NSFC	DSFC
PER1010617	Bajo	Ovoide	Simétrico	Centrado	Redondeado	Apuntada	Rugosa	Medio	Uniforme
PER1010621	Muy Elevado	Alargada	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Apuntada	Rugosa	Alto	Uniforme
PER1010622	Elevado	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Redondeada	Lisa	Medio	Uniforme
PER1010623	Muy Elevado	Alargada	Asimétrico	Centrado	Apuntado	Apuntada	Lisa	Alto	Uniforme
PER1010626	Medio	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Redondeado	Truncada	Lisa	Medio	Uniforme
PER1010627	Elevado	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Redondeada	Lisa	Medio	Uniforme
PER1010628	Elevado	Ovoide	Simétrico	Centrado	Redondeado	Truncada	Rugosa	Alto	Agrupados junto a la sutura
PER1010634	Bajo	Ovoide	Ligeramente asimétrico	Centrado	Redondeado	Truncada	Lisa	Alto	Uniforme
PER1010638	Medio	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Redondeada	Lisa	Medio	Uniforme
PER1010640	Elevado	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Redondeada	Rugosa	Medio	Uniforme
PER1010642	Medio	Elíptica	Ligeramente asimétrico	Centrado	Apuntado	Apuntada	Lisa	Medio	Uniforme
PER1010645	Elevado	Ovoide	Simétrico	Centrado	Apuntado	Truncada	Rugosa	Medio	Agrupados junto a la sutura

Código de accesión	FH	LH	AH	CLH	VA	PA	DCA
PER1010617	Lanceolada	Media	Medio	Hiponástica	Medio	Erguido	Media
PER1010621	Lanceolada	Media	Medio	Plana	Medio	Erguido	Media
PER1010622	Lanceolada	Media	Medio	Hiponástica	Medio	Erguido	Media
PER1010623	Lanceolada	Media	Estrecha	Plana	Medio	Erguido	Media
PER1010626	Lanceolada	Media	Medio	Plana	Medio	Abierto	Media
PER1010627	Lanceolada	Media	Medio	Plana	Medio	Erguido	Media
PER1010628	Lanceolada	Media	Medio	Plana	Medio	Erguido	Media
PER1010634	Lanceolada	Corta	Medio	Plana	Medio	Abierto	Media
PER1010638	Lanceolada	Larga	Medio	Plana	Medio	Abierto	Media
PER1010640	Lanceolada	Media	Medio	Plana	Medio	Abierto	Media
PER1010642	Lanceolada	Media	Medio	Hiponástica	Medio	Abierto	Media
PER1010645	Lanceolada	Larga	Medio	Hiponástica	Medio	Abierto	Media

de aceite, por lo que la identificación de accesiones con baja alternancia resulta de interés para programas de mejoramiento y selección de materiales con comportamiento agronómico más predecible.

La elección de los parámetros del fruto evaluados se justifica, porque complementan la caracterización morfológica mediante variables asociadas al rendimiento de aceite, contenido de humedad y sólidos solubles, las cuales aportan información

relevante para la identificación de accesiones promisorias en programas de mejoramiento genético (León *et al.*, 2003). Asimismo, se consideró el índice de maduración, dado que la acumulación de aceite se inicia con el endurecimiento del endocarpo y culmina cuando el fruto alcanza su desarrollo completo, el cual está influido por la variedad y por las condiciones ambientales, lo que puede afectar la velocidad de formación de aceite (del Río y Caballero, 2008).

Los resultados obtenidos sobre la variación fenotípica en esta investigación coinciden con lo reportado por Koubouris et al. (2019), donde encontraron que los caracteres del endocarpo fueron suficientes para discriminar con precisión entre 41 cultivares evaluados. En concordancia con ello, en el presente estudio los descriptores del fruto fueron más consistentes, y los del endocarpo mostraron mayor capacidad para diferenciar accesiones, mientras que las variables foliares y vegetativas tuvieron una contribución menor a la variabilidad observada. Esto sugiere que el endocarpo constituye una de las estructuras morfológicas más informativas para la caracterización fenotípica del germoplasma de *O. europaea*, por su capacidad discriminante y utilidad en la diferenciación de accesiones. No obstante, su interpretación debe realizarse considerando también la posible influencia de las condiciones agroambientales.

Asimismo, la correlación entre el contenido de sólidos solubles y rendimiento de aceite coincide con lo reportado por Migliorini et al. (2011), quienes identificaron una relación lineal significativa entre ambas variables a lo largo de la maduración del fruto. Según estos autores, el contenido de sólidos solubles puede constituir un indicador útil del estado de madurez tecnológica de las aceitunas, dado que su incremento acompaña la acumulación de aceite. Por tanto, este parámetro refuerza la utilidad para las evaluaciones productivas.

El análisis de componentes principales identificó que los caracteres del fruto y endocarpo mostraron mayor aporte a la variabilidad, mientras que las foliares y vegetativas tuvieron menor contribución. En concordancia, el dendrograma de similitud evidenció agrupamientos consistentes entre accesiones.

La estabilidad observada en los descriptores morfológicos concuerda con lo reportado por Trujillo et al. (2014), quienes resaltan la utilidad de estos caracteres, especialmente los vinculados al endocarpo, para la diferenciación de accesiones debido a su capacidad discriminante y estabilidad temporal. Si bien los marcadores moleculares constituyen una herramienta más robusta en la caracterización varietal actual, los descriptores morfológicos mantienen su valor como complemento, al permitir reconocer variaciones fenotípicas observables en campo. En este sentido, la integración futura de descriptores morfológicos y herramientas moleculares puede fortalecer la precisión en la caracterización e identificación de accesiones en colecciones de germoplasma.

Las doce accesiones evaluadas presentaron variabilidad morfológica relevante en caracteres del endocarpo, hoja y arquitectura del árbol, en correspondencia con lo descrito por diversos autores. Las accesiones PER1010623 (Cornezuelo) y PER1010621 (Cabaret) destacaron por presentar endocarpos alargados y alto número de surcos, características consistentes con lo reportado por Del Río y Caballero (2008) como rasgos discriminantes clave. A su vez, las accesiones PER1010628 (Genovesa) y PER1010645 (Villalonga) mostraron simetría marcada y forma ovoide,

similar a las descripciones de Koubouris et al. (2019) para cultivares de baja diversidad estructural. Las accesiones PER1010617 (Arbequina) y PER1010634 (Liguria) presentaron endocarpos de bajo peso y superficie lisa, atributos comunes en variedades ampliamente difundidas y también mencionados por Trentacoste y Puertas (2011). Por otro lado, las accesiones PER1010627 (Frantoio) y PER1010638 (Moraiolo) compartieron una forma elíptica con ápice apuntado y base redondeada, concordante con lo descrito por Fayek et al. (2014) para materiales italianos adaptados a sistemas intensivos. Respecto a los caracteres de la hoja, todas las accesiones exhibieron hojas lanceoladas, aunque PER1010638 (Moraiolo) y PER1010645 (Villalonga) presentaron hojas más largas, un rasgo asociado a eficiencia fotosintética según Albertini et al. (2011). En la arquitectura del árbol, accesiones como PER1010626 (Farga) y PER1010642 (Serrana de Espadán) mostraron copa abierta, en contraste con el porte erguido observado en PER1010622 (Coratina) y PER1010627 (Frantoio), como también lo documenta Dridi et al. (2018) para variedades mediterráneas. En conjunto, los hallazgos de este estudio refuerzan la importancia de integrar descriptores morfológicos y parámetros del fruto en la caracterización de germoplasma de *O. europaea*, aportando base sólida para su conservación y uso en programas de mejoramiento genético; así como la influencia agroclimática y edafológica en dichos caracteres.

CONCLUSIONES

La caracterización morfológica y evaluación de parámetros del fruto en las accesiones de *Olea europaea* conservadas en el Banco de Germoplasma del INIA evidenciaron una amplia variabilidad fenotípica intraespecífica. Los descriptores asociados al fruto y endocarpo presentaron alta capacidad discriminante. Estos resultados respaldan su utilidad en los procesos de caracterización y diferenciación de accesiones. Asimismo, se observó una correlación positiva entre el contenido de sólidos solubles, índice de maduración y rendimiento de aceite, lo que respalda su utilidad para la identificación de accesiones con atributos productivos favorables. La aplicación de criterios de estabilidad morfológica permitió identificar 12 accesiones constantes y accesiones promisorias, entre las cuales destacaron Arbequina y Frantoio por su alto rendimiento de aceite; Farga y Coratina por su aptitud de doble propósito. Estos hallazgos proporcionan evidencia relevante para orientar estrategias de conservación *ex situ*, selección de genotipos e incorporación en programas de mejoramiento genético y adaptación agroclimática en zonas áridas del sur del Perú.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

L. L. M.: Planeación y dirección del estudio; Análisis de datos, Interpretación de resultados; Redacción del

manuscrito. D. B. T. H.: Trabajo de campo; Curación de datos; Revisión del manuscrito. E. C. C.: apoyo en Análisis morfológico; Revisión bibliográfica; Elaboración de figuras. J. L. H. C.: Evaluación en campo; Edición final del manuscrito. D. P. C. N. M.: Gestión y manejo de la colección de olivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Nacional de Innovación Agraria mediante la Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, la Estación Experimental Agraria Tacna y el Proyecto de Inversión “Mejoramiento de los Servicios de Investigación en la Caracterización de los Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad en 17 Departamentos del Perú – ProAgrobio” con CUI 2480490.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de interés que puedan haber influido en los resultados ni en la interpretación de los datos presentados en este estudio.

REFERENCIAS

- Albertini, E., Torricelli, R., Bitocchi, E., Raggi, L., Marconi, G., Pollastri, L., Di Minco, G., Battistini, A., Papa, R. and Veronesi, F. (2011). Structure of genetic diversity in *Olea europaea* L. cultivars from central Italy. *Molecular Breeding*, 27(4), 533–547. <https://doi.org/10.1007/s11032-010-9452-y>
- Alfárez-García, R. D. y Robles-Tello, M. S. (2006). Caracterización morfológica de trece variedades de olivo (*Olea europaea* L.) introducidas en el germoplasma del INPREX-Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, 10, 107–110. <https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.212>
- Alencar, F. R. G., Pinheiro, C. L., Tomaz, F. L. de S., Bertini, C. H. C. and Silva, A. K. F. (2021). Parental selection and descriptor evaluation in the identification of superior cowpea genotypes. *Agronomía Colombiana*, 39(3), 313–321. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n3.95660>
- Alvarado Huapaya, A. I., Capristán, S. P., Corahua Benites, C., Ruiz Philipps, R. and Velásquez Bejarano, G. (2020). Variación del área agrícola en el distrito La Yarada Los Palos, Tacna, Perú. *Espacio y Desarrollo*, (35), 99–120. <https://doi.org/10.18800/espaciodydesarrollo.202001.004>
- Arquero, O., Serrano, N., De la Rosa, R., León, L., Rodríguez, F. y Cera, F. (2011). Patrones de acumulación de aceite en cuatro variedades de olivo cultivadas en Huelva. *Vida Rural*, (324), 44–47. https://www.mapama.gob.es/app/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2011_324_44_47.pdf
- Bou Yazbeck, E., Abi Rizk, G., Battistini, A., Hassoun, G., Geagea, L., El-Khoury, R. and Famiani, F. (2019). Morphological and biochemical characterization of ancient olive trees in Bshaaleh Lebanon. *International Journal of Current Research*, 11(03), 2337–2345.
- Barranco-Navero, D., Cimato, A., Fiorino, P., Rallo-Romero, L., Touzani, A., Castañeda, C., Serafini, F. y Trujillo, I. (2000). *Catálogo mundial de variedades de olivo. Consejo Oleícola Internacional*.
- Benjeddou, H., Ahmed, C. B. and Rouina, B. B. (2019). Influence of antioxidative enzymes, phytohormones and pigments in alternate bearing of three olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, 253, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.036>
- da Conceição-dos Santos, L. F. D., Ruiz-Sánchez, E. and Jiménez-Osornio, J. J. (2022). Caracterización agromorfológica de 20 cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Yucatán, México. *Acta Universitaria*, 32, e3216. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3216>
- Del Río, C. and Caballero, J. M. (2008). Variability and classification of olive cultivars by fruit weight, flesh/stone ratio and oil percentage. *Acta Horticulturae*, 791, 39–44. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.791.2>
- Dridi, J., Fendri, M., Breton, C. M. and Msallem, M. (2018). Characterization of olive progenies derived from a Tunisian breeding program by morphological traits and SSR markers. *Scientia Horticulturae*, 236, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.042>
- El Bakkali, A., Essalouh, L., Tollon, C., Rivallan, R., Mournet, P., Moukhli, A., Hadidou, A., Sikaoui, L. and Khadari, B. (2019). Characterization of Worldwide Olive Germplasm Banks of Marrakech (Morocco) and Córdoba (Spain): Towards management and use of olive germplasm in breeding programs. *PLOS ONE*, 14(10), e0223716. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223716>
- Fayek, M. A., Abdel-Mohsen, M. A., Laz, S. I. and El-Sayed, S. M. (2014). Morphological, agronomical and genetic characterization of Egyptian olive clones compared with the international cultivars. *Egyptian Journal of Horticulture*, 47(1), 59–82. <https://doi.org/10.21608/ejoh.2014.1354>
- García, M. E. C., Angulo, M. J. B., Mamani, N. C. y Chaparro-Aguilar, E. (2021). Variedades de olivo (*Olea europaea* L.) de importancia económica de los departamentos Tacna y Moquegua. *Ciencia & Desarrollo*, 20(1), 87–95.
- Garrido-Fernández, A. y Romero-Barranco, C. (1999). Calidad de las aceitunas de mesa. *Grasas y Aceites*, 50(3), 225–230. <https://doi.org/10.3989/gya.1999.v50.i3.660>
- Laaribi, I., Gouta, H., Ayachi, M. M., Labidi, F. and Mars, M. (2017). Combination of morphological and molecular markers for the characterization of ancient native olive accessions in Central-Eastern Tunisia. *Comptes Rendus Biologies*, 340(5), 287–297. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2017.03.003>
- Lazović, B., Adakalić, M., Pucci, C., Perović, T., Bandelj, D., Belaj, A., Mariotti, R. and Baldoni, L. (2016). Characterizing ancient and local olive germplasm from

- Montenegro. *Scientia Horticulturae*, 209, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.022>
- León-Mendoza, L., Casanova, P. D., Palma-Quispe, J. and González-Cabeza, J. (2021). Caracterización agromorfológica de plantas madre del banco de germoplasma de olivo *Olea europaea* (Oleaceae) en la región Tacna. *Arnaldoa*, 28(3), 593–612.
- León, L., Rallo, L. y Garrido, A. (2003). Análisis de aceituna intacta mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS): una herramienta de utilidad en programas de mejora de olivo. *Grasas y Aceites*, 54(1), 41–47. <https://helvia.uco.es/handle/10396/2404>
- Koubouris, G. C., Avramidou, E. V., Metzidakis, I. T., Petrakis, P. V., Sergentani, C. K. and Doulis, A. G. (2019). Phylogenetic and evolutionary applications of analyzing endocarp morphological characters by classification binary tree and leaves by SSR markers for the characterization of olive germplasm. *Tree Genetics & Genomes*, 15(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11295-019-1322-0>
- Migliorini, M., Cherubini, C., Mugelli, M., Gianni, G., Trapani, S. and Zanoni, B. (2011). Relationship between the oil and sugar content in olive oil fruits from Moraiolo and Leccino cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 919–921. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.023>
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Decreto Supremo N.º 003-2009-MINAM: Reglamento de acceso a los recursos genéticos*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2009-minam-y-anexo.pdf
- Morales-Morales, A. E., Andueza-Noh, R. H., Márquez-Quiroz, C., Benavides-Mendoza, A., Tun-Suarez, J. M., González-Moreno, A. y Alvarado-López, C. J. (2019). Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18), 463–475. <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2171>
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1964). *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press. <https://www.press.uillinois.edu/books/?id=p725487>
- Trentacoste, E. R. and Puertas, C. M. (2011). Preliminary characterization and morpho-agronomic evaluation of the olive germplasm collection of the Mendoza province (Argentina). *Euphytica*, 177(1), 99–109. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0270-4>
- Trujillo, I., Ojeda, M. A., Urdiroz, N. M., Potter, D., Barranco, D., Rallo, L. and Diez, C. M. (2014). Identification of the Worldwide Olive Germplasm Bank of Córdoba (Spain) using SSR and morphological markers. *Tree Genetics & Genomes*, 10(1), 141–155. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0671-3>