



Análisis de variables morfométricas de frutos de “tara” provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agromorfológicos de interés

Morphometric analysis in "tara" fruits from Yauyos and Ayacucho to identify traits of agromorphological interest

Henry Bonilla; Alberto López* ; Yajahaira Carbajal; Maria Siles

Laboratorio de Genética, Facultad de Ciencias Biológicas; Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amezcaga 375, Ciudad Universitaria, Lima, Perú.

Received May 09, 2016. Accepted June 23, 2016.

Resumen

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una leguminosa andina de importancia económica por sus principios activos y productos derivados. Sin embargo, aún no se cuenta con estudios morfométricos que permitan caracterizar poblaciones y disponer de material genético para su mejoramiento o conservación. En el presente estudio se analizan variables morfométricas que permitan identificar características agromorfológicas y que a su vez permitan diferenciar poblaciones del recurso. Se analizaron 10 variables de vaina y semilla provenientes de Yauyos y Ayacucho, la comparación de medias se evaluó empleando la U de Mann-Whitney. Para determinar la relación entre las variables se realizó un análisis de correlación de Spearman por localidad y en conjunto, y según los resultados obtenidos se elaboraron modelos de regresión lineal. Finalmente, se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) para visualizar los patrones existentes en los datos. De las diez variables estudiadas, todas mostraron diferencias significativas ($p < 0,01$), excepto el largo de la vaina y el número de semillas por fruto, el cual presentó una mediana de 6 para ambas localidades y podría considerarse una característica de la especie. Se proponen siete variables para la caracterización: ancho de vaina, peso de fruto, peso de vaina, peso de semilla, relación peso de vaina/fruto, relación peso de semilla/fruto y peso de la semilla central. El ancho del fruto mostró alta correlación (0,78) con el peso del fruto, por tanto permitiría caracterizar frutos de manera rápida en campo. La gráfica del ACP muestra superposición parcial entre las localidades, lo cual corrobora su diferenciación.

Palabras clave: *Caesalpinia spinosa*, morfometría, discriminación, Ayacucho, Yauyos.

Abstract

Tara (*Caesalpinia spinosa*) is an Andean legume which has an economic importance for their active substances and derivate products. However, there are not morphometric studies which allow characterizing populations to have genetic material for breeding or conservation programs. In the present study morphometric variables are analyzed to identify agro-morphological characteristics which permit differentiate populations. Ten variables of pod and seed from Yauyos and Ayacucho were analyzed; the comparison of means was evaluated using the Mann-Whitney. To determine the relationship between variables a Spearman correlation analysis between populations and taking in account the whole population was performed. According to these results, linear regression models were implemented. Finally, principal component analysis (PCA) was used to visualize patterns in the data. Of the ten variables studied, all showed significant differences ($p < 0.01$) except the large of the pod and the number of seeds per fruit, which presented a median of 6 for both locations and could be considered a characteristic of the species. Seven variables for characterization are proposed: Pod width, fruit weight, weight of pod, seed weight, weight ratio of pod/fruit, weight ratio of seeds/fruit and weight of the central seed. The fruit width showed high correlation (0.78) with the fruit weight, thus this variable allows to quickly characterize fruits in field. The PCA graph showed partial overlap between the populations, which corroborates their differentiation.

Keywords: *Caesalpinia spinosa*, morphometric, discrimination, Ayacucho, Yauyos.

* Corresponding author
E-mail: alopez@unmsm.edu.pe (A. López).

1. Introducción

Caesalpinia spinosa es una especie originaria de la región andina, conocida comúnmente como Tara o Taya, que crece de manera silvestre o cultivada en varios países de la región sudamericana (Narváez *et al.*, 2009). Ha sido muy empleada por las culturas pre-incas e incas en la elaboración de tintes, curtido de pieles así como por sus propiedades medicinales (Villanueva, 2007); en la actualidad este fitorecurso está siendo revalorizado comercialmente y se está convirtiendo en un factor importante para la economía de numerosas familias campesinas debido a que se comercializa tanto la vaina del fruto, del cual se extraen los taninos para la industria de la curtiembre, como la semilla de la que se aprovecha el endospermo para extraer la goma de tara que se utiliza en la industria alimentaria, así también el embrión (o germen de tara) que se utiliza para la elaboración de alimento concentrado para vacunos (Novoa y Ramirez, 2007). Además la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han considerado a la harina de semillas de tara como un aditivo seguro para el uso en el sector alimenticio al igual que la Unión Europea (código E417).

El Perú presenta la mayor área de bosques de tara, seguido por Bolivia, Chile, Ecuador y Colombia (Castell, 2012), siendo considerado como el principal productor mundial de tara con aproximadamente más del 80% de la producción mundial de este recurso, sin embargo no logra cubrir la demanda internacional por lo que varios países se han interesado en el comercio del mismo (Dodds, 2015). En el Perú su distribución abarca desde Piura hasta Tacna, y en la sierra en los departamentos de Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín y Pasco (Dostert *et al.*, 2009). El conocimiento de la diversidad genética de especies distribuidas ampliamente es importante para su conservación, distinción genética y fenotípica, pues generalmente muestran

variación tanto morfológica y/o fisiológica así como en la estructura genética de sus poblaciones (Wen y Hsiao, 2001), esta variación estaría íntimamente ligada a las condiciones ambientales, por lo que es común encontrar diferentes fenotipos de una misma especie (Ohsawa e Ide, 2008). En nuestro país existen pocos trabajos publicados relacionados con el estudio de la diversidad genética de tara y el área de procedencia. López *et al.* (2013) reportan un número cromosómico de $2n=24$ para poblaciones de tara de la región Junín; Linares (2014) y Orihuela (2014) analizan la diversidad genética de poblaciones de tara utilizando proteínas seminales y marcadores RAPDs respectivamente, Portal (2010) diferencia biotipos de tara de la región Ayacucho según su distribución altitudinal.

La caracterización morfológica es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación. Las características morfológicas se han venido utilizando para estudiar la diversidad genética, identificar plantas cultivadas y conservar los recursos genéticos (Onamu *et al.*, 2012) sin embargo pueden presentar limitaciones como es la influencia por el ambiente (Gepts 1993). A pesar de ello son importantes pues constituyen la característica a mejorar. Actualmente no se disponen de caracteres morfo-agronómicos identificados para tara que permitan seleccionar individuos para un programa de mejora genética, es por ello que el objetivo del presente trabajo es explorar y determinar marcadores morfo-agronómicos que puedan asistir en la selección de caracteres deseables para esta especie.

2. Material y métodos

Área de estudio

Las colectas se llevaron a cabo entre los años 2012 y 2013 en el caserío Magdalena de la provincia de Yauyos ($12^{\circ} 29' 24''$ S, $75^{\circ} 54' 35''$ W, 2387 msnm) del departamento de Lima y en el centro poblado de Lagunilla ($13^{\circ} 4' 48''$ S, $74^{\circ} 13' 48''$ W,

2467 m.s.n.m.), perteneciente a la provincia de Huamanga en el departamento de Ayacucho. Una muestra de cada procedencia fue entregada al herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM) para su identificación y depósito (N° 47-USM-2014 y N° 60-USM-2014 respectivamente).

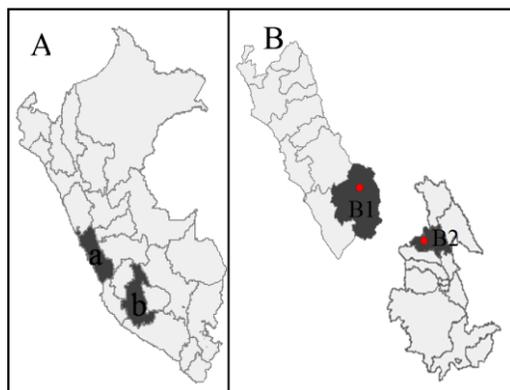


Figura 1. (A) Se muestra el área de estudio señalando los departamentos estudiados: (a) Lima y (b) Ayacucho. (B1) Se ha sombreado la provincia de Yauyos, el círculo rojo indica el área donde se realizó el muestreo. (B2) Se ha sombreado la provincia de Huamanga, el círculo rojo indica el área de muestreo.

Colecta y parámetros morfológicos

El método de colecta fue por conveniencia, escogiendo árboles de tara separados por una distancia mayor a 5 metros, con el fin de obtener una muestra representativa. Se colectó entre 14 a 20 frutos maduros por árbol, muestreándose un total de 5 árboles en Yauyos y 6 en Huamanga. Con la finalidad de identificar caracteres agromorfológicos de interés se decidió evaluar nueve variables continuas y una discreta, las cuales fueron: Peso del fruto (PF), largo de vaina (LV), ancho de vaina (AV), peso de vaina (PV), relación peso de vaina respecto al peso del fruto (PV/F), peso de semillas por fruto (PS), peso de la semilla central por fruto (PSC), peso promedio de las semillas por fruto (PPS), relación peso de semillas respecto al peso del fruto (PS/F), número de semillas por fruto (NS),

adicionalmente se calculó el peso de 100 semillas. Las mediciones fueron hechas con una regla graduada en centímetros y los pesos con una balanza analítica en gramos.

Análisis estadístico

En las nueve variables continuas en estudio se evaluó la distribución normal (Shapiro-Wilk test, $p < 0,05$) y homogeneidad de varianzas (Levene test, $p < 0,05$). Debido a que las variables no cumplieron con la normalidad y/o homogeneidad de varianzas, la comparación de medias se evaluó empleando la U de Mann-Whitney a un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$). Con la finalidad de medir la variabilidad de los parámetros estudiados se calculó el coeficiente de variación. Para determinar la relación entre las variables se realizó un análisis de correlación de Spearman por localidad y en conjunto. Borda *et al.* (2013) señala que los coeficientes de correlación pueden clasificarse como: 0,0 a 0,2 correlación mínima, 0,21 a 0,4 baja, 0,41 a 0,6 moderada, 0,61 a 0,8 buena y de 0,81 a 1 muy buena. Adicionalmente se realizaron ajustes de modelos de regresión lineal entre algunas variables de interés.

Finalmente se empleó el análisis de componentes principales (ACP) sobre los variables escaladas debido a que presentaban diferente unidad de medición. Este análisis permite reducir la dimensionalidad del conjunto de datos a unas pocas variables llamadas componentes principales, las cuales resumen la información de nuestros datos sin que exista pérdida significativa de esta. La utilidad de este análisis es que permite visualizar los patrones de variación existentes en los datos, además de evaluar el comportamiento de las variables estudiadas. Todas las pruebas estadísticas fueron realizadas empleando software R 3.2.3.

3. Resultados y discusión

La caracterización morfológica y la evaluación agronómica de los recursos fitogenéticos permiten describir y diferen-

ciar los atributos cualitativos y cuantitativos de varios individuos de una especie, basado en su utilidad, así como generar conocimiento técnico básico para el manejo como cultivo en determinadas zonas agroecológicas (Suárez *et al.*, 2012); el presente trabajo pretende colaborar en la caracterización morfológica de Tara procedente de Yauyos con la finalidad de potenciar el cultivo de este recurso.

La media del peso del fruto mostró diferencia entre las dos localidades estudiadas, mostrando mayor peso las muestras de Yauyos (3,82 g). De las cuatro variables analizadas en vaina, todas mostraron diferencia significativa excepto largo de vaina. El peso de la vaina y la relación peso de vaina/fruto (PV/F) fue mayor en Yauyos, lo cual indicaría que los frutos de Huamanga están constituidos en menor proporción por vaina (0,57) frente a los frutos de Yauyos (0,63); sin embargo en ambos la proporción del peso de la vaina es mayor que el peso de las semillas, por tanto los frutos de tara están constituidos en mayor proporción por vaina, aunque esta proporción es variable. Cuatro de los cinco parámetros estudiados en semillas presentaron promedios significativamente mayores ($p < 0,01$) para las muestras de Yauyos, excepto el número

de semillas por fruto, donde ambas localidades presentaron una mediana de 6 semillas por fruto, así este número de semillas se podría indicar como una característica de la especie, pero con variaciones entre 3-8 semillas por fruto. Estos resultados concuerdan con los señalados por Portal (2010), quien menciona en su estudio de biotipos de tara la presencia de 4-8 semillas por fruto.

Se resalta también que el peso de semillas por fruto en las dos localidades estudiadas mostro una diferencia mayor al 20%, así las muestras de Yauyos presentaron 1,42 g mientras que las de Huamanga presentaron 1,19 g. Teniendo en cuenta que del fruto de tara se aprovecha tanto la vaina como fuente de taninos y las semillas para producir un agente gelificante es necesario desarrollar variedades de tara que tengan mayor proporción de peso de vaina y otras que tengan mayor proporción de peso semillas. Así, a la luz de los resultados, la población de Yauyos podría mejorarse para fijar e incrementar más la relación PV/F mientras que en la población de Huamanga es la relación PS/F. Se esperaría que a medida que las vainas aumentan en tamaño el peso del fruto también se incremente, sin embargo la correlación entre estas variables fue moderada (0,54).

Tabla 1

Datos comparativos de los parámetros morfológicos evaluados en fruto, vaina y semilla

Variable	Localidad					
	Magdalena (Yauyos)			Lagunillas (Huamanga)		
	N	Media ± DS	CV (%)	N	Media ± DS	CV (%)
Fruto						
Peso de fruto (g)**	93	3,82± 0,8	20,1	85	2,76 ± 0,5	18,1
Vaina						
Largo de vaina (cm) ^{NS}	93	9,99 ± 1,5	15,1	85	9,61 ± 0,9	9,4
Ancho de vaina (cm)**	93	1,89 ± 0,1	5,3	85	2,17 ± 0,2	9,2
Peso de vaina (g)**	93	2,41 ± 0,5	20,7	85	1,58 ± 0,3	18,9
Relación peso de vaina/fruto**	93	0,63 ± 0,1	15,9	85	0,57 ± 0,04	7,0
Semillas						
Peso de semillas por fruto (g)**	93	1,42 ± 0,3	21,1	85	1,19 ± 0,3	25,2
Peso semilla central por fruto (g)**	93	0,28 ± 0,04	14,3	85	0,22 ± 0,03	13,6
Peso promedio de semillas por fruto (g)**	93	0,26 ± 0,04	15,4	85	0,21 ± 0,03	14,3
Relación peso de semillas/fruto**	93	0,37 ± 0,1	27,0	85	0,43 ± 0,04	9,3
Número de semillas por fruto ^{NS}	93	5,5± 1	17,4	85	5,6±0,9	16,4
Peso 100 semillas (g)	-	26,1	-	-	20,9	-

**Indica diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) y ^{NS} Indica no significancia ($p > 0,05$).

Por otro lado la correlación entre el AV y PF fue buena (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 2

Correlación entre algunas de las variables estudiadas según el lugar de colecta y en conjunto

	Yauyos	Huamanga	Yauyos - Huamanga
	Ancho de vaina		
Peso del fruto	0,64**	0,8**	0,78**
	Peso de la semilla central		
Peso del fruto	0,50**	0,55**	0,71**
Peso promedio de semillas por fruto	0,81**	0,76**	0,85**

***Coeficiente de correlación de Spearman altamente significativo $p < 0,01$.

Esto indicaría que AV nos permite evaluar rápidamente vainas en campo, donde usualmente no se dispone de una balanza. Así, debido a su relación directamente proporcional, se esperaría que vainas más anchas posean mayor peso. El análisis de regresión lineal para estas dos variables se muestra en la Figura 2, donde se indica el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,64$), el valor obtenido indica que el modelo lineal explica bien la relación entre las dos variables. Además el coeficiente de variación para el ancho de la vaina obtuvo los menores valores dentro de los parámetros estudiados, lo cual indica que esta variable no variaría mucho por influencia del ambiente, señalándose como una buena variable para la caracterización agromorfológica. El análisis de correlación entre las variables PSC y PF fue buena, y alta para PSC y PPS (Tabla 2). La correlación entre PSC y PPS mostró ser directamente proporcional, además el modelo de regresión lineal la explica bien ($R^2 = 0,75$) y la relación está determinada por la ecuación $y = 0,03x + 0,084$, así el peso de la semilla central indicaría el peso promedio de todas las semillas del fruto. La regresión lineal para PSC y PF tuvo un $R^2 = 0,51$, por lo que solo alrededor del

50% de la variación del PF es explicado por el modelo. Finalmente, respecto a la correlación entre el número de semillas y el largo de la vaina esta fue baja (0,26), evidenciando que si la vaina es larga no necesariamente poseerán más semillas. Por otro lado, en otra leguminosa como el algarrobo Pece *et al.* (2008) señala que si existe una fuerte correlación entre estas dos variables, sin embargo no se cuentan con estudios al respecto en el género *Caesalpinia*. A partir de los resultados obtenidos en vaina y semilla con los valores señalados por Portal (2010) quien analizó adicionalmente caracteres florales, hoja y pisos altitudinales, para la determinación de biotipos de tara, la población de Yauyos no podría ser catalogada dentro de alguno de los biotipos, pues muestran características de varios de ellos, además sería necesario evaluar otros caracteres como flor y hoja. Se sabe que la variación morfológica está muy influenciada por el ambiente (Shehzad *et al.*, 2009), a pesar de ello, para la descripción morfológica de las plantas se emplean las flores y los frutos, los cuales están menos influenciados por el ambiente (Enríquez, 1997). Así, las mejores variables morfométricas que permitan la correcta caracterización serán las que presenten una alta heredabilidad (Abadie y Barretta, 2001), actualmente no se dispone de estos datos para Tara.

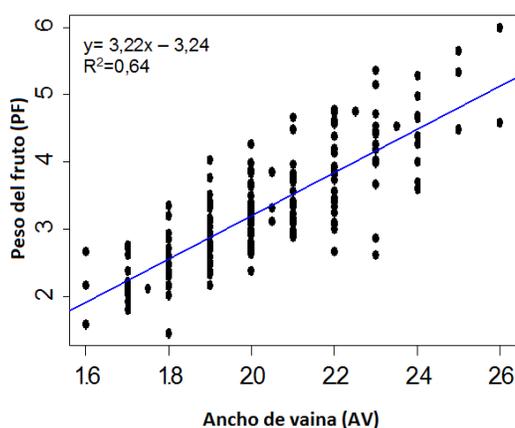


Figura 2. Regresión lineal entre las variables peso de fruto (PF) y ancho de vaina (AV). R^2 : coeficiente de determinación.

Las primeras dos componentes principales extraídas mediante el ACP resumieron el 91,3% de toda la variación encontrada en nuestros datos (Tabla 3). Respecto al comportamiento de las variables en estudio, según su orientación dada por las flechas (Figura 3), se nota que las muestras de Yauyos presentan los valores más altos para las variables PF, AV, PV, PSC, PPS, las cuales presentan las mayores correlaciones con la primera componente. Respecto a la segunda componente, esta estaría principalmente representada por los índices PV/F, PS/F y NF. Orihuela (2014), analizando caracteres morfométricos de fruto de poblaciones silvestres Tara de Cajamarca, Junín y Ayacucho señala que las muestras de Ayacucho presentan los valores más altos para peso de fruto y peso de semilla central con valores de 2,78 y 0,22 respectivamente, si comparamos con nuestros resultados las muestras de Yauyos poseerían valores más altos para esos caracteres respecto a las poblaciones de Junín, Cajamarca y Ayacucho, por tanto estos resultados indican que se trata de un recurso con un alto potencial para su explotación en la provincia de Yauyos, y que aún no se ha aprovechado por lo que es necesario elaborar una estrategia de manejo y/o conservación para este fitorecurso en la provincia de Yauyos, lo que beneficiaría a las comunidades locales y a los productores de la zona.

Tabla 3

Las tres primeras componentes extraídas del ACP sobre las variables estudiadas

Variabes	PC1	PC2	PC3
PF	-0,96	-0,16	0,17
LV	-0,68	-0,22	0,21
AV	-0,89	0,16	0,02
PV	-0,95	0,13	0,23
PV/F	-0,44	0,87	0,23
PS	-0,72	-0,68	0,01
PSC	-0,82	-0,04	-0,47
PPS	-0,83	-0,13	-0,51
PS/F	0,44	-0,87	-0,23
NF	-0,12	-0,80	0,55
% de Variación	53,5	27,4	10,1
% Acumulado	53,5	80,9	91,0

Se muestra en negrita los valores de correlación para las variables que presentaron una buena correlación (valor > 0,8) con las componentes. En la parte final se presenta la contribución individual y acumulada de cada componente a la variación total. Las abreviaciones de las variables se hallan en la sección de Materiales y métodos

La representación gráfica del ACP para las dos primeras componentes muestra superposición parcial entre las dos localidades. Esto implica que no existe discontinuidad morfométrica entre las poblaciones, sin embargo se observa ciertas tendencias a la diferenciación. Además las muestras de Huamanga presentaron cierto grado de homogeneidad mientras que las muestras de Yauyos se mostraron más dispersas (Figura 3). Begg y Waldman (1999) indican que la diferencia fenotípica puede indicar una prolongada separación de los individuos que habitan bajo diferentes condiciones ambientales, pero no necesariamente diferenciación genética., así esta diferencia fenotípica indica la historia natural de las poblaciones.

Es la primera vez que se reportan análisis de características fenotípicas de muestras procedentes de Yauyos, además debido a la importancia económica y social de la tara se requiere ampliar las zonas de evaluación de poblaciones de Tara así como implementar un plan de conservación para este recurso.

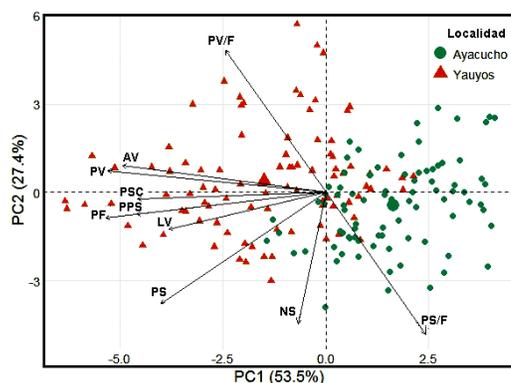


Figura 3. Análisis de componentes principales y comportamiento de los parámetros morfológicos medidos en las dos localidades de estudio.

4. Conclusiones

En este estudio se reporta por primera vez el análisis morfométrico comparativo de frutos de Tara de la provincia de Yauyos, donde este recurso aun no es debidamente explotado, con frutos provenientes de la provincia de Huamanga, que es una de las principales zonas productoras de tara. Se reporta que la medida del ancho de la vaina es un buen estimador del peso de fruto, por tanto sería una variable agro-morfológica para diferenciar vainas con mayor peso en campo. El peso del fruto de tara está compuesto en mayor proporción por vaina, sin embargo esta varía según el lugar de procedencia, así la población de Yauyos podría ser sujeta a programas de mejoramiento con la finalidad de fijar e incrementar más la relación PV/F mientras en la población de Huamanga la relación a mejorar sería PS/F. Además debido a que la población de Yauyos presentó los mayores valores para peso de vaina y peso de semilla, esta sería una población con características superiores con respecto a las de Huamanga, lo que debería aprovecharse para establecer un programa de conservación y/o mejoramiento genético, que a su vez beneficiaría a los productores de la localidad.

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) mediante el financiamiento al proyecto PROCYT N° 321-2011-CONCYTEC-OAJ y al Vicerectorado de Investigación de la UNMSM por la subvención al proyecto 131001121.

Referencias

Abadie, T.; Berretta, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. ProciSur. 8 pp.

Borda, M.; Tuesta, R.; Navarro, E. 2013. Métodos cuantitativos 4 ed. Herramientas para la investigación en salud. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. 379 pp.

Begg, A.; Waldman, R. 1999. An holistic approach to fish stock identification. Fish. Res. 43: 35–44.

Castell, E.; Carles, J. 2012. Tara (*Caesalpinia spinosa*): the sustainable source of tannins for innovative tanning

processes. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), España. 201 pp.

Dodds, R. 2015. Evaluación de proyecto de prefactibilidad para la plantación e instalación de una planta piloto de extracción de harina y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) en Chile. Memoria para optar el título de Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. 49 pp.

Dostert, N.; Roque, J.; Brokamp, G.; Cano, A.; La Torre, M. & Weigend M. 2009. Factsheet: Datos botánicos de Tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. Proyecto Peru Biodiverso PBD. Lima, Perú. 10 pp.

Enríquez, G. 1997. Descripción y evaluación de los recursos genéticos. In técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales. Ed Porvenir. Quito, Ecuador. p. 16-160.

Gepts, P. 1993. The use of molecular and biochemical markers in crop evaluation studies. In: HechtMK (ed), Evolutionary Biology Vol. 27. Plenum Press, New York, pp. 51–94.

Linares, J. 2014. Estudio de la diversidad genética de individuos de poblaciones silvestres de *Caesalpinia spinosa* (Molina) kuntze “tara” mediante análisis de patrones electroforéticos de proteínas seminales. Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo Genetista y Biotecnólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM. Lima, Perú. 61 pp.

López, A.; Siles, M.; Orihuela, D.; Linares, J.; Ríos, S.; Villafani, Y.; Guevara, M.; Bracamonte, O. 2013. Caracterización citogenética de *Caesalpinia spinosa* de los distritos de Tarma y Palca (Junín). Rev. peru. biol. 20(3): 245 – 248.

Narváez, A.; Calvo, A.; Troya, A.M. 2009. Las poblaciones naturales de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el Ecuador: una aproximación al conocimiento de la diversidad genética y el contenido de taninos a través de estudios moleculares y bioquímicos. Serie Investigación y Sistematización No. 7. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION, Laboratorio de Biotecnología Vegetal Escuela de Ciencias Biológicas Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE. Quito. 39 pp.

Novoa, S.; Ramirez, K. 2007. Evaluación del estado de conservación de la tara *Caesalpinia spinosa* en el departamento de Ayacucho. Serie de publicaciones de Flora y Fauna silvestre. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima, Perú. 9 pp.

Ohsawa, T.; Ide, Y. 2008. Global patterns of genetic variation in plant species along vertical and horizontal gradients on mountains. Global Ecol. Biogeography 17(2): 152-163.

Onamu, R.; Legaria, J.; Sahagún, J.; Rodríguez de la O.J.; Pérez-Nieto, J. 2012. Análisis de marcadores morfológicos y moleculares en papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista fitotecnica mexicana 35(4): 267-277.

Orihuela, C. 2014. Evaluación de la diversidad genética de tres poblaciones de *Caesalpinia spinosa* procedentes de Cajamarca, Junín y Ayacucho mediante marcadores morfométricos de fruto y marcadores moleculares RAPD. Tesis para optar el título profesional de biólogo genetista biotecnólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 76 pp.

Pece, M.; Juárez de Galindez, M.; Acosta, M.; de Benítez C.; Saavedra, S. 2008. Relación entre la longitud de la vaina y el número de semillas por vaina en Algarrobo blanco. Quebracho - Revista de Ciencias Forestales 15: 59-63.

Portal, E. 2010. Distribución altitudinal y elaboración de clave dicotómica y pictórica de biotipos de tara

- (*Caesalpinia spinosa*). *Biológica Huamangensis* 1(1): 1-5.
- Suárez, H.; Mercado, W.; Ramírez, M.; Bracho, B.; Rivero, J.; García, D.E. 2012. Caracterización morfo-agronómica y evaluación del contenido proteínico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes* 35(4): 365-379.
- Villanueva, C. 2007. La Tara el oro verde de los Incas para el mundo. Ediciones AGRUM. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 163 pp.
- Wen, C.S.; Hsiao, J.Y. 2001. Altitudinal genetic differentiation and diversity of Taiwan lily (*Lilium longiflorum* var. *Formosanum*; Liliaceae) using RAPD markers and morphological characters. *Int. J. Plant Sci.* 162(2): 287-295.
- Shehzad, T.; Okuizumi, H.; Kawase, M.; Okuno, K. 2009. Development of SSR-based sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) diversity research set of germplasm and its evaluation by morphological traits. *Genet. Res. Crop Evol.* 56: 809–82.