

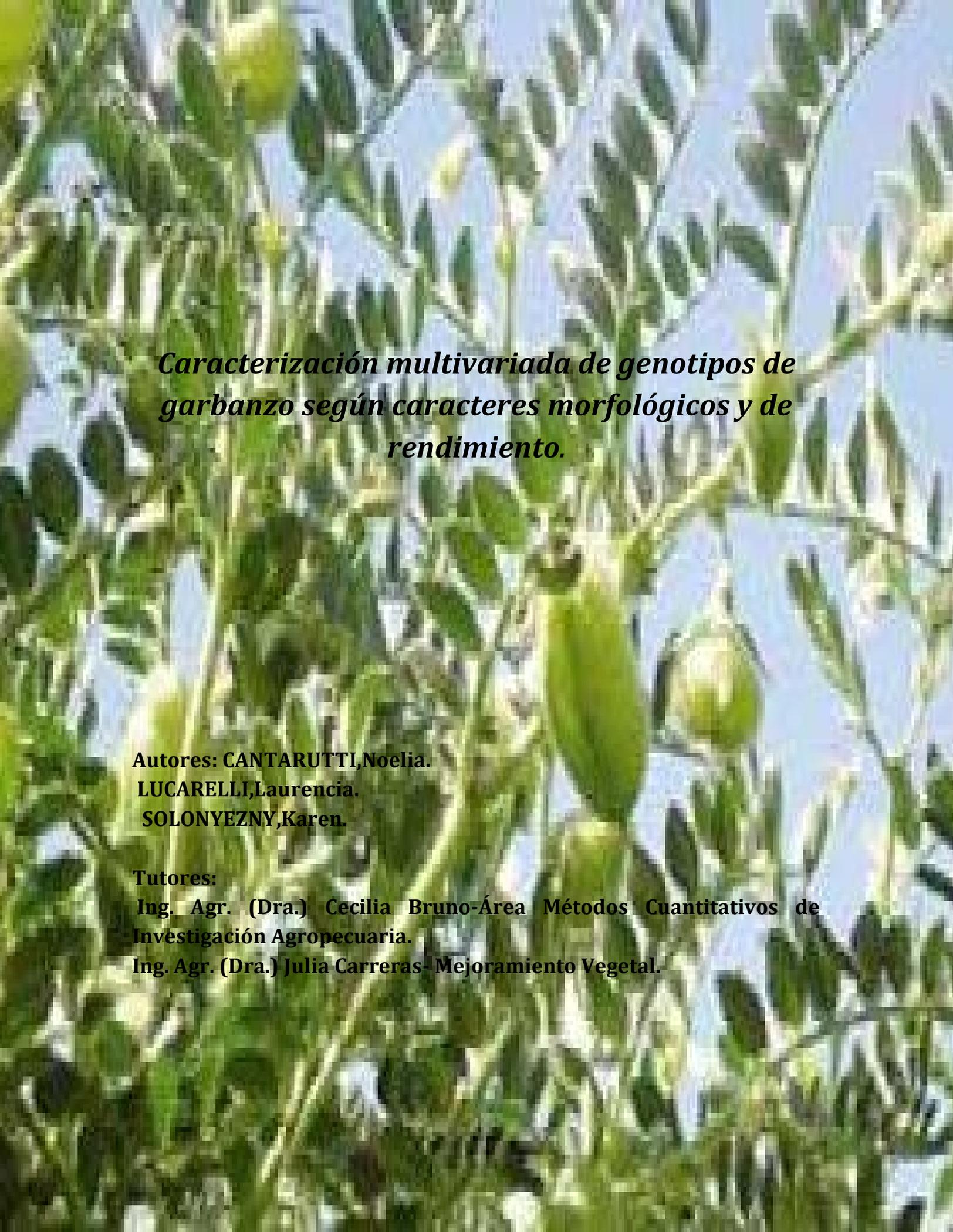


Universidad
Nacional
de Córdoba



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Métodos Cuantitativos para la Investigación Agropecuaria



Caracterización multivariada de genotipos de garbanzo según caracteres morfológicos y de rendimiento.

**Autores: CANTARUTTI, Noelia.
LUCARELLI, Laurencia.
SOLONYEZNY, Karen.**

Tutores:

Ing. Agr. (Dra.) Cecilia Bruno-Área Métodos Cuantitativos de Investigación Agropecuaria.

Ing. Agr. (Dra.) Julia Carreras- Mejoramiento Vegetal.

RESUMEN

La producción de garbanzo en Argentina, no es significativa en el contexto mundial, ronda las 2500-3000 tn anuales. Este volumen excede la demanda doméstica, pero aun así resulta demasiado pequeño para desarrollar negocios permanentes en el exterior. Los principales productos destinados al consumo interno son el grano seco y su harina, la cual se encuentra en crecimiento. El objetivo de este trabajo fue ordenar los diferentes genotipos en función de los componentes del rendimiento: Número total de vainas por planta (V/P), Número total de semillas por planta (S/P), Peso Seco de la Planta (PSP) y Peso de 100 semillas (P100) y caracteres morfológicos: Altura de Planta (AP) y Altura de inserción de la primera vaina (AIV) evaluados en la localidad de Chalacea Córdoba, Argentina durante la campaña 2008. Se trabajó con 20 líneas puras, obtenidas del cruzamiento de JG62 (madre) x JLC72 (padre), y un genotipo considerado testigo (línea T522). Se usaron técnicas multivariadas como Gráfico de Perfiles, gráfico de Estrella, Árbol de Regresión, Análisis de Componentes Principales, Análisis de Conglomerados y Procruster Generalizado. Se concluyó que el genotipo que presentó mayor respuesta a las variables morfológicas fue el J90. La línea J99 fue la que se destacó en cuanto a las variables asociadas al rendimiento. Por lo tanto se considera al genotipo J99 con mayor potencial de producción para la zona estudiada.

PALABRAS CLAVES

Líneas puras - Clasificación

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVES	1
INDICE DE CONTENIDOS	2
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
INTRODUCCIÓN	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Descripción del ensayo	7
Caracteres relacionados con la estructura de la planta	7
Caracteres relacionados con la producción (componentes del rendimiento)	8
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	8
Análisis multivariado	8
RESULTADOS Y DISCUSION	9
Gráfico de perfil multivariado:	9
Gráfico de estrella	10
Árbol de regresión	12
Análisis de componentes principales y grafico Biplot	12
Análisis de conglomerado	13
Procrustes Generalizado	14
CONCLUSION	16
BIBLIOGRAFIA	17

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1: Diagrama de perfil multivariado	10
Figura 2: Gráfico de estrellas	11
Figura 3: Árbol de clasificación	12
Figura 4: Biplot	13
Figura 5: Dendograma del Análisis Clúster	14
Figura 6: Procrustes Generalizado	15

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Agr. (Dra.) Julia Carreras quien nos brindó la base de datos.

A la Ing. Agr. (Dra.) Cecilia Brunop por su coordinación.

A Lic. (Dra.) Andrea Natalia Peña Malavera por su colaboración.

Caracterización multivariada de genotipos de garbanzo según caracteres morfológicos y de rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo es una especie cuyas variedades proceden de una amplia zona que abarca desde la India hasta la cuenca Mediterránea. Pertenece a la familia de las leguminosas, siendo su nombre botánico *Cicer arietinum* L. Es una planta de raíces profundas, tallos vellosos y fuertes, bastante ramificados, que pueden llegar hasta una altura de 0,60 metros. En la Argentina, se consume como grano seco, pero su harina se encuentra en franco crecimiento, fundamentalmente por la difusión del fainá y del consumo de platos étnicos (Campos, 2016).

La superficie plantada anualmente en el mundo ronda los 10 millones de hectáreas. El principal productor es India con el 65% del total, y le sigue en importancia Pakistán. Entre ambos países producen el 90% del total mundial. Muy distante ocupa el tercer puesto Turquía, que cosecha el 5-6% del volumen mundial. Otros productores relevantes son Canadá y México, y en los últimos años comenzó a adquirir importancia Estados Unidos. Actualmente, el centro de producción nacional se encuentra en el valle del río Juramento, provincia de Salta, concretamente en la localidad de Gaona, donde se concentra cerca del 70% de la superficie plantada en Argentina. También se cultiva en Perico, provincia de Jujuy, y en menor medida en las provincias de Catamarca, Córdoba y Tucumán. La fecha de siembra coincide con los últimos días de mayo para las variedades de ciclo largo y los primeros días de julio para las de ciclo corto. La producción Argentina no es significativa en el contexto mundial, ronda las 2500-3000 tn. Este volumen excede la demanda doméstica, pero aun así resulta demasiado pequeño para desarrollar negocios permanentes en el exterior. El garbanzo producido en nuestro país es del subtipo Kabuli, que aquí se cultiva durante el período otoño - invernal. Se siembran dos tipos llamados "blanco lechoso" y "mexicano". En los últimos tiempos comenzaron a difundirse dos cultivares: Chañarito S-156 y Norteño, caracterizados por su buena tolerancia a bajas temperaturas. Estos nuevos cultivares producen garbanzos de calidad de exportación. La clasificación se realiza de acuerdo a un estándar de calibres, ya que los diferentes tamaños tienen distintos usos industriales (Campos, 2016).

Es de suma importancia la evaluación de los genotipos, tanto en su comportamiento reproductivo como morfológico ya que, mediante los resultados obtenidos (líneas con mayor número de caracteres productivos relacionados con el rendimiento), permite seleccionar los más aptos para introducirlos en futuros programas de cruzamientos en Argentina. Esto permite aumentar la variabilidad del garbanzo en este país que actualmente está restringida en dos variedades de reducida base genética (Carreras J, 2013).

El análisis multivariado es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Las variables observables son homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás. Uno de los objetivos de las técnicas multivariadas es ayudar al investigador a tomar decisiones óptimas en el contexto en el que se encuentre teniendo en cuenta la información disponible analizada (Cuadras, 2014).

El objetivo de este trabajo es caracterizar líneas puras de garbanzo respecto a caracteres morfológicos y de rendimiento.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar la variabilidad entre los genotipos.
- Ordenar los genotipos en función de componentes del rendimiento y morfológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del ensayo

Se trabajó con 20 líneas puras, obtenidas del cruzamiento de JG62 (madre) x JLC72 (padre), y un testigo T522. Dicho ensayo tuvo lugar en la campaña agrícola 2008 en la localidad de Chalacea, provincia de Córdoba (Gentileza Dra. Julia Carreras, Mejoramiento Genético Vegetal, FCA, UNC). El ensayo experimental del cruzamiento se sembró siguiendo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental constó de 3 surcos de 4m de largo. La separación entre surcos fue de 0.52m y una densidad de siembra de 10-15 semillas por metro lineal. Las semillas se desinfectaron con Benomil y Tiram 100g/100kg de semillas y las parcelas experimentales fueron previamente inoculadas con cepas de Rhizobium sp. Se hizo siembra directa en seco.

La línea JG62, utilizada como madre, posee características como: doble vaina, porte achaparrado, estabilidad ambiental. Las características de la línea JLC72 usada como padre son: Tolerante al frío, porte erecto y portador de gen R (resistente a la rabia). El testigo 522, Norteño cultivar nacional con flor blanca, porte intermedio, rendimiento promedio 2000 kg por hectárea y un diámetro de 9mm. Del cruzamiento se evaluaron 20 genotipos entre los cuales fueron denominados con la letra J y enumerados desde el 4 al 99 (J4 a J99). Las líneas fueron evaluadas para caracteres morfológicos y componentes del rendimiento. Para ello se tomaron cinco plantas elegidas al azar para cada genotipo y repetición. (Carreras J, 2013)

Caracteres relacionados con la estructura de la planta

- Altura de Planta (AP): medida desde la superficie del suelo a la punta del ápice (cm).
- Altura de inserción de la primera vaina (AIV): medida desde la superficie del suelo a la inserción de la primera vaina (cm).

- Hábito de crecimiento: aunque las líneas ya estaban caracterizadas para este carácter se volvió a evaluar, para confirmar dicho carácter, clasificándolos como erectos (E) cuando el ángulo que forma la primera ramificación con el tallo principal es muy agudo ($<15^\circ$) y semierectos o achaparrados (A) cuando dicho ángulo es mayor a 15 grados.
- Tipo de vaina: confirmación del carácter.

Caracteres relacionados con la producción (componentes del rendimiento)

- Número total de vainas por planta (V/P).
- Número total de semillas por planta (S/P).
- Peso Total de semillas por planta (P/P) (gr).
- Peso de 100 semillas (P100) (gr), este carácter nos indica el tamaño de grano.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis multivariado

Los métodos y modelos del análisis multivariado permiten explorar, describir, e interpretar datos que provienen del registro de varias variables sobre un mismo caso objeto de estudio. Como las variables representan atributos de la misma unidad de análisis, usualmente están correlacionadas. Mediante el uso de técnicas multivariadas es posible caracterizar de manera simultánea varios genotipos. Los proyectos de recolección de datos que producen información multivariada pueden ser tanto observacionales como experimentales. En este trabajo se trabajó con una base de datos que se obtuvo de manera experimental. (Balzarini M., 2015)

Para la caracterización de los genotipos con respecto a las variables medidas se realizó un diagrama de perfil multivariado. El mismo representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Para cada genotipo, se realizó un gráfico de estrellas, el cual representa de manera concisa y comparativa observaciones multivariadas. Cada rayo representa una variable medida, su magnitud viene dada por el valor de la variable en la observación, pudiendo visualizar similitudes y diferencias entre las estrellas. (Balzarini M., 2015)

Para identificar las variables que explican la mayor parte de las diferencias de rendimiento y morfológicas contenida en los datos y explorar las correlaciones entre variables medidas, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y se visualizaron los resultados a través del gráfico Biplot. Las observaciones son generalmente graficadas como puntos y la configuración de los puntos es obtenida a partir de configuraciones lineales a partir de las variables originales. Las

variables son graficadas como vectores desde el origen. Los ángulos entre las variables representan la correlación entre ellas.

Se realizó un árbol de regresión, el cual consiste en un conjunto de reglas determinadas por un procedimiento de ajuste por particiones binarias recursivas, donde un grupo de datos es sucesivamente particionado, teniendo en cuenta si hay suficiente heterogeneidad para producir dicha partición y/o el tamaño del nodo es superior al mínimo establecido para continuar el algoritmo. El proceso se detiene cuando no se cumple una de estas condiciones. En cada instancia de separación el algoritmo analiza todas las variables regresoras y selecciona, para realizar la partición, aquellas que permite conformar grupos más homogéneos dentro y más heterogéneos entre ellos.(Balzarini M., 2015)

Mediante la técnica de Procrustes Generalizado se analizó la congruencia de varias configuraciones sobre las mismas muestras de datos, ya que cada línea cuenta con tres repeticiones de cinco plantas cada una. Por último se realizó un Análisis de Conglomerados el cual combina técnicas o algoritmos matemáticos que tiene por objeto la búsqueda de grupos similares ya sean muestras o variables. Para cualquier algoritmo de Cluster será necesario seleccionar una medida de distancia o proximidad entre ellas y un criterio y método de agrupamiento. (Balzarini M., 2015)

RESULTADOS Y DISCUSION

Gráfico de perfil multivariado

En variables como Altura de planta (AP), Altura de inserción de la primera vaina (AIV), Numero de vainas vanas (NVV), Peso seco de la planta(PSP) Y Peso de 100 semillas (P100) las líneas no mostraron diferencias. Sin embargo en las variables Número total de vainas por planta (NVT) y Número total de semillas por planta(NS) la línea J99 presento un comportamiento diferencial, siendo de mayor valor para ambas variables. Para la variable AP, el genotipo que presentó mayor aptitud es el J90, al igual que para la variable AIV, (variables morfológicas). No se observaron diferencias en cuanto a estas variables en los demás genotipos. El genotipo J99 se destacó para las variables NVT y NS (variables asociadas al rendimiento). Destacando que los demás genotipos mostraron un comportamiento similar e inferior al J99. Este presenta un comportamiento positivo en relación al NVV y PSP, no así en P100 donde se destaca el T522 (Figura 1).

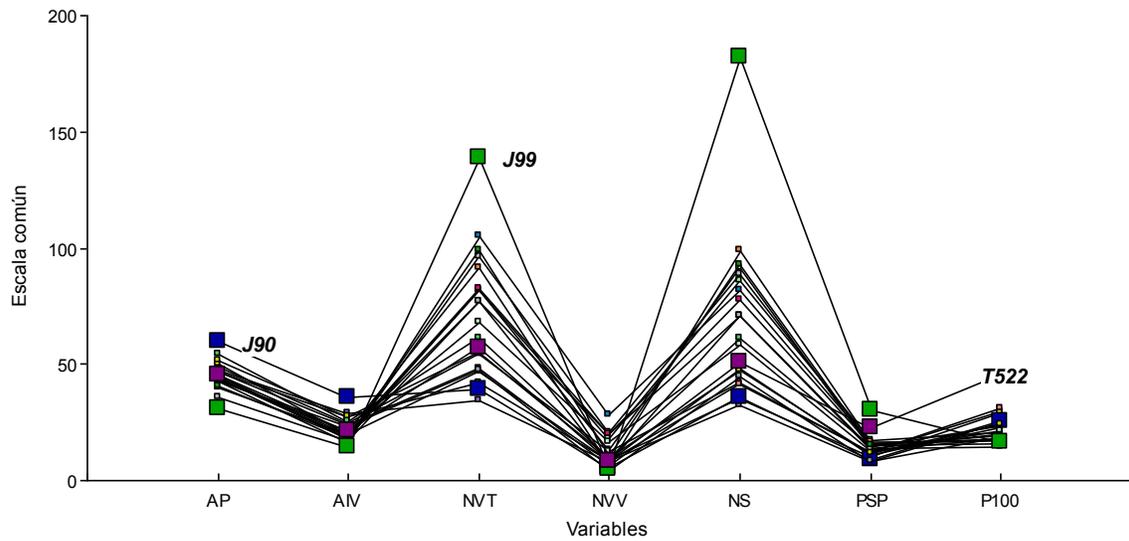


Figura1. Diagrama de perfil multivariado de 21 genotipos comparados con las variables NS: n° de semilla;PSP: peso seco de la planta; P100: peso de 100 semillas; AP: altura de planta; AIV: altura de inserción de vaina; NVT: n° de vainas totales; NVV: n° de vainas vanas.

Gráfico de estrella

Cada gráfico de estrellas representa un genotipo y cada rayo una variable. Las similitudes entre las estrellas permiten agrupar los genotipos que presentan un comportamiento similar con respecto a las variables medidas. Los genotipos J71, J75, J95, J22, J32, J4 son similares. El rayo de mayor longitud pertenece a la variable AP, seguida de AIV y P100, es decir que son los genotipos que tienen mayor altura, inserción y peso. Para las variables NVT, NVV, NS Y PSP la longitud de los rayos fue menor con respecto a AP, P100 Y PSP, este comportamiento se observó en todos las líneas excepto en J60, J84 y J12. Los genotipos J77 Y J90 son similares dado que presentan mayor AP. J86 y J96 mostraron mayor NS pero bajo P100. Los genotipos J55, J56, J60, J61, J64 el rayo de mayor longitud representa a la variable NNV por ende un bajo P100. Para J99 la variable NS es la que obtiene el rayo de mayor longitud aun comparándolo con el resto de los genotipos pero con un bajo P100. El T522 presenta, para la variable P100 la mayor longitud del rayo de todos los genotipos. El J84 no presentó ninguna similitud con ninguna estrella, siendo la longitud de todos sus rayos más cortos que en el resto de los genotipos y parecidos en su longitud para todas las variables (Figura 2).

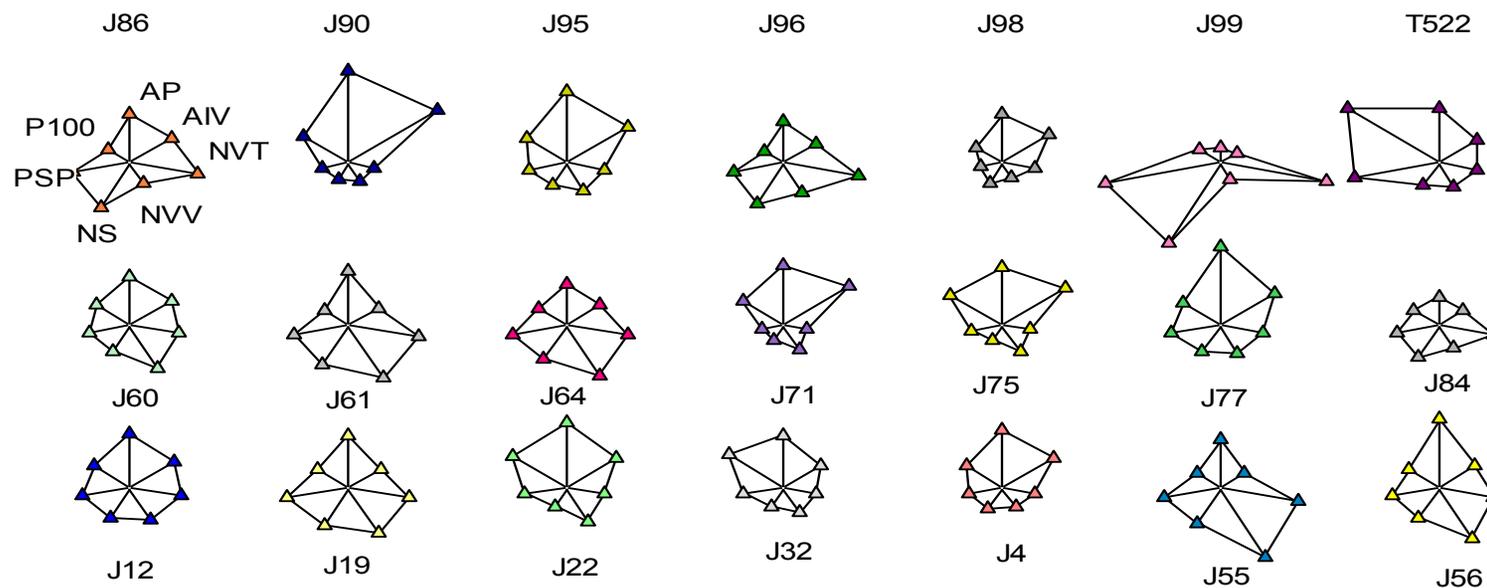


Figura 2. Gráfico de estrellas representando las variables medidas de los 20 genotipos, más el testigo (t522). AP: Altura de planta, AIV: Altura de inserción de la primera vaina. NVT: Número total de vainas por planta, NVV: Número de vainas vanas, NS: Número de semillas: PSP: Peso Seco de la planta; p100, peso de 100 semillas.

Árbol de regresión

Se realizó un Árbol de regresión, representando a las variables asociadas al rendimiento el P100 (variable dependiente) y las regresoras NS, PSP, NVT y NVV. El P100 fue elegida como variable dependiente ya que nos indica el tamaño de grano, y ante un valor alto de la misma, tendremos mayor NS (variable más influyente) con menor peso.

Mediante la técnica utilizada, se observan dos grupos, representando el primero de ellos plantas con menos o igual 72 semillas teniendo las mismas mayor peso (Media= 24,64). El segundo grupo plantas con más de 72 semillas cada una siendo las mismas más livianas (Media= 18,65). (Figura 3).

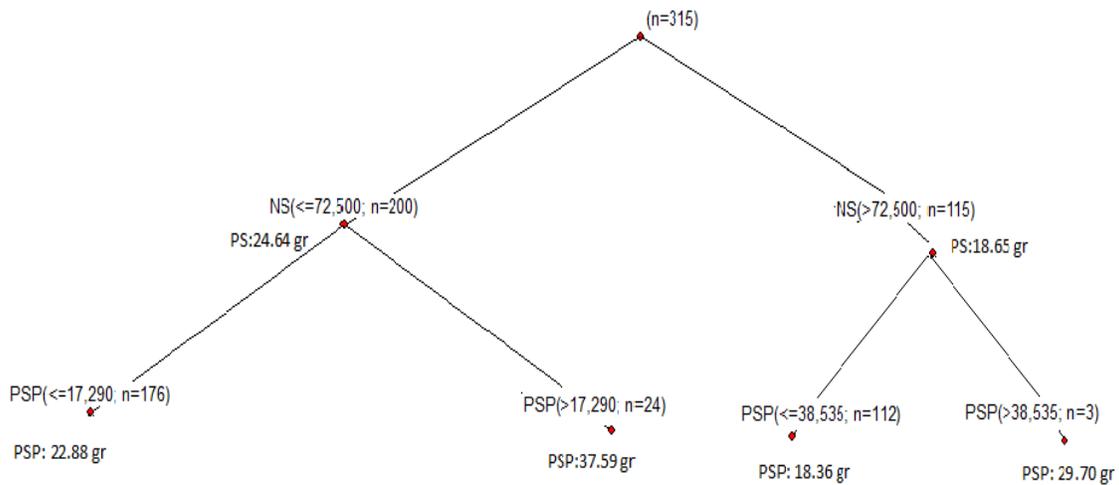


Figura 3. Árbol de clasificación para la variable dependiente (peso de 100 semillas) y las variables regresoras (número de vainas vanas, número de semillas y peso de semillas por planta).

Análisis de componentes principales.

Mediante el Análisis de Componentes Principales y su gráfico Biplot, se observa que los dos primeros componentes principales explican el 78% de la variabilidad total de genotipos, el genotipo J99 presentó valores altos de NVT, NS y PSP que corresponden a las variables que conforman los componentes del rendimiento, mientras que el genotipo J90 mostró valores altos de AP y AIV pertenecientes a las variables morfológicas. Lo mismo fue observado en los genotipos J32, J75 y J71.

Sobre la CP1, la cual explica el 61% de la variabilidad podemos observar que las variables que tienen mayor incidencia son aquellas asociadas al rendimiento (NVT, NS y PSP).

A nivel de CP2, que explica el 16,9% de la variabilidad observamos que las variables que tienen mayor incidencia son NVV y P100. El T522 presento mayor P100 y bajo número de vainas vanas (Figura 4).

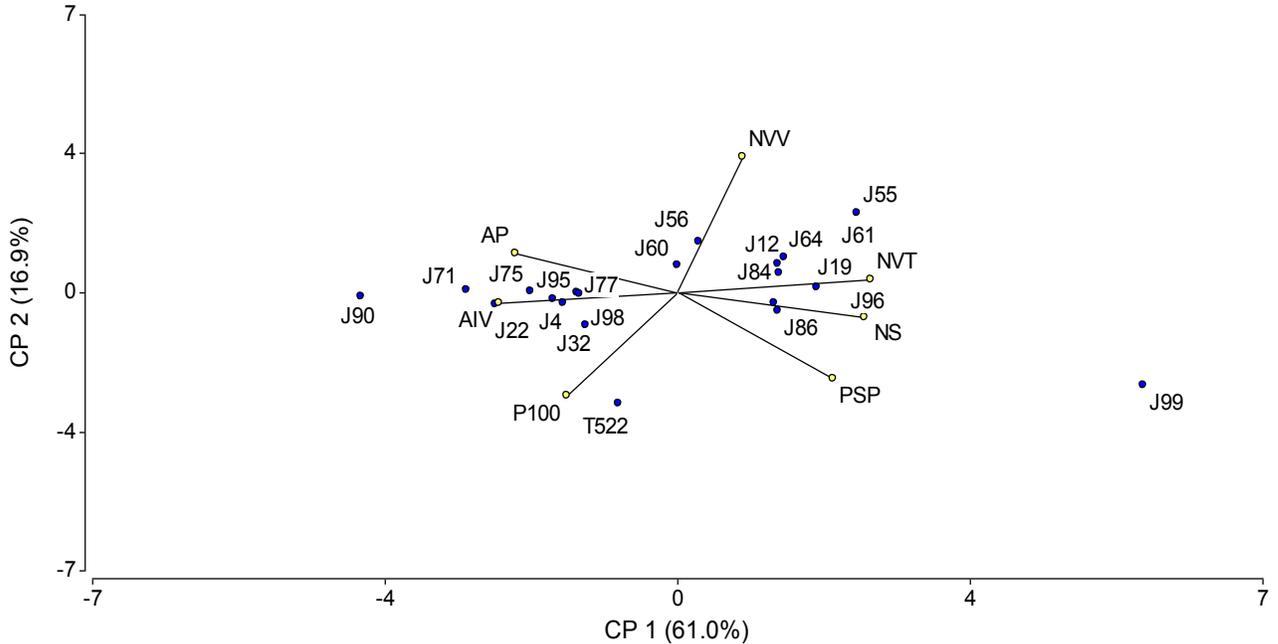


Figura 4. Gráfico Biplot de variables de rendimiento: P100; PSP; SP; VP Variables morfológicas: AP; AIV.

Análisis de conglomerado

Mediante el análisis de conglomerados, se intentó agrupar genotipos similares según variables morfológicas y variables asociadas al rendimiento (productivas). (Figura 5)

La línea J99, J90 Y T522 forman cada una un grupo distinto. La línea J32, J98, J4, J75, J71, J95, J77, J22 forman un grupo; J55, J60, J56, J61, J64, J19, otro grupo y las restantes líneas otro grupo. Se fijó un criterio de corte arbitrario en la distancia 3,5 representando el 50% de la distancia máxima. Se utilizó la distancia Eúclidea y como método de agrupamiento promedio ya que con los mismos se obtuvo la mayor correlación cofenética (0.864).

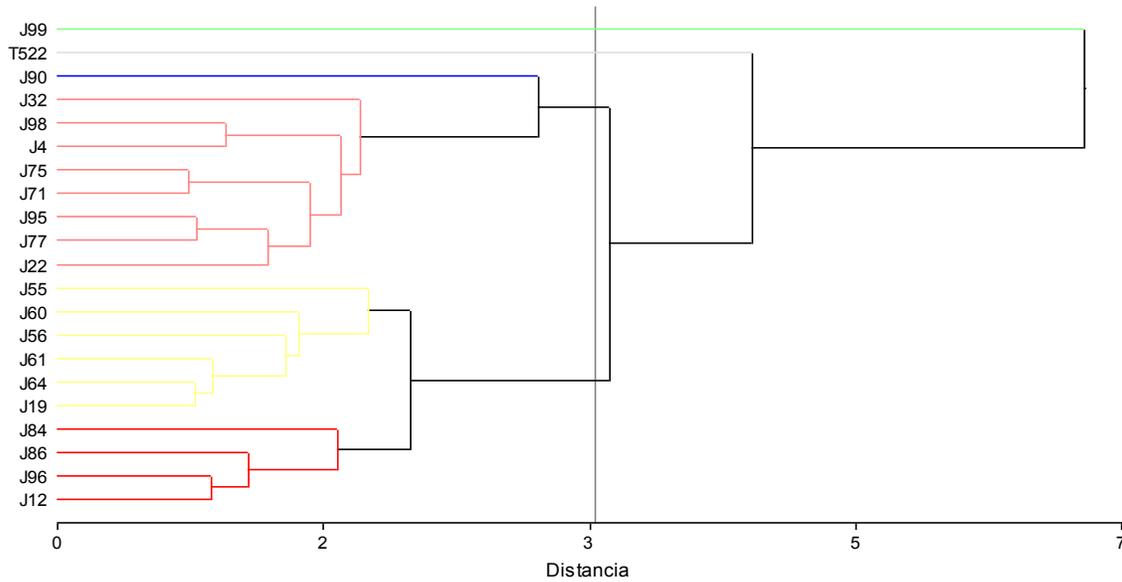


Figura 5. Dendrograma del Análisis Clúster de 20 líneas puras de garbanzo y su testigo en Chalacea Córdoba 2008.

Procrustes Generalizado

Al analizar el gráfico de Procrustes Generalizado (Figura 6) se pueden observar grupos identificados mediante el análisis de la varianza. Se utilizaron dos configuraciones provenientes de un nuevo conjunto de variables obtenidas a través de un Análisis de Componentes Principales, para las variables morfológicas y un nuevo conjunto de variables, obtenidas a través de un Análisis de Coordenadas Principales para las variables asociadas al rendimiento.

Sobre la componente principal 1, que explica el 79,9% de la variabilidad, se puede hacer una rápida diferenciación entre el J99 y los demás. Posteriormente, sobre la componente principal 2, que explica el 13,8% de la variabilidad observada, se pueden establecer 2 grupos. Uno conformado por las líneas que están menos influenciadas por los componentes del rendimiento y el otro en el cual se destaca nuevamente el J99. Estos datos coinciden con los resultados obtenidos del análisis de la varianza. El consenso entre la ordenación producida por matriz de datos asociados al rendimiento y la obtenida a partir de datos morfológicos es del 86%.

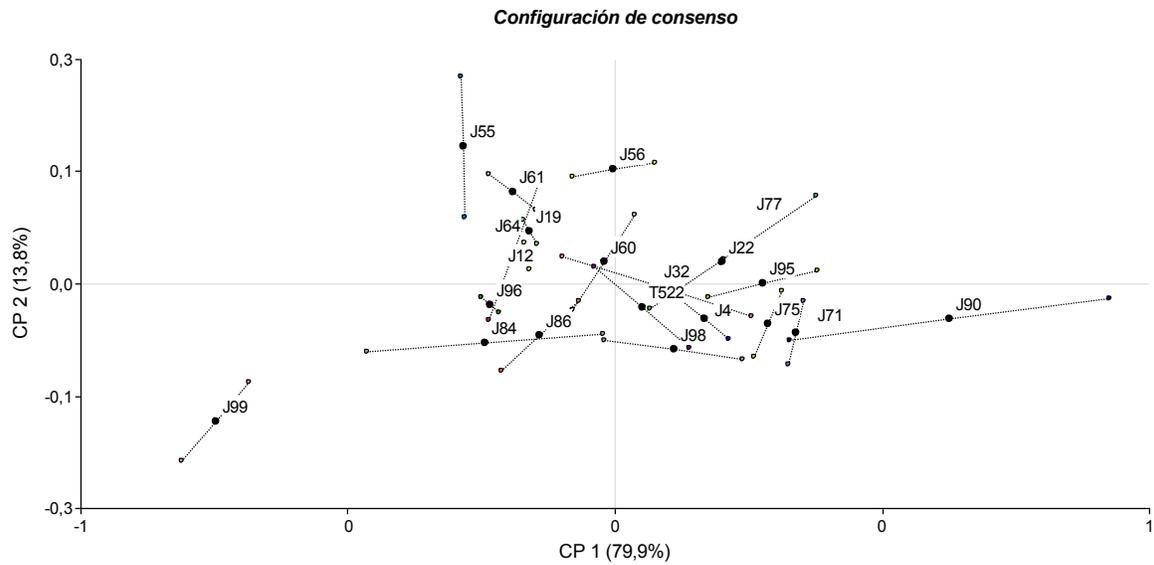


Figura 6. Procrustes Generalizado a partir de las Componentes Principales obtenidas a través de un Análisis de Componentes Principales, para las variables morfológicas y un nuevo conjunto de variables, obtenidas a través de un Análisis de Coordenadas Principales para las variables asociadas al rendimiento.

CONCLUSIÓN

Se ha observado variación genotípica para todos los caracteres evaluados en las líneas puras de garbanzo. Se concluyó que, el genotipo que presentó mayor aptitud a las variables morfológicas, (Altura de planta; Altura de inserción de vaina), fue el J90. La línea J99 se destacó en cuanto a las variables asociadas al rendimiento (número de semillas; peso de 100 semillas; número de vainas totales; Peso seco de la planta; Número de vainas vanas). Por lo tanto se considera al genotipo J99 con mayor potencial para la zona estudiada. La caracterización de la variabilidad de genotipos, es importante para los mejoradores a la hora de seleccionar y realizar cruzamientos para introducir nuevo germoplasma en los programas de mejora de garbanzo y ampliar la base genética de este cultivo en Argentina.

BIBLIOGRAFIA

Balzarini M., Bruno C., Córdoba M. y Teich I. 2015. Herramientas en el Análisis Estadístico Multivariado. Escuela Virtual Internacional CAVILA. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Campos M., José L., 2016., Dirección de Industria Alimentaria - SAGPyA.

Carreras J, Rubio J, Flores F, Millan T, Gil J (2013). Genotype x environment interactions analysis in two chickpea RIL populations. Spanish Journal of Agricultural Research 11(3):808-813.

Cuadras C.M. Nuevos Métodos de Análisis Multivariante.CMC Editions.Barcelona,2014.