

# Validación de descriptores en poblaciones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) en los valles interandinos de Bolivia

Fimo Alemán, Calvin Canelas, Cecilia Ugarte

*Escuela de Ciencias Forestales - Universidad Mayor de San Simón*

*E mail: fimo\_ad@yahoo.es*

**Resumen.** A fin de caracterizar morfológicamente y determinar la variabilidad de poblaciones, a partir de un descriptor elaborado específicamente para las accesiones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, se tipificaron 32 accesiones, registrándose en ellas 28 variables cuantitativas y 21 cualitativas. Las accesiones estudiadas presentan una amplia variabilidad para ambos caracteres. En el análisis de componentes principales para variables cuantitativas, de dos subcomponentes principales analizados, el primero aportó con el 19% a la varianza total y el segundo con 13%. Los resultados diferenciaron accesiones que contribuyeron con variables positivas: altura de copa, rendimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo; por otro lado el análisis de componentes principales para variables cualitativas, de dos subcomponentes principales analizados, el primero aportó con el 18% a la varianza total y el segundo con 15%. Entre estos subcomponentes se diferenciaron accesiones que contribuyeron con variables positivas: color de fuste, superficie del tronco, forma de vaina, color de vaina madura, estado de fructificación, hábito de crecimiento, color de flor abierta, anteras y testa. Según el comportamiento morfológico y fenológico, se diferenciaron de acuerdo al análisis de conglomerados tres grupos, el primer grupo está formado por 20, el segundo por 11 y el tercero por 1 accesión.

**Palabras clave:** Caracterización Morfológica; Variabilidad; Análisis de Conglomerados

**Abstract.** **Characterization of populations of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) in the inter andeans valleys of Bolivia.** To characterize morphologically and determine the variability of populations, from a descriptor developed specifically for the accessions of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, 32 accessions were typed, registering 28 quantitative and 21 qualitative variables. The studied accessions presented a wide variability for both traits. In the principal component analysis for quantitative variables, from two major subcomponents analyzed, the first one contributed to 19% of the total variance, and the second with 13%. The results differed accessions that contributed with positive variables: height of crown, seed yield, plant height, pod yield, crown diameter, length of leaflet; on the other hand the principal component analysis for qualitative variables, from the two major subcomponents, the first one contributed with 18% to the total variance, and the second with 15%. Among these subcomponents there were distinguished accessions that contributed with positive variables: stem color, surface of the trunk, shape of pod, color of ripe pod, fruiting state, growth habit, color of open flower, anthers and seed coat. According to the morphological and phenological behavior, there were distinguished in accordance with the cluster analysis three groups, the first group is made up of 20, the second of 11, and the third of 1 accession.

**Keywords:** Morphological Characterization; Variability; Cluster Analysis

## Introducción

La tara -*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze-, es una especie forestal nativa de los valles andinos de Sud América, distribuida en Perú, Venezuela, Colombia, Ecuador y Bolivia, cuyos frutos industrializados son valiosos para la exportación, de usos múltiples y de valor agregado (Alnicolsa, 2010).

Alemán y Ugarte (2011), indican que esta especie, en Bolivia, se encuentra distribuida en los valles interandinos, siendo los sitios potenciales de producción: Mecapaca, Luribay, Sorata, Liconá, Ayata (en La Paz); Tarata, Cliza, Punata, Arani, Sacaba, Sipe Sipe, Tapacará, Independencia, Aiquile, Totora (en Cochabamba); San Pedro de Buena Vista, Acasio y Arampampa (en Potosí); Cercado y el Valle (Tarija); Padilla, Yotala, Yamparaez, Zudañez y Camarago (Chuquisaca) y Valle Grande, Comarapa y Moromoro (Santa Cruz). La gran variabilidad de individuos en la especie da lugar a una gama de poblaciones.

A objeto de un manejo adecuado, a partir de la base genética amplia, en el presente trabajo se aplica un descriptor específico para la especie, el cual toma en cuenta características fenológicas y morfológicas. La información obtenida permitió discriminar poblaciones. Se priorizaron sitios de recolección e individuos en los valles interandinos de Cochabamba, Santa Cruz, y Potosí, en los que se identificaron procedencias y accesiones, de las que se tomaron muestras de componentes morfológicos.

El objetivo del trabajo fue validar un descriptor para la especie *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, en los valles interandinos de Bolivia, a fin de definir

los posibles grupos de accesiones de tara, asimismo aplicar técnicas numéricas (análisis de componentes principales) en base a datos de variables cuantitativas y cualitativas, recabadas mediante el descriptor propuesto para la discriminación de grupos afines.

## Materiales y métodos

**Ubicación de los árboles.** En cada localidad se seleccionó árboles con buenas características fenotípicas, registrándose en el descriptor de tara, llegando a obtenerse 32 árboles (accesiones), de los cuales se extrajo de manera aleatoria 10 muestras vegetativas como: hojas, inflorescencias, racimos de vainas y semilla.

**Metodología para la descripción y caracterización.** De acuerdo a las accesiones descritas en el Cuadro 1, con el número de muestras que fueron recolectadas por accesión y procedencia, se procedió a la medición de cada una de éstas y su posterior registro de todos los datos requeridos en el descriptor planteado por Alemán y Ugarte (2010).

**Características fenotípicas evaluadas.** Las variables *cuantitativas* evaluadas fueron 28 caracteres y las *cualitativas* 25, en ambos casos se consideró los caracteres fenológicos y morfológicos más sobresalientes.

**Caracterización de los árboles.** Se consideró la altura de planta, diámetro de tronco, altura de bifurcación, alturas de fuste y copa, diámetro de copa, densidad de espinas, hábito de crecimiento, ángulo de inserción de las ramas promedio, color del fuste, superficie del tronco, forma de la copa, color de la punta del rebrote, superficie de la punta del rebrote.

**Cuadro 1.** Número de accesiones, procedencia y zona de vida

Nro. de accesión	Procedencia (municipio)	Departamento	Zona de vida
2	Arani	Cochabamba	ee-MBST
2	Capinota	Cochabamba	ee-MBST
4	Cercado	Cochabamba	ee-MBST
2	Sacaba	Cochabamba	ee-MBST
3	Esteban Arce	Cochabamba	ee-MBST
4	Germán Jordan	Cochabamba	ee-MBST
1	Gral. B. Bilbao	Potosí	bs-PMST
5	Punata	Cochabamba	ee-MBST
7	Quillacollo	Cochabamba	ee-MBST
1	Totora	Cochabamba	bs-MBST
1	Valle Grande	Santa Cruz	bs-MBST

**Caracterización de la hoja.** Considerando la posición de foliolos, forma de foliolos, color de hoja, longitud de pinna, longitud de peciolo, grosor de foliolos, número de foliolos por pinna, largo y ancho de foliolos.

**Caracterización de la inflorescencia.** Se registraron datos del solapamiento, longitud relativa de las anteras con relación al estigma, tipo de flor, color de la flor abierta, color de las anteras, tamaño del racimo, número de racimillos, número de flores por racimo.

**Caracterización del fruto.** A partir de la forma de la vaina, vaina con/sin brillo superficial, color de la vaina a la madurez, número de vainas por racimo, rendimiento de vainas por árbol, ancho de la vaina, largo de la vaina, espesor de la vaina.

**Caracterización de la semilla.** Para este parámetro se consideró el color de la testa, forma de la semilla, número de semillas por vaina, peso de 1000 semillas, porcentaje de humedad.

**Estado de floración y de fructificación.**

Medido a partir de tres escalas:

1=Precoz, 2=Intermedio, 3=Tardío.

Se registró la fenofase, aproximadamente, cada 15 días.

**Ataque de enfermedades y plagas.** Se registró esta variable a partir de la siguiente escala convencional:

1 = Resistente (0% - 10%)

2 = Tolerante (11% - 25%)

3 = Susceptible (25% adelante)

**Análisis estadístico** Para el análisis estadístico se estructuró una matriz básica de datos, la cual se elaboró a partir de la información que se obtuvo en la caracterización y evaluación. Esta matriz estuvo compuesta por 28 variables cuantitativas y 25 variables cualitativas, a la que se aplicaron los siguientes análisis: estadística descriptiva, coeficiente de correlación, análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

**Mapa de distribución de poblaciones identificadas** A partir de la obtención de coordenadas de la ubicación de las accesiones, mediante un GPS, se logró

establecer una base de datos con las coordenadas UTM (X y Y). Se utilizó el programa ArcView®, realizando la introducción de los puntos identificados y los grupos de poblaciones.

## Resultados y discusión

**Análisis de estadístico de los caracteres cuantitativos.** El análisis estadístico, muestra la media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo y máximo que son descritos en el Cuadro 2, permitiendo estimar el comportamiento de las variables cuantitativas.

**Análisis de Componentes Principales de las variables cuantitativas.** Las 32

accesiones de tara, con 28 variables evaluadas, tiene una variación explicada en los primeros seis componentes principales, que representa aproximadamente 66% de la variación acumulada y un 68% de coeficiente de variación por debajo del 30%. El primer componente principal explica el 19.07% de la variación total y expresa principalmente a los caracteres: altura planta, diámetro altura pecho, altura de copa, diámetro de copa, largo de foliólulo, rendimiento de vainas/árbol y rendimiento de semilla (kg/árbol). Estos resultados sugieren que las 32 accesiones presentan mayor diversidad para estos caracteres.

**Cuadro 2.** Estadística descriptiva de caracteres cuantitativos de accesiones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara)

Código	Variable	Media	Desv. Est.	CV %	Mínimo	Máximo
msnm	Altitud (msnm)	2531	163.78	6.06	2064.00	2998.00
pend	Pendiente (%)	9.47	4.46	47.08	5.00	25.00
alt	Altura de planta (m)	7.81	1.74	22.27	4.00	11.50
dap	Diámetro altura pecho (cm)	24.24	9.16	37.78	7.00	55.00
altbif	Altura bifurcación (m)	1.78	0.73	41.18	0.70	4.50
altfus	Altura de fuste (m)	2.47	0.86	34.87	1.40	5.50
altcop	Altura de copa (m)	5.38	1.36	25.24	2.60	8.00
dcopa	Diámetro de copa (m)	6.31	1.81	28.63	2.50	10.00
espins	Densidad de espinas por dm <sup>2</sup>	1.19	1.31	109.98	0.00	5.00
longpin	Longitud foliolo (cm)	9.00	1.17	13.04	6.26	11.20
longpec	Longitud peciolo (cm)	2.73	0.73	26.72	0.10	3.61
grosfol	Grosor de foliólulo (mm)	0.33	0.05	14.22	0.30	0.40
nfol	Nro. de foliólulo/pinna	11.72	0.58	4.91	10.80	13.40
ancfol	Ancho de foliólulo (cm)	1.60	0.20	12.32	1.28	1.99
largfol	Largo de foliólulo (cm)	3.35	0.41	12.38	2.61	4.18
tracim	Tamaño de racimo (cm)	13.66	1.72	12.59	9.90	18.75
nracim	Nro. de racimillos	1.99	0.32	16.17	1.50	2.70
nfolul	Nro. de flores/racimo	163.39	41.36	25.31	87.20	258.00
largfrut	Largo de vaina (cm)	8.88	0.46	5.18	7.96	9.90
ancfrut	Ancho de vaina (cm)	1.94	0.13	6.88	1.73	2.27
espfrut	Espesor de vaina (cm)	0.67	0.07	10.40	0.53	0.85
nvains	Nro. de vainas/racimo	29.88	8.11	27.14	19.17	61.90
rendvain	Rend. de vainas/árbol (kg)	48.00	31.55	65.73	5.00	138.00
rensem	Rend. de semilla (kg/árbol)	19.59	13.10	66.86	1.89	50.50
ppolvo	Polvo (%)	27.97	3.79	13.54	22.59	38.38
humsemi	Humedad semilla (%)	8.73	4.07	46.57	3.53	18.03
nsemill	Nro. de semillas/vaina	5.50	0.42	7.57	4.90	6.40
ps1000	Peso de 1000 semillas (g)	232.79	42.30	18.17	53.90	317.00

El segundo componente principal explica el 13.5% de la variación total y expresa a los caracteres: grosor de foliólulo, ancho de foliólulo, número de flores/racimo y largo de fruto.

El primer componente diferenció accesiones que contribuyeron con variables positivas. En mayor proporción fueron: altura de copa, rendimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo.

El segundo componente aportó con el 13% de forma positiva, las variables fueron: grosor y ancho de foliólulo, número de flores/racimo, largo vaina.

### **Variación explicada de las variables cualitativas**

Las 21 variables resultantes y 32 accesiones, presentan una variación explicada en los primeros seis componentes principales, los cuales explican aproximadamente 66.14 %. El primer componente es el 18.39% de la variación total y expresa a los caracteres: hábito de crecimiento, color de fuste, superficie del tronco, forma de foliolo, forma de vaina, color vaina madura, estado de fructificación. Estos resultados de las 32 accesiones muestran una mayor diversidad.

El segundo componente principal explica el 15.31% de la variación total y expresa a los características hábito de crecimiento, color de fuste y forma de foliolo. Se observa que el primer componente aportó con el 18.39% a la varianza total y el componente 2 con 15.31%, las variables de mayor influencia es de forma positiva.

El primer componente diferenció accesiones que contribuyeron con variables

positivas, en mayor proporción: color de fuste (v05), superficie del tronco (v06), forma de foliólulos (v13), forma de vaina (v21), color de vaina madura (v23) y estado de fructificación (v27).

El segundo componente aportó con más del 15.31% de forma positiva, las variables son: color de fuste (v05), superficie del tronco (v06), forma de foliólulos (v13), color de flor abierta (v19), color de anteras (v20) y estado de floración (v26).

### **Análisis de conglomerados (agrupación jerárquica)**

De acuerdo a las características cuantitativas y cualitativas, las 32 accesiones se separaron en 3 grupos (Figura 1), se registra los grupos significativos de poblaciones, como resultado del dendrograma elaborado mediante el método completo.

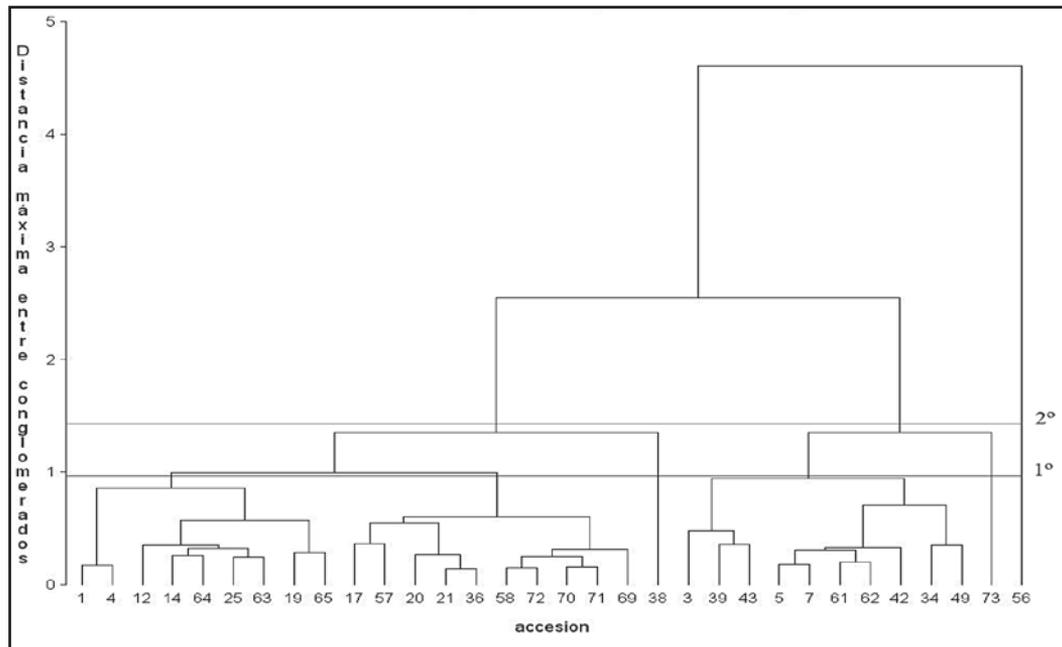
### ***Promedios por clúster de los subgrupos seleccionados***

Los promedios de las 28 variables de las accesiones y agrupados por clúster o grupos, se presentan en el Cuadro 3, donde el clúster G 1.1, considerando la variable rendimiento de semilla, presenta un rendimiento mayor de 25.45 kg/árbol al igual que el clúster G 2.1, ésta a su vez es mayor al clúster G 1.2, G 1.3, G 2.2 y G 1.3.

El principal propósito del análisis clúster, es agrupar objetos u individuos, basándose en las características que poseen (Hair y Anderson, 2000). Además se muestran promedios de 28 variables por cada uno de los subgrupos clúster, analizados durante el proceso estadístico los datos del Cuadro 3. El primer grupo (G1) está conformado por

20 accesiones, las cuales se distinguen por presentar una altitud mayor, conformada por accesiones con procedencias del Valle Alto y Central (2750 y 2832 msnm). El grupo dos (G2) conformado por 10 accesiones que presen-

tan una altitud menor, procedentes del Valle Bajo como Quillacollo y Capinota (2594 msnm) y el grupo tres (G3) conformado por un individuo proveniente de 2064 msnm.



**Figura 1.** Dendrograma de accesiones según el método completo

**Dendrograma y discriminación de accesiones**

El dendrograma (Figura 1) visualiza a las accesiones que tienen similitud, a mayor valor del coeficiente “distancia máxima entre grupos”, donde a menor distancia se tiene mayor cantidad de grupos (1er. corte), cuya distancia corresponde a 0.94, (aproximadamente un 20% de su escala). Por el contrario, a mayor distancia se observa un número menor de grupos (2do. corte), esta distancia corresponde a 1.35 (aproximadamente un 29% de la escala) donde se registran 3 grupos definidos con diferente número de accesiones.

**Discriminación de variables cualitativas en grupos seleccionados**

Se observó que las variables cualitativas como: color de fuste, superficie del tronco, color de la punta del rebrote, superficie de la punta del rebrote, ciclo de la vida vegetativa, forma del foliólulo, solapamiento del fruto, longitud relativa de anteras, ataque de plagas y enfermedades, del grupo uno y dos, tienen la misma característica de 85% a 100%. Por otro lado la forma de la vaina, color de la vaina y forma de la semilla se muestra una diferencia significativa entre el grupo uno y grupo dos.

**Cuadro 3.** Promedio de resultados de 28 variables de Tara por clúster

		Clúster	G 1			G 2		G 3
			G 1.1	G 1.2	G 1.3	G 2.1	G 2.2	G 3.1
<b>Variables</b>								
msnm	Altitud (msnm)		2750.50	2832.56	2998.00	2594.70	2525.00	2064.00
pend	Pendiente (%)		6.70	10.89	25.00	9.50	8.00	10.00
alt	Altura planta (m)		8.20	6.89	9.00	8.70	6.00	4.00
dap	Diámetro (DAP) (cm)		26.90	21.20	32.00	26.30	14.00	7.00
altbif	Altura bifurcación (m)		1.64	1.54	1.70	2.12	2.20	1.40
altfus	Altura de fuste (m)		2.56	2.19	2.70	2.73	2.20	1.40
altcop	Altura de copa (m)		5.75	4.76	7.30	5.80	3.80	2.60
dcopa	Diámetro de copa (m)		7.15	5.67	8.00	6.55	3.30	2.50
espins	Densidad espinas por m <sup>2</sup>		0.70	1.67	1.00	0.90	1.00	5.00
longpin	Longitud pinna (cm)		9.30	7.90	11.20	9.43	9.05	9.30
longpec	Longitud peciolo (cm)		2.97	2.37	3.00	2.77	3.00	2.50
grosfol	Grosor de foliólulo (mm)		0.35	0.32	0.30	0.32	0.40	0.30
nfol	Nro. de foliólulos /foliolo		11.53	11.81	12.60	11.82	11.20	11.60
ancfol	Ancho de foliólulo (cm)		1.58	1.49	1.79	1.68	1.52	1.84
largfol	Largo de foliólulo (cm)		3.33	3.02	4.18	3.54	3.36	3.61
tracim	Tamaño de racimo (cm)		13.29	13.42	12.50	14.63	12.83	11.90
nracim	Nro. de racimillos		2.02	2.01	1.90	1.96	1.80	2.00
nfolul	Nro. de flores / racimo		157.88	171.96	155.10	163.46	145.10	167.40
largfrut	Largo de vaina (cm)		8.84	8.69	8.90	9.02	9.33	9.25
ancfrut	Ancho de vaina (cm)		1.96	1.95	2.27	1.90	1.93	1.87
espfrut	Espesor de vaina (cm)		0.70	0.69	0.66	0.63	0.69	0.53
nvains	Nro. de vainas / racimo		28.37	34.91	27.90	28.13	20.60	28.40
rendvain	Rend. de vainas/árbol (kg)		63.40	30.33	46.00	56.50	13.00	5.00
rensem	Rend. semilla (kg/árbol)		25.45	12.16	14.40	24.14	5.31	1.89
ppolvo	Polvo (%)		28.97	28.58	25.52	26.55	27.49	29.69
humsemi	Humedad (%)		6.75	9.97	5.44	10.05	12.16	4.10
nsemill	Nro. de semillas /vaina		5.52	5.64	5.00	5.39	5.40	5.70
ps1000	Peso de 1000 semillas (g)		255.73	227.73	258.90	227.57	53.90	254.00

## Conclusiones

- La validación del descriptor permitió discriminar la variabilidad de acuerdo al comportamiento fenológico y morfológico, aplicando el análisis estadístico correspondiente.
- El análisis de componentes principales para variables cuantitativas, en 2 subcomponentes, donde el primero aportó con el 19.1% a la varianza total permitió diferenciar accesiones que contribuyeron con variables positivas en mayor proporción como: altura de copa, ren-

dimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo. El segundo subcomponente aportó con el 13.1%. En cambio, el análisis para variables cualitativas, contempló 2 subcomponentes. El primero aportó con el 18.4% a la varianza total, diferenciando accesiones que contribuyeron con variables positivas como color de fuste, superficie del tronco, formas de foliolo y vaina, color de vaina, fructificación, colores de flor y anteras, estado de floración. El segundo subcomponente aportó con el 15.3%.

- El análisis de datos recabados en el descriptor para el comportamiento morfológico y fisiológico, diferencia dos grandes grupos, el primer grupo está formado por 20 accesiones, el segundo grupo está formado por 11 accesiones y un tercer grupo que corresponde a Santa Cruz.

## Referencias citadas

Alemán, F., Ugarte, C. 2011. Manual del cultivo de la tara. Universidad Mayor de San Simón - BASFOR/ESFOR, COSUDE - IC/ ECOBONA. Cochabamba, Bolivia. 40 p.

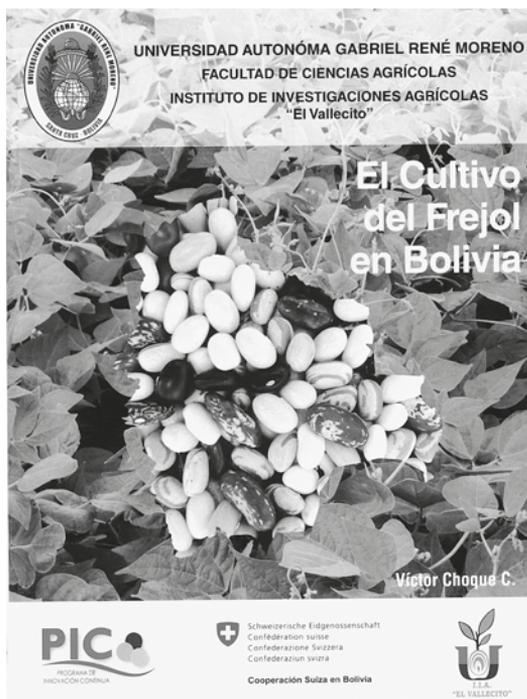
Alemán, F., Ugarte, C. 2010 Descriptor morfológico y sitio para la tara (*Caesalpinia spinosa*). ESFOR-UMSS. Cochabamba, Bolivia.

Alnicolsa. 2010. Productos agroindustriales de exportación. Todo sobre la Tara (*Caesalpinia spinosa*) Lima, Perú. *En línea*. Disponible en: [lorenzobasurto.tripot.com](http://lorenzobasurto.tripot.com). Consultado el 1 de septiembre de 2014.

Hair, J., Anderson, R. 2000. Análisis Multivariante". 5ta. ed.. Prentice Hall. Madrid, España. 798 p.

Trabajo recibido el 18 de septiembre de 2014 - Trabajo aceptado el 12 de junio de 2015

## Libros destacados de reciente publicación:



**Autor:** Ing. Agr. MSc. Victor Choque C.

**Fecha de publicación:**

Noviembre de 2013

**Descripción general:**

Valiosa y altamente didáctica publicación que presenta conceptos sobre la especie y el manejo agronómico del cultivo de frijol, a partir de la experiencia del autor, en condiciones de la zona tropical y subtropical de Bolivia.

**Mayores referencias:**

Instituto de Investigaciones Agrícolas "El Vallecito" (telf. 3422130, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia)

[victorchoquecolque@gmail.com](mailto:victorchoquecolque@gmail.com)