

INFORME DE VALIDACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

NUEVA VARIEDAD DE FRIJOL INIA 439 - COSTACEN



ESTACIÓN EXPERIMENTAL K.M. DONOSO – HUARAL
LIMA

2019

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. OBJETIVO.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Generación de material experimental.....	9
3.1.1 Cruzamiento de los parentales, evaluación y selección de los segregantes.....	9
3.2 Evaluación del material genético en campo	9
3.2.1 Conducción y manejo de los experimentos en campo	100
- <i>Elección del terreno para siembra.</i>	<i>11</i>
- <i>Limpieza previa del campo</i>	<i>11</i>
- <i>Preparación de terreno</i>	<i>11</i>
- <i>Siembra</i>	<i>11</i>
- <i>Fertilización</i>	<i>11</i>
- <i>Riegos.....</i>	<i>111</i>
- <i>Control de malezas</i>	<i>111</i>
- <i>Control fitosanitario</i>	<i>111</i>
- <i>Cosecha</i>	<i>12</i>
3.2.2 Unidad experimental.....	12
3.2.3 Tratamientos.....	12
3.2.4 Variables evaluadas	152
3.2.5 Diseño experimental	15
3.3 Evaluación del material genético en laboratorio	163
3.3.1 Características físicas	16
3.3.2 Análisis proximal.	17
3.4 Análisis de los resultados.....	196
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Evaluación de material genético en campo	19
4.1.1 Ensayos de Observación y Adaptación	19
4.1.2 Ensayo Uniforme de Rendimiento	20
4.1.3 Ensayos Regionales de Rendimiento	18
4.1.4 Parcelas de Comprobación	22

<i>Grupo A</i>	220
<i>Grupo B</i>	220
4.2 Evaluación de material genético en laboratorio	26
<i>4.2.1 Características físicas</i>	26
<i>4.2.2 Análisis proximal</i>	27
<i>4.2.3 Análisis Económico</i>	30
V. CONCLUSIÓN	33
VI. BIBLIOGRAFÍA	34
VII. ANEXOS	34

PARTICIPANTES DURANTE LA INVESTIGACIÓN Y REVISIÓN DEL EXPEDIENTE.

Responsable del Proyecto:

- ☞ Ing. Eladio Cantoral Quispe, especialista – investigador del cultivo de frijol del INIA.

Colaboradores:

- ☞ Señor Manuel Fernández Gaspar, como asistente técnico de campo de 2009 a 2018.
- ☞ Señor Florencio Jara Lázaro y David Espinoza Agama, como personal de apoyo en campo
- ☞ Ing. Arnold Flores Lázaro, primero como practicante y luego como profesional (2016-2018)
- ☞ Dr. Alexander Chávez Cabrera, apoyo en la revisión del presente expediente técnico
- ☞ Señoras Fanny Cabrel Bazalar y Miriam Escobar Mora, en apoyo secretarial.

INFORME TÉCNICO DEL FRIJOL INIA 439 - COSTACEN

PROPUESTO COMO NUEVA VARIEDAD COMERCIAL

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), a través del Programa Nacional de Cereales, Granos Andinos y Leguminosas ha realizado trabajos de investigación en el cultivo de frijol logrando hasta la fecha obtener variedades mejoradas como: Canario 2000 (frijol arbustivo para la costa), Canario Centinela INIAA, Larán Mejorado-INIA, Blanco Larán, Bayo Mochica - INIA e INIA404- CIFAC 90105. Con el paso de los años, estas variedades han reducido su potencial productivo. Actualmente, las variedades de mayor demanda son «Canario Camanejo» para el mercado nacional, Canario 2000 con demanda en el mercado nacional y con un buen potencial para la exportación y Larán Mejorado-INIA (grano blanco) para consumo en grano verde.

Los cruzamientos fueron realizados en 2003 entre los cultivares Canario 2000 (hembra) e INIA404- CIFAC 90105 (macho), en la Estación Experimental Agraria (EEA) Vista Florida de Chiclayo y así obtener materiales segregantes. Estos materiales segregantes fueron trasladado a la EEA Donoso donde, en diferentes ensayos de campo, se seleccionó una línea promisorio de genealogía CAN 3006-5-(17)-Canario 2000 × CIFAC 90105(F7), denominada posteriormente Línea 4.

La Línea 4 fue evaluada en Ensayos de Identificación (para demostrar su distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad) y de Adaptación y Eficiencia, incluyendo Parcelas de Comprobación (para demostrar su valor agronómico). Todos los ensayos fueron conducidos en la EEA Donoso – Huaral y en diferentes localidades de la costa peruana. Al final se realizó el respectivo análisis estadístico y económico para verificar la performance de la Línea 4 frente a testigos comerciales de frijol del mismo hábito de crecimiento.

Este documento describe detalladamente los resultados obtenidos en los diferentes trabajos de investigación y de la validación técnico-económica realizada en campo y los resultados de laboratorio que incluyen las bondades nutritivas de la Línea 4, para finalmente proponer su lanzamiento como nueva variedad de frijol con el nombre de **INIA 439 - COSTACEN**.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), es la leguminosa más importante para el consumo directo como alimento en el mundo. Entre los principales cultivos alimenticios, tiene uno de los niveles más altos de variación en el hábito de crecimiento, tiempo a la madurez, las características de las semillas (tamaño, forma, color) y adaptación. También tiene una tremenda variabilidad (> 40,000 variedades).

La producción de frijol a nivel mundial ha variado en los últimos diez años (Figura 1), aumentando en un 30% debido a la alta demanda (FAO, 2019)¹. La mayor parte de la producción mundial de frijol en el año 2017 provino del continente asiático (49,3%), seguido de América (25,2%) y África (21,8%). El principal país productor fue la India con 6'390,000.00 toneladas, seguido de Myanmar (país africano) con 5'446,166.00 y de Brasil con 3'033,017.00 toneladas.

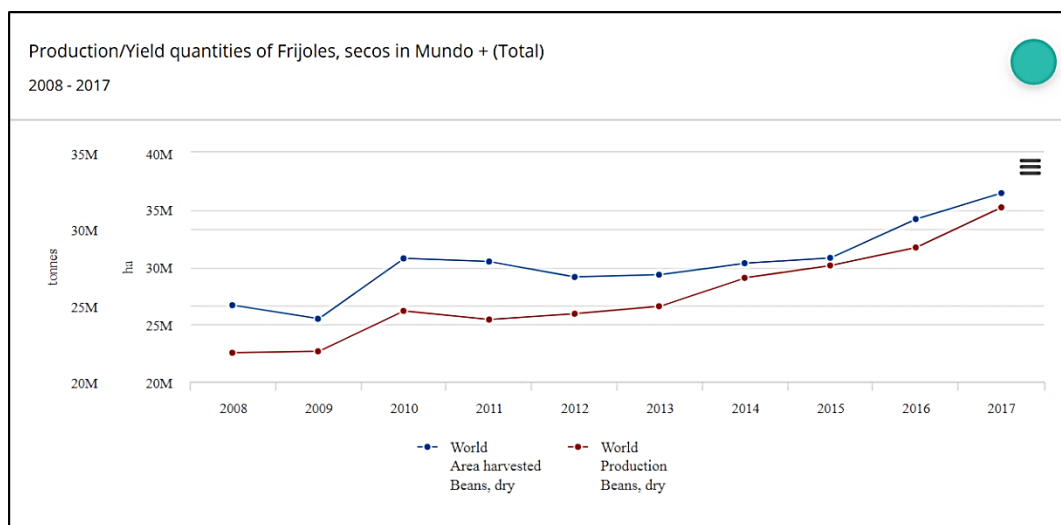


Figura 1. Producción de frijol a nivel mundial desde 2008 hasta 2016 (en millones de toneladas)

En América Latina, África y Asia, el frijol es principalmente un cultivo de pequeña escala con pocos insumos comprados, sometido a problemas biológicos, edáficos y climáticos. Los granos de estas regiones son notoriamente bajos en rendimiento, en comparación con los rendimientos promedio en las regiones templadas de América del Norte y Europa. Sin embargo, los rendimientos se pueden mejorar en todas las zonas. Los frijoles son un alimento casi «perfecto». Nutricionalmente ricos, también son una buena fuente de proteínas, ácido fólico, fibra dietética y carbohidratos complejos. Además, cuando los frijoles son parte de la dieta normal, el uso de proteínas de maíz y arroz aumenta ya que los aminoácidos son complementarios. Los frijoles también son una de las mejores fuentes de

¹ FAO: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

hierro no cárnicas, ya que proporcionan 23 a 30 % de los niveles diarios recomendados de una sola porción. El consumo de frijoles es alto principalmente porque son un alimento relativamente económico. Para los pobres del mundo, son un medio para mantener a raya a la malnutrición. Cualquier avance en la investigación científica que beneficie los rendimientos de frijol, particularmente en los países en desarrollo, ayuda a alimentar a los hambrientos y da esperanza para el futuro².

Cuadro 1. Producción de frijol en los últimos diez años en Perú.

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Valor de la producción \$ (S/)	Precio promedio en chacra (S/ x kg)
2008	77166	86145	1116.4	222254100	2.58
2009	83800	98608	1176.7	271172000	2.75
2010	81219	92758	1142.1	252301760	2.72
2011	78918	87853	1113.2	241595750	2.75
2012	82119	92476	1126.1	297772720	3.22
2013	83172	94574	1137.1	332900480	3.52
2014	76770	89517	1166.0	292720590	3.27
2015	78571	89575	1140.1	300076250	3.35
2016	70946	80887	1140.1	287148850	3.55
2017	65985	75736	1147.8	272649600	3.60
Promedio	77866.6	88812.9	1140.6	277059210	538.5
$\sigma_{(n-1)}$	5628	6675	19.90	32236027	0.39

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego - Oficina de Información Agraria. "Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA)".

En el Perú, en los últimos diez años, se cultivan aproximadamente en promedio 77,866 hectáreas anuales (± 5628 ha) de frijol, con una producción de 88,812 toneladas (± 6675 t), es decir que el rendimiento es de 1140 kg ha⁻¹ (± 19) [Cuadro 1]. La mayor producción de frijol común en grano seco a nivel nacional ocurre en las regiones de Cajamarca y Amazonas, sin embargo, en la costa central la región Lima presenta una considerable superficie cosechada de 1026 hectáreas y una producción de 2450 toneladas. El frijol ocupa el cuarto lugar de importancia por la superficie sembrada después del maíz, algodón y papa.

Según la FAO³ durante 2017 en el país se cosecharon 77,866 ha, se produjeron 88812 t y el rendimiento fue de 1.14 t ha⁻¹. A nivel mundial en el mismo año, se cosecharon 36'458,894.00 ha, con una producción de 31'405,912.00 toneladas y un rendimiento promedio de 0,86 t ha⁻¹.

² <http://www.fao.org/3/a-av015e.pdf>

³ <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

En el país, la exportación de frijol se realiza en forma permanente, no obstante, existe variación en los precios por kg exportado debido, entre otros factores, a la calidad de los granos, agravada por la escasez en algunas épocas del año. Los países que compran frijol peruano, en orden de importancia son Estados Unidos, Chile, Ecuador, Japón, España, Canadá y Croacia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Países a los que se exporta frijol de Perú. 2017 – 2018.

2017			2018		
País de Destino	Valor FOB (dólares)	Peso Neto (kg)	País de Destino	Valor FOB (dólares)	Peso Neto (kg)
US - UNITED STATES	569,007.68	207,061.70	US - UNITED STATES	509,012.79	220,781.13
CL - CHILE	112,027.68	82,974.23	CL - CHILE	125,825.54	106,835.09
EC - ECUADOR	81,767.00	113,345.00	HR - CROATIA	74,514.68	41,490.00
JP - JAPAN	43,513.00	22,004.69	JP - JAPAN	62,070.00	36,000.00
ES - SPAIN	17,041.89	7,995.56	ES - SPAIN	31,379.99	17,265.52
IT - ITALY	6,762.00	3,042.79	CA - CANADA	21,398.17	7,958.15
CA - CANADA	5,585.78	1,451.69	AR - ARGENTINA	16,071.39	8,000.00
NL - NETHERLANDS	2,584.44	1,088.00	PT - PORTUGAL	9,000.00	5,000.00
GB - UNITED KINGDOM	2,246.37	821.98	IT - ITALY	6,130.00	4,931.71
AW - ARUBA	1,356.61	299.01	CV - CAPE VERDE	3,281.25	1,875.00
PA - PANAMA	540.68	225.00	NL - NETHERLANDS	2,309.24	988.00
CH - SWITZERLAND	253.00	81.73	PA - PANAMA	874.26	430.00
DE - GERMANY	13.50	11.00	AW - ARUBA	454.84	110.37
AE - UNITED ARAB EMIRATES	4.00	1.20	AE - UNITED ARAB EMIRATES	10.80	7.973
CZ - CZECH REPUBLIC	1.00	0.01			
LOS DEMAS	0.00	0.00	LOS DEMAS	0.00	0.00
TOTAL	842,704.63	440,403.58	TOTAL	862,332.95	451,672.94

Fuente: SUNAT

La investigación en frijol de los últimos años está orientada a la búsqueda de variedades de buen comportamiento agronómico, resistente o tolerantes a virus y nematodos, con alta productividad y calidad de grano, y sobre todo resistentes a los estreses ocasionados por los cambios climáticos como la sequía⁴.

Frente a los problemas actuales del cultivo, considerando su gran importancia en la alimentación humana y como una alternativa varietal en el proceso productivo de los agricultores de la costa peruana el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha realizado trabajos de investigación para desarrollar una nueva variedad de frijol tipo canario, cuyos resultados se presentan en el presente documento.

⁴ <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1150346/>

II. OBJETIVO

Elaborar el informe técnico de los resultados de los experimentos realizados que conllevaron a la selección y a la validación técnica y económica de las bondades de la línea promisorio de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) «Línea 4», y proponer su lanzamiento como nueva variedad comercial con el nombre de **INIA 439 - COSTACEN**.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Generación de material experimental

3.1.1 Cruzamiento de los parentales, evaluación y selección de los segregantes

El trabajo se inició en el año 2003 con el cruzamiento de material genético realizado en la Estación Experimental Agraria (EEA) Vista Florida de Chiclayo, perteneciente al INIA. El frijol canario cuya codificación referencial se denomina Línea 4, es uno de los segregantes de la cruce entre los parentales Canario 2000 utilizada como hembra e INIA 404-CIFAC 90105 utilizada como macho (Figura 2). La genealogía de esta línea promisorio es CAN 3006-5-(17)-Canario 2000 × CIFAC 90105(F7).

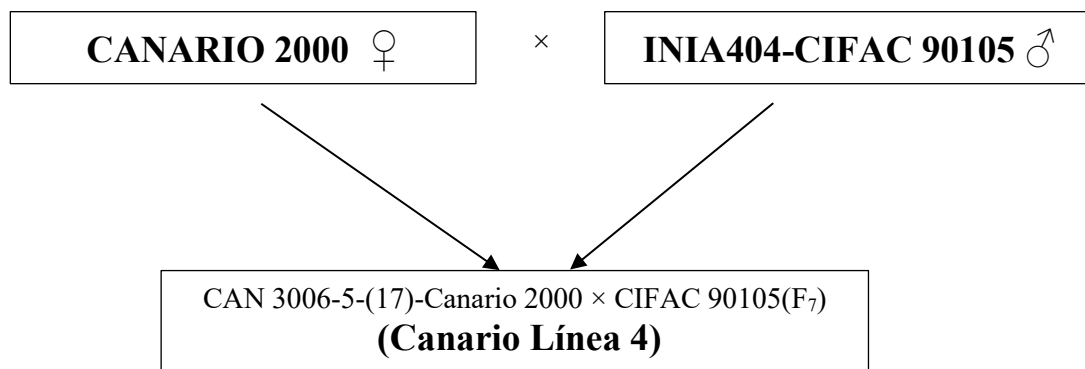


Figura 2. Esquema de cruzamiento de la línea promisorio. Vista Florida 2003

3.2 Evaluación del material genético en campo

En el año 2009 se introdujo en la EEA Donoso un grupo de materiales genéticos avanzados derivados del cruzamiento de Canario 2000 × INIA404-CIFAC 90105, provenientes de la EEA Vista Florida. Este material avanzado fue evaluado durante 8 campañas agrícolas en Ensayos de Identificación, para determinar su Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad, y de Adaptación y Eficiencia, para probar su valor agronómico. Estos últimos incluyen experimentos denominados

(i) Ensayos de Observación y Adaptación, (ii) Ensayo Uniforme de Rendimiento, (iii) Ensayos Regionales de Rendimiento y (iv) Parcelas de Comprobación, en las que se hizo el análisis para determinar el valor económico y la rentabilidad de la Línea 4, como se resume en el siguiente cuadro:

Resumen del proceso de cruzamiento, evaluación, selección, adaptación y comprobación del cultivar Promisoria de frijol “Línea 4”.

AÑO	FILIAL	ENSAYO - MULTIPLICACIÓN	LUGAR
2003	Parentales (Canario 2000 X INIA 404- CIFAC 90105)	Cruzamiento	EEA Vista Florida
2004	F1	Evaluación y selección de segregantes	EEA Vista Florida
2005	F2	Evaluación y selección de segregantes.	EEA Vista Florida
2006	F2-F6	Ensayos de observación y selección	EEA Vista Florida
2007	F2- F6	Ensayos de observación y selección	EEA Vista Florida
2008	F2-F6	Ensayos de observación y selección	EEA Vista Florida
2009	F7	Ensayos de observación y adaptación	EEA Donoso de Huaral
2010	F7	Ensayos Uniformes de Rendimiento	EEA Donoso de Huaral
2011	Líneas	Ensayo Regional de rendimiento.	EEA Donoso de Huaral
2012	Líneas	Ensayo Regional de rendimiento.	EEA Donoso de Huaral
2013	Línea 4	Parcelas de Comprobación Año 1	EEA Donoso de Huaral, Santa Rosa y Atahuaranga
2014		No	
2015	Línea 4	Parcelas de Comprobación Año 2	Supe (Barranca)
2016	Línea 4	Parcelas de Comprobación Año 3	Araya (Barranca)
2017		No	
2018	Línea 4	Parcelas de Comprobación Año 4 (Proyecto 148 PNIA)	Donoso, Cañete. Barranca, Chíncha y V. Muerto (Barranca)
2019 - 2020		Procesamiento de datos y elaboración de DHE, Exp. técnico y más documentos técnicos	EEA Donoso

En los cuadros correspondientes a los tipos de ensayos realizados se indican las líneas utilizadas

Conducción y manejo de los experimentos en campo

El manejo del cultivo de todos los experimentos fue similar en todas las localidades de prueba, empleando el paquete tecnológico existente para el cultivo de frijol, con algunas excepciones por las condiciones propias de cada localidad. A continuación, se describe cada una de las labores realizadas:

- **Elección del terreno para siembra.** Siempre se procuró elegir el terreno apropiado para el cultivo de frijol, con textura franco-arenosa y franco-limosa, con pH entre 5,3 y 5,7, y conductividad eléctrica menor de 1 dS/m, terreno libre de nematodos y patógenos causantes de las pudriciones radiculares.
- **Limpieza previa del campo.** Antes de la preparación de terreno se hizo una limpieza del campo, teniendo en cuenta la cantidad de malezas presentes. En algunos casos se aplicó glifosato a razón de 2,5 L × 200 L de agua. Cuando la maleza no era tan abundante se realizó la limpieza de manera manual con una palana como herramienta.
- **Preparación de terreno.** Según la disponibilidad del terreno y agua de riego, en los campos del INIA o de colaboradores, se preparó con maquinaria agrícola en seco o después de un riego de machaco, en el orden siguiente: arado, gradeo, nivelado y surcado.
- **Siembra.** Primero se marcó el terreno de acuerdo con el diseño y croquis previamente establecido. La siembra se hizo a lampa, colocando 3 semillas por golpe, a una distancia de 0,40 m entre golpes para el material genético con hábito de crecimiento indeterminado y a 0,30 m para el material de hábito determinado. Antes de la siembra se realizó la desinfección de las semillas utilizando el insecticida Orthene (acefato), para prevenir el daño del gusano de tierra *Agrotis* sp; y el fungicida Vitavax (carboxin + thiram) para prevenir el ataque de hongos radiculares como *Rhizoctonia* sp.
- **Fertilización.** Se utilizó la misma fórmula de 60–80–60 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, en todas las localidades del estudio, ajustando estos valores de acuerdo con los análisis de suelo correspondientes. La fertilización se realizó entre 15 y 20 días después de la siembra, colocando la mezcla de los fertilizantes de manera dirigida –entre golpes– mediante el «puyado» a lampa o distribuyendo el abono al fondo del surco y tapando el fertilizante con maquinaria agrícola.
- **Riegos.** Fueron aplicados uniformemente para todos los tratamientos, según el requerimiento del cultivo, considerando las etapas críticas de este.
- **Control de malezas.** Todos los experimentos fueron manejados bajo el criterio de campo limpio. Después del aporque se aplicó un riego ligero, para permitir la germinación de malezas y su posterior control utilizando el herbicida Gramoxone (paraquat) a razón de 1 L × 200 L de agua, en el fondo de surco. Las malezas que nacen posteriormente fueron eliminadas con un deshierbo utilizando lampas.
- **Control fitosanitario.** La frecuencia de aplicación de los pesticidas, en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, fue distinto y dependió de las condiciones de cada localidad de prueba, del clima y de la presencia de plagas y enfermedades. Se realizaron evaluaciones

previas para controlar «mosca minadora» (*Liriomyza huidobrensis*), «gusano perforador de brotes y vainas» (*Epinotia aporema*) y «mosca blanca» (*Bemisia tabaci*). Se usaron insecticidas sistémicos como metamidophos e insecticidas de contacto como methomil o alphacipermetrina, abamectina e imidacropid. Para controlar la pudrición parda (*Botrytis cinérea*), esclerotiniosis (*Sclerotinia sp*) y las manchas foliares ocasionadas por oidium (*Erisiphe polygoni*), se usaron fungicidas sistémicos como benomil y propineb.

- **Cosecha.** La cosecha se realizó una vez alcanzada la madurez completa, que varía según el material genético bajo evaluación. La labor se inicia con el arranque de las plantas de los surcos centrales donde se evalúan las variables durante la cosecha, para luego dejarlas secar completamente a fin de favorecer la trilla. Esta labor se hizo de manera manual, golpeando con palo, para luego proceder con la limpieza («venteo» y separación manual de las impurezas). En todos los experimentos solo se cosecharon los surcos centrales para registrar el rendimiento, número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas.

3.2.1 Unidad experimental

En los ensayos experimentales de campo se utilizaron surcos de 5 m de largo $\times$ 0,85 m de ancho, según el tipo de ensayo se sembró 4 a 6 surcos, y se evaluaron y cosecharon solo los dos centrales. En el caso de las Parcelas de Comprobación la unidad experimental fue de 10 surcos de 10 m de largo $\times$ 0,85 m de ancho, cosechando los dos centrales. Es decir 17 m² de superficie cosechada.

3.2.2 Tratamientos:

N°	Cultivar
1	Línea 4
2	FAB-3002-1/- M(165)(68)(24)Fabes x Alubia
3	FAB 4001-1
4	CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105(F5)
5	EUR-CAN 40
6	EUR-CAN 86
7	FAB 4002-2
8	FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54(F5)
9	EUR-CAN 83
10	EUR-CAN 85
11	Canario 2000 (Testigo 2)
12	INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)
13	Blanco Laran (Testigo 3)
14	FAB-4001-3-FABES- 3001 x Fabes x alubia

15	CAN 3008-3-(6)-Canario 2000 x CAN 3001(F7)
16	CAN 3008-4-(88)-Canario 2000 x CAN 3001(F7)
17	EUR-CAN 101

N°	Cultivar
1	Línea 4
2	FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54 (F5)

a. Ensayos de Observación y Adaptación. Se ha utilizado 14 líneas de frijol y 03 testigos:

b. Ensayo Uniforme de Rendimiento. Se utilizó siete líneas y 02 testigos:

- 3 FAB-3002-1/- M(165)(68)(24) Fabes x Alubia
 - 4 EUR-CAN86
 - 5 FAB 4001-1
 - 6 INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)
 - 7 CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105 (F5)
 - 8 Canario 2000 (Testigo 2)
 - 9 FAB 4002-2
-

c. Ensayos Regionales de Rendimiento: se llevó a cabo en 02 campañas

En la

N°	Cultivar
1	Línea 4
2	EUR-CAN 86
3	INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)
4	FAB-4002-2- BAYO MOCHICA X DARK 54 (F5)
5	FAB-3002-1/- M(165)(68)(24) FABES X ALUBIA
6	CANARIO 2000 (Testigo 2)
7	CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105 (F5)
8	FAB 4002-2
9	FAB 4001-1

primera campaña se utilizó 07 líneas y 02 testigos.

En la segunda campaña se utilizó 03 líneas promisorias y 01 testigo

No	Cultivar
1	Línea 4
2	FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54 (F5)
3	FAB 4002-2

d. Parcelas de Comprobación. Se utilizó una línea promisoría con 02 testigos y se realizó en 02 campañas:

No.	Cultivar
1	Línea 4
2	Canario 2000
3	INIA404-CIFAC 90105

3.2.3 Variables evaluadas

- Peso de grano seco de los surcos centrales de la unidad experimental en kg /parcela, que luego fue proyectado a rendimiento en t ha⁻¹.
- Número de plantas cosechadas en los surcos centrales.
- Número de vainas × planta.
- Número de granos × vaina.
- Peso de 100 granos (g).
- Hábito de crecimiento: determinado e indeterminado
- Precocidad: muy precoz, precoz, semi tardío y tardío.

3.2.4 Diseño experimental

Todos los experimentos fueron conducidos bajo un diseño de bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones en la fase experimental inicial y cuatro repeticiones en las Parcelas de Comprobación. Se empleó el modelo estadístico lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} = respuesta observada correspondiente al i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque, con $i = 1, 2, \dots, t$ y $j = 1, 2, \dots, r$
- μ = efecto medio general común a todas las observaciones
- τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento en la variable dependiente, y mide el alejamiento de la media μ_i con relación a μ .

β_j = efecto del j -ésimo bloque en la variable dependiente, y mide el alejamiento de la media μ_i con relación a μ .

ε_{ij} = error aleatorio no observable atribuido a la observación Y_{ij} , tal que $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ e independientes.

La hipótesis nula (H_0) probada fue aquella que determina que no existen diferencias estadísticas entre los i tratamientos en estudio. La hipótesis alternativa (H_a) explica que por lo menos uno de los tratamientos fue diferente que los demás:

$$H_0: t_1 = t_2 = \dots = t_i = 0$$

vs.

$$H_a: t_i \neq 0, \text{ para algún } i$$

3.3 Evaluación del material genético en laboratorio

Se caracterizó la composición química, componentes bioactivos y determinación de ácido cianhídrico en los granos de la Línea 4 y de dos testigos: Canario 2000 y INIA404-CIFAC 90105.

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Valoración Industrial de los Recursos Genéticos de la Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología del INIA. Se determinó: color, peso de cien semillas, porcentaje de testa, humedad, ceniza, grasa total, fibra cruda, proteína, carbohidrato total, aporte de energía, compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante (empleando DPPH y ABTS como radicales) y ácido cianhídrico.

Para hacer el muestreo en campo se tomaron tres porciones de 0,5 kg de cada material genético, siendo cada una de ellas una muestra representativa al promedio. En el laboratorio se midieron las características físicas y se realizó el análisis proximal de los cultivares en estudio.

3.3.1 Características físicas

- Color. Se midió las coordenadas de color CIE L^* , a^* , b^* con un colorímetro Minolta calibrado con una placa estándar.
- Dimensiones de grano. Para esto se empleó un vernier con el que se midió longitud, ancho y grosor (Palilo et al., 2018):

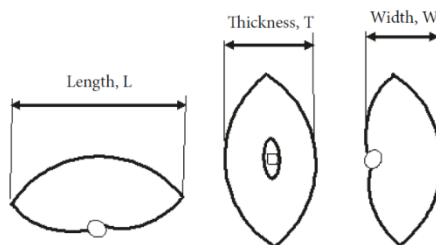


Figura 3. Principales dimensiones del frijol común.

- Peso de cien semillas. Evaluación realizada de acuerdo con la metodología descrita por Pliego-Marín et al (2013) para lo cual las semillas fueron seleccionadas de manera aleatoria.
- Porcentaje de testa. Veinticinco semillas fueron sumergidas en 100 ml de agua por 24 horas dentro de un vaso de 250 ml. Luego, se separó la testa del cotiledón con bisturí. Las semillas fueron secadas a 70 °C por 72 horas (Morales-Santos et al., 2017). El porcentaje de cada estructura se calculó por triplicado de la siguiente manera:

$$\% \text{ testa} = \frac{W(g) \text{ de cáscara seca}}{W(g) \text{ cotiledón seco} + W(g) \text{ cáscara seca}}$$

- Absorción de agua. Se utilizó el método de Velasco-González et al. (2013). Las semillas de frijol fueron remojadas en agua destilada a temperatura ambiente por 24 h, empleando una proporción de 1:5 (semilla: agua) (p/v). Luego, las semillas fueron removidas, escurridas y pesadas. El agua absorbida por las semillas fue calculada como el porcentaje de la fracción de la masa ganada en relación con la masa inicial.
- Densidad aparente. Se pesó una muestra de frijoles y se colocó en un recipiente con agua destilada para luego registrar el volumen desplazado en cm³ (Palilo et al., 2018).

3.3.2 *Análisis proximal.*

Previamente se acondicionaron las muestras para moler las semillas: (i) Limpieza: cada muestra fue agitada manualmente con el fin de eliminar cuerpos extraños provenientes de la cosecha; (ii) Selección: Se separaron aquellos granos que presentaron defectos como granos partidos, picados, manchados, con insectos u otros; (iii) Molienda I: Se empleó un molino de manivela para reducir el tamaño de las semillas y facilitar la segunda molienda; (iv) Molienda II: La molienda fina se llevó a cabo en un molino (Restch, ZM 200) y se pasó por un tamiz de malla 100; (v) Almacenamiento: Cada muestra fue colocada en bolsas de polietileno con cierre hermético y se almacenó a temperatura ambiente.

Se determinó:

- Humedad (método gravimétrico). Se empleó el método 44-19 (AACC, 2000).
- Cenizas (método de incineración). Se empleó el método 08-01 (AACC, 2000).
- Proteína total (método de Kjeldahl). Fue cuantificado como nitrógeno total empleando el procedimiento Kjeldhal método 46-13 (AACC, 2000).

- Grasa (Método de Soxhlet). Se empleó el método 30-25 (AACC, 2000).
- Fibra cruda. Se utilizó el método 32-10 (AACC, 2000).
- Hidratos de carbono. Se calculó por diferencia de acuerdo con Reyes et al. (2017).
- Compuestos bioactivos. Preparación de la muestra. Se realizó de acuerdo con lo expuesto por Xu & Chang (2007). Se pesó 0,5 g de semilla molida en un tubo de centrífuga de 5 ml y se agregó acetona como solvente: agua: ácido acético (70:29:5:0.5). La mezcla fue agitada a 300 rpm a temperatura ambiente por 3 h. La mezcla se extrajo durante 12 h adicionales en la oscuridad. Los extractos fueron centrifugados en una centrífuga a 3000 rpm durante 10 minutos, y los sobrenadantes fueron colocados en tubos nuevos. Los residuos (precipitado) se extrajeron con 5 ml de solvente por segunda vez. Ambos extractos fueron combinados y almacenados a 4 °C en la oscuridad. Las extracciones se realizaron por triplicado.
- Compuestos fenólicos totales. Se determinaron según la metodología descrita por Xu & Chang (2007). Se tomaron 50 µl de la solución de la muestra y se mezcló con 3 ml de agua destilada, 250 µl del reactivo Folin-Ciocalteu y 750 µl de NaCO₃ al 7 %. Se agitó en un vórtex y se dejó reposar 8 min a temperatura ambiente. Luego, se agregó 950 µl de agua destilada y se dejó reposar por 2 horas a temperatura ambiente. La absorbancia fue medida a 765 nm, frente al agua destilada como blanco. Los compuestos fenólicos totales fueron expresados como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/g muestra en base seca).
- Flavonoides totales. Se evaluaron según la metodología descrita por Heimler et al. (2005). A 0,25 ml de la muestra diluida se agregó 75 µl de una solución de NaNO₂ al 5%, 0,150 ml de una solución de AlCl₃ al 10% recién preparada y 0,5 ml de NaOH 1M. El volumen final se ajustó a 2,5 ml con agua destilada. La mezcla se dejó reposar por 5 min y se midió la absorbancia a 510 nm frente a la misma mezcla, sin la muestra, como blanco. La cantidad de flavonoides totales fue expresada como equivalentes de catequina (mg CE/g de muestra en base seca).
- Capacidad antioxidante según 1,1-difenilo-2-picrilhidrazilo (DPPH). La capacidad de eliminación de radicales libres de DPPH fue analizada de acuerdo con la metodología descrita por Xu & Chang (2007). Se agregó 0,2 ml de la muestra preparada a una solución de etanol de 3,8 ml de radical DPPH (concentración final: 0,1 mM). La mezcla se agitó por 1 min y se dejó reposar por 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad. Posteriormente se midió la absorbancia de la muestra (Amuestra) a 517 nm frente al etanol como blanco. La actividad de eliminación de radicales libres de los extractos de la muestra se expresó como equivalentes de Trolox/g de muestra en base seca.

- Capacidad antioxidante según 2,2'-azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-ácido-sulfónico) (ABTS). Se empleó el método expuesto por Wang et al. (2016). El ABTS (7 mM en 20 mM de buffer acetato de sodio, pH 4,5) fue mezclado con persulfato de potasio 2,45 mM y la mezcla se dejó reposar por 14 horas a temperatura ambiente en la oscuridad para crear una solución azul – verdosa estable. La solución fue diluida con 20 mmoles de buffer acetato de sodio (pH 4,5) hasta una absorbancia de 0,7 a 734 nm para formar el reactivo de prueba. Se tomó 500 μ l y se mezcló con 3 ml del reactivo preparado. La mezcla se incubó a temperatura ambiente por 1 hora y se midió a 734 nm. Se utilizó trolox como estándar de referencia.
- Determinación de ácido cianhídrico. Se utilizó el método 915.03 (AOAC, 1990)

3.4 Análisis de los resultados

Con los datos obtenidos en campo se hicieron los análisis estadísticos utilizando el programa SAS 9.4, lenguaje de programación desarrollado por SAS Institute. Se hicieron análisis de varianza y comparación de medias individuales de todas las características de campo y de laboratorio, de todos los ensayos por cada localidad de prueba y, para explotar la interacción genotipo $\times$ ambiente, los respectivos análisis combinados asumiendo normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de material genético en campo

4.1.1 Ensayos de Observación y Adaptación

En este ensayo se evaluaron 14 líneas promisorias y 3 testigos: INIA404-CIFAC 90105 (testigo 1), Canario 2000 (testigo 2) y Blanco Larán (testigo 3). Por facilidad, de aquí en adelante estos serán designados simplemente como CIFAC90105, Canario 2000 y Blanco Larán, respectivamente. Mientras que la línea promisorio CAN 3006-5-(17)-Canario 2000 $\times$ CIFAC 90105(F7) simplemente será Línea 4.

Desde un principio sobresalió la Línea 4. En este caso la Línea 4 superó en 78 % al rendimiento promedio de los tres testigos, siendo seis días más precoz con respecto al testigo INIA404-CIFAC 90105, tener mayor carga (vainas/planta) y de un color más amarillo que el testigo INIA404- CIFAC 90105 y con similar hábito de crecimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) y características agronómicas de 14 cultivares experimentales y tres testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2009 en la EEA Donoso–Huaral. 2019.

N°	Cultivar	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)	Color de grano	Precocidad	Días a floración	N° vainas /planta	Hábito
1	Línea 4	2.61 a	Can	T	54	32.2	III
2	FAB-3002-1/- M(165)(68)(24)Fabes x Alubia	2.54 a b	Bco	ST	50	23.2	III
3	FAB 4001-1	2.54 a b	Can	T	58	19.8	III
4	CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105(F5)	2.50 a b	Can	T	58	33.8	III
5	EUR-CAN 40	2.43 a b c	Can	P	40	14.6	II
6	EUR-CAN 86	2.41 a b c	Can	P	40	13.6	II
7	FAB 4002-2	2.32 a b c	Can	T	60	23.8	III
8	FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54(F5)	2.26 a b c d	Bco	T	60	24.6	III
9	EUR-CAN 83	1.77 b c d e	Can	P	40	14.0	I
10	EUR-CAN 85	1.71 c d e	Can	P	40	8.0	II
11	Canario 2000 (Testigo 2)	1.55 d e	Can	ST	50	25.8	I
12	INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)	1.55 d e	Can	T	60	30.6	III
13	Blanco Laran (Testigo 3)	1.32 e f	Bco	P	40	23.6	I
14	FAB-4001-3-FABES- 3001 x Fabes x alubia	1.10 e f	Bco	P	40	14.8	I
15	CAN 3008-3-(6)-Canario 2000 x CAN 3001(F7)	1.07 e f	Can	P	40	22.2	II
16	CAN 3008-4-(88)-Canario 2000 x CAN 3001(F7)	1.05 e f	Can	P	40	11.2	I
17	EUR-CAN 101	0.68 f	Can	MP	32	5.0	I
	Promedio	1.85					
	Desviación estándar (σ)	0.30					
	DMS (0.05)	0.77					
	CV (%)	16.2					

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Can = canario; Bco = blanco

P = precoz; T = tardío; ST = semi tardío; MP = muy precoz

Hábito I = Determinado (Arbustivo); Hábito II = Indeterminado (Arbustivo); Hábito III = Indeterminado (Semi guiador)

4.1.2 Ensayo Uniforme de Rendimiento

Este ensayo se llevó a cabo en 2010 en la EEA Donoso – Huaral, evaluando siete líneas promisorias seleccionadas en la etapa anterior frente a dos variedades comerciales como testigos. Nuevamente, la Línea 4 fue superior en rendimiento al testigo Canario 2000 y estadísticamente igual al INIA404-CIFAC 90105, ha sido superior en 34 y 40 % respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) y características agronómicas de siete cultivares experimentales y dos testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2010 en la EEA Donoso–Huaral.

N°	Cultivar	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)	Color de grano	Precocidad	Hábito
1	Línea 4	2.62 a	canario	tardío	III
2	FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54 (F5)	2.38 a	blanco	tardío	III
3	FAB-3002-1/- M(165)(68)(24) Fabes x Alubia	2.24 a	blanco	semi tardío	III
4	EUR-CAN86	2.04 a b	canario	precoz	II
5	FAB 4001-1	2.00 a b	canario	tardío	III
6	INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)	1.96 a b	canario	tardío	III
7	CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105 (F5)	1.35 b c	canario	tardío	III
8	Canario 2000 (Testigo 2)	1.09 c	canario	semi tardío	I

9	FAB 4002-2	0.94	c	canario	tardío	III
	Promedio	1.85				
	Desviación estándar (σ)	0.29				
	DMS (0.05)	0.7				
	CV (%)	15.7				

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Hábito I = Determinado (Arbustivo); Hábito II =Indeterminado (Arbustivo); Hábito III= Indeterminado (Semi guiador)

4.1.3 Ensayos Regionales de Rendimiento

Estos ensayos fueron desarrollados en 2 campañas: 2011 y 2012. En el primer caso se evaluaron nueve cultivares en una localidad y en el segundo caso cuatro cultivares en tres localidades (Cuadros 5 y 6, respectivamente).

a. Campaña agrícola 2011

La Línea 4 alcanzó rendimientos de 2.49 t ha⁻¹, siendo estadísticamente iguales a los INIA404-CIFAC 90105 y Canario 2000 con promedios de 2.14 y 1.82 t ha⁻¹ (Cuadro 5). A pesar de esto se puede decir que la Línea 4 rindió 16 % más que INIA404-CIFAC 90105 y 37% más que Canario 2000; siendo 6 días más precoz y presentar color más amarillo que el primer testigo y 4 días más tardío que el segundo.

Cuadro 5. Rendimiento (t ha⁻¹), y características agronómicas de siete cultivares experimentales y dos testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2011 en la EEA Donoso–Hualal. 2019.

N°	Cultivar	Rendimiento (t ha ⁻¹)		Tipo / color de grano	Precocidad	Días a floración	Hábito
1	Línea 4	2.49	a	canario	tardío	54	III
2	EUR-CAN 86	2.28	a b	canario	Precoz	40	II
3	INIA404-CIFAC 90105 (Testigo 1)	2.14	a b	canario	tardío	60	III
4	FAB-4002-2- BAYO MOCHICA X DARK 54 (F5)	2.04	a b	blanco	tardío	60	III
5	FAB-3002-1/- M(165)(68)(24) FABES X ALUBIA	1.92	a b	blanco	semi tardío	50	III
6	CANARIO 2000 (Testigo 2)	1.82	a b	canario	semi tardío	50	I
7	CAN 4001-1-Canario 2000 x CIFAC 90105 (F5)	1.74	a b	canario	tardío	58	III
8	FAB 4002-2	1.08	b	canario	tardío	60	III
9	FAB 4001-1	1.06	b	canario	tardío	58	III
	Promedio	1.84					
	Desviación estándar (σ)	0.45					
	DMS	1.30					
	CV (%)	24.3					

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Hábito I = Determinado (Arbustivo); Hábito II =Indeterminado (Arbustivo); Hábito III= Indeterminado (Semi guiador)

b. Campaña agrícola 2012

Esta campaña se desarrolló entre junio y diciembre de 2012 en las localidades de Huaral, Barranca y Chincha, alcanzaron promedios de rendimiento de 2.12, 2.41 y 2.22 t ha⁻¹ respectivamente. En las tres localidades la Línea 4 superó estadísticamente a los otros cultivares mostrando buen performance con promedio de 2,22 t ha⁻¹ y superándolos en 72, 85 y 152 % respectivamente.

Cuadro 6. Rendimiento (t ha⁻¹) de tres cultivares experimentales y un testigo comercial de frijol, evaluados en 2012, en tres localidades de la costa peruana. 2019.

Cultivar	HUARAL (Donoso)		BARRANCA (Caral)		CHINCHA (Atahuranga)			Promedio de tres localidades	
Línea 4	2.12	a	2.41	a	2.14	a		2.22	a
FAB-4002-2- Bayo Mochica x Dark 54 (F5)	1.28	b	0.82	b	1.78	a	b	1.29	b
FAB 4002-2	1.06	b	1.16	b	1.37	a	b	1.2	b c
INIA404-CIFAC 90105 (testigo)	0.82	b	0.62	b	1.2		b	0.88	c
Promedio	1.32		1.25		1.62			1.4	
Desviación estándar (σ)	0.165		0.276		0.273			0.24	
DMS	0.46		0.78		0.77			0.33	
CV (%)	12.5		22.05		16.89			17.45	

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).
(T) = Testigo

4.1.4 Parcelas de Comprobación

Se instalaron en total 10 parcelas de comprobación como sigue: año 2013 (03 parcelas), año 2015 (1 parcela), año 2016 (1 parcela) y año 2018 (05 parcelas). En el Cuadro 7, se describen los resultados de las tres primeros años (Grupo A) y en el Cuadro 8, los resultados del año 2018 (Grupo B).

a. Grupo A

Los mayores rendimientos se obtuvieron en las localidades de Donoso-Huaral y Supe-Barranca (Cuadro 7). Pero en ninguna de estas dos localidades pudieron establecerse diferencias significativas entre cultivares al igual que Atahuaranga - Chincha; mientras que en Santa Rosa-Huaura y Araya-Barranca si hubo diferencias significativas entre cultivares.

Grupo B.

El mejor rendimiento promedio se obtuvo en la localidad de Cañete que fue casi tres veces más que los promedios de Chincha y Barranca (Venado Muerto), probablemente porque los suelos, las condiciones climáticas y el manejo de campo en Cañete fueron las más adecuadas ya que esta localidad se contó con el apoyo de los estudiantes del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público «Cañete», el otro mejor rendimiento promedio se obtuvo en la localidad de Huaral pero con diferencia significativa con lo obtenido en Cañete. Las localidades donde los cultivares no tuvieron diferencias estadísticas fueron Huaral y Barranca-Venado Muerto. En promedio de las cinco

localidades la Línea 4 obtuvo 2,10 t ha⁻¹ sin diferencia estadística con INIA404-CIFAC 90105 (1,90 t ha⁻¹) y superior estadísticamente a Canario 2000 (1,70 t ha⁻¹) [Cuadro 8].

En relación con el número de vainas por planta, la mejor localidad fue Cañete y el más bajo Chíncha. En todas las localidades hubo diferencias significativas entre cultivares, a excepción de Barranca-Venado Muerto. En promedio la Línea 4 obtuvo mayor número de vainas por planta que INIA404-CIFAC 90105 (sin significancia) y que Canario 2000 (estadísticamente comprobado) [Cuadro 8].

La localidad menos propicia para expresar el mayor número de granos por vaina fue Barranca-UNAB, en esta localidad se logró 4,2 granos por vaina frente a 4,5 de Huaral y 4,6 de Cañete. Solo en la localidad de Barranca-Venado Muerto se obtuvieron diferencias significativas entre cultivares. En promedio, Canario 2000 presentó 4,6 granos/vaina sin diferencias estadísticas con la Línea 4 (4,4 granos/vaina), pero ambas superaron significativamente al INIA404-CIFAC 90105 (4,3 granos/vaina).

Finalmente, el mejor peso promedio de 100 semillas, por localidad, se obtuvo en Huaral. En la única localidad donde no se obtuvo diferencias significativas para esta característica fue Cañete. En promedio y corroborando los datos obtenidos en rendimiento, la Línea 4 obtuvo el mejor peso de 100 semillas en comparación con los dos testigos.

Cuadro 7. Comparativo de Medias de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, sembradas en cinco parcelas de comprobación, en las campañas 2013, 2015 y 2016.

HUARAL (Donoso)			HUAURA (Sta. Rosa)			CHINCHA (Atahuaranga)			BARRANCA (Supe)			BARRANCA (Araya)		
FS: 04-07-2013			25/07/2013			19/08/2013			07/08/2015			11/05/2016		
FC: 12-12-2013			03/01/2014			20/12/2013			23/12/2015			13/10/2016		
INIA404-CIFAC 90105	3.43	a	Línea 4	3.26	a	INIA404-CIFAC 90105	2.82	a	Línea 4	4.21	a	Línea 4	3.46	a
Línea 4	3.35	a	Canario 2000	2.71	a b	Línea 4	2.79	a	Canario 2000	4.17	a	Canario 2000	2.97	a
Canario 2000	3.06	a	INIA404-CIFAC 90105	2.31	b	Canario 2000	2.57	a	INIA404-CIFAC 90105	2.72	a	INIA404-CIFAC 90105	0.8	b
Promedio	3.28	A B		2.76	B C		2.73	B C		3.70	A		2.41	C
Desviación estándar (σ)	0.42			0.29			0.51			0.55			0.27	
DMS	1.2			0.9			1.5			1.6			0.79	
CV (%)	12.9			10.6			18.9			14.9			11.2	

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Cuadro 8. Fechas de siembra y cosecha, rendimiento (t ha^{-1}), número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas (g) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales testigo, sembrados en cinco parcelas de comprobación entre 2018 y 2019.

HUARAL FS: 4/07/2018 FC: 26/12/2018			CAÑETE 24/07/2018 11/12/2018			BARRANCA - UNAB 09/08/2018 17/01/2019			CHINCHA 07/08/2018 29/01/2019			BARRANCA - VENADO MUERTO 28/08/2018 16/01/2019			PROMEDIO DE LOCALIDADES		
RENDIMIENTO (t ha⁻¹)																	
Línea 4	2.72	a	Línea 4	3.23	a	Línea 4	2.13	a	Línea 4	1.27	a	Línea 4	1.15	a	Línea 4	2.1	a
INIA404-CIFAC 90105	2.65	a	Can 2000	3.1	a	INIA404-CIFAC 90105	2.03	a	INIA404-CIFAC 90105	1.14	a	Can 2000	1.03	a	INIA404-CIFAC 90105	1.9	a
Can 2000	2.5	a	INIA404-CIFAC 90105	2.94	b	Can 2000	1.08	b	Can 2000	0.86	b	INIA404-CIFAC 90105	0.96	a	Can 2000	1.7	b
Promedio	2.62	B		3.09	A		1.74	C		1.09	D		1.05	D		1.9	
Desviación estándar (σ)	0.29			0.31			0.23			0.07			0.1			0.22	
CV (%)	11.0			10.0			13.1			6.1			9.3			11.6	
NÚMERO DE VAINAS × PLANTA																	
Línea 4	27.9	a	Línea 4	32.1	a	Línea 4	23.2	a	INIA404-CIFAC 90105	18.8	a	INIA404-CIFAC 90105	20.5	a	Línea 4	24.1	a
INIA404-CIFAC 90105	24.1	b	INIA404-CIFAC 90105	30.2	a b	INIA404-CIFAC 90105	22.2	a	Línea 4	17.6	a	Línea 4	19.5	a	INIA404-CIFAC 90105	23.2	a
Can 2000	22.8	b	Can 2000	25.1	b	Can 2000	16.4	b	Can 2000	11.6	b	Can 2000	16.3	a	Can 2000	18.4	b
Promedio	24.9	B		29.2	A		20.6	C		16	D		18.8	C		21.9	
Desviación estándar (σ)	1.62			3.12			2.08			1.8			2.1			2.21	
CV%	6.5			10.7			10.1			11.3			11.1			10.1	
NÚMERO DE GRANOS × VAINA																	
Can 2000	4.5	a	Can 2000	4.7	a	Línea 4	4.3	a	Can 2000	4.6	a	Can 2000	4.9	a	Can 2000	4.6	a
INIA404-CIFAC 90105	4.5	a	INIA404-CIFAC 90105	4.5	a	INIA404-CIFAC 90105	4.1	a	Línea 4	4.4	a	Línea 4	4.2	b	Línea 4	4.4	a b
Línea 4	4.5	a	Línea 4	4.5	a	Can 2000	4.1	a	INIA404-CIFAC 90105	4.2	a	INIA404-CIFAC 90105	4.1	b	INIA404-CIFAC 90105	4.3	b
Promedio	4.5	A		4.6	A		4.2	B		4.4	AB		4.4	AB		4.4	
Desviación estándar (σ)	0.24			0.36			0.19			0.3			0.2			0.26	
CV%	5.3			7.9			4.5			7.5			4.7			6.2	
PESO DE 100 SEMILLAS (g)																	
Can 2000	62.3	a	Línea 4	55.5	a	Línea 4	57.5	a	Línea 4	55.8	a	Can 2000	52.7	a	Línea 4	55.19	a
Línea 4	54.5	b	Can 2000	53.4	a	Can 2000	52.7	b	INIA404-CIFAC 90105	50.0	b	Línea 4	52.7	a	Can 2000	53.45	b
INIA404-CIFAC 90105	51.2	b	INIA404-CIFAC 90105	52.2	a	INIA404-CIFAC 90105	49.9	b	Can 2000	46.2	b	INIA404-CIFAC 90105	49.9	b	INIA404-CIFAC 90105	50.62	c
Promedio	56.0	A		53.7	B		53.4	B		50.6	C		51.8	BC		53.09	
Desviación estándar (σ)	1.87			1.56			2.02			1.97			0.93			1.73	
CV%	3.3			2.9			3.8			3.9			1.8			3.26	

Promedios seguidos por la misma letra minúscula en la vertical y letra mayúscula en la horizontal no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey (p=0.05).
Can 2000 = Canario 2000

En resumen, la Línea 4, propuesta como nuevo cultivar comercial de frijol para la costa peruana superó a INIA404-CIFAC 90105 y a Canario 2000 en rendimiento (Cuadro 7 y Cuadro 9) y también en número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio de las características agronómicas evaluadas del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales testigos, sembrados en cinco parcelas de comprobación entre 2018 y 2019.

Cultivar	Rendimiento (t ha ⁻¹)		N° vainas/planta		N° granos/vaina			Peso de 100 semillas (g)	
Línea 4	2.1	a	24.1	a	4.4	a	b	55.2	a
INIA404-CIFAC 90105	1.9	a	23.2	a	4.3		b	50.6	c
Canario 2000	1.7	b	18.4	b	4.6	a		53.5	b
Promedio	1.9		21.9		4.43			53.1	
Desviación estándar (σ)	0.22		2.21		0.27			1.75	
CV (%)	11.6		10.1		6.2			3.3	

Promedios seguidos por la misma letra minúscula no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

4.2 Evaluación de material genético en laboratorio

4.2.1 Características físicas

En el Cuadro 10 se resumen los resultados de esta evaluación. En cuanto al contenido de la testa (cáscara) la Línea 4 presenta un mayor porcentaje que los testigos, lo cual es favorable para la alimentación pues proporcionaría mayor cantidad de fibra. Barrios Gómez et al. (2014) reportan un valor entre 7,8 a 8,3 % de testa en frijoles, mientras que Pérez et al. (2002) señalan que el porcentaje de testa puede variar de 5,5 a 11,4.

La capacidad de absorción de agua en los frijoles puede variar de 6,1 al 126,9 % (Pérez et al., 2002). Los autores aseguran que aquellas muestras que presentan una absorción de agua superior al 90 por ciento, pueden considerarse adecuada para obtener tiempos de cocción menores a 110 min. En el presente caso, no se encontraron diferencias entre los cultivares, siendo su promedio de absorción de 93,9 % (Cuadro 10).

El valor +b indica la intensidad del color amarillo. A mayor valor b el grano será más amarillo, en este caso Línea 4 presenta mayor valor b, por lo tanto, tendrá mayor ventaja para la exportación frente al INIA404-CIFAC 90105, a pesar de que Canario 2000 tiene un alto valor b pero, por poseer un hábito de crecimiento determinado (arbustivo), tiene menor potencial de rendimiento en grano frente a un frijol de hábito indeterminado (semi guiador) como la Línea 4. Por mayor potencial de

rendimiento, mejor color que INIA404-CIFAC 90105, aunque sin ser mejor en color de grano que el Canario 2000; la Línea 4, tiene como destino no solo para el mercado nacional sino para la exportación. El color L indica el mayor o menor brillo del color del grano. Esta característica es igual para las tres variedades en estudio (Cuadro 10).

La densidad aparente es un factor importante en el análisis de transferencias de masa y calor a través de los granos, en el control de calidad, en la evaluación, cálculo y diseño de sistemas de transporte, limpieza y clasificación (Rojas, 2010) y Palilo *et al.* (2018) reportan valores de 1,14 y 1,33 g/cm³. Los valores encontrados en los tres cultivares en prueba mostraron igual densidad (1,33 g/cm³ en promedio). Atribuyendo esto a una uniformidad de los granos. Estos valores indican, además, que no hay presencia de granos demasiado secos, presentando buen estado para el almacenamiento en la evaluación de otras características (Cuadro 10).

Cuadro 10. Características físicas de tres cultivares de frijol evaluado en laboratorio.

Variedad	Testa (%)		Absorción (%)		Densidad (g/cm ³)		Color b		Color L	
Canario 2000	6.43	b	92.38	a	1.35	a	28.22	a	56.38	a
Línea 4	6.93	a	95.36	a	1.32	a	18.48	b	54.91	a
INIA404-CIFAC 90105	6.64	ab	93.98	a	1.34	a	17.81	b	54.85	a
PROMEDIO	6.67		93.91		1.34		21.50		55.38	
Desviación estándar (σ)	0.19		1.87		0.03		2.41		1.22	
DMS	0.34		3.48		0.05		4.36		2.16	
CV	2.9		2.0		2.0		11.2		2.2	

Promedios seguidos por la misma letra minúscula no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

4.2.2 Análisis proximal

De acuerdo con los análisis de laboratorio, la Línea 4 superó a los testigos Canario 2000 y INIA404-CIFAC 90105 en las siguientes características: proteína, contenido de ceniza y compuestos fenólicos (Cuadro 11). Esto es muy importante porque le confiere a la Línea 4 mejor calidad nutricional frente a las dos variedades testigo. Si se considera su alto rendimiento en grano, su mayor rentabilidad y se agrega esta calidad nutricional, se justifica ampliamente la propuesta de lanzamiento de la Línea 4 como un nuevo cultivar mejorado de frijol.

Se resalta también que la Línea 4 contiene menos humedad en el grano lo cual prolongaría su calidad durante el almacenamiento, siempre y cuando se haga un buen secado y una buena manipulación de los granos. Al respecto, el Codex Alimentarius (2007) sugiere que el máximo contenido de humedad sea 15 % para el caso de frijoles. En el presente estudio, el contenido de humedad se encuentra debajo del límite recomendado (Cuadro 11). Por otro lado, la Línea 4 posee menos contenido de

grasa que las variedades testigo, siendo esto muy favorable para la alimentación de personas que sufren de colesterol alto.

Cuando se analizó la capacidad antioxidante empleando ABTS y DPPH como radicales, la Línea 4 superó a las variedades testigo, tornándola aún más favorable para el consumo humano pues otorgaría mayor calidad de vida a la persona que lo consume. Adicionalmente, el contenido de glucósidos cianogénicos expresados como mg HCN/kg (en base seca) o ácido cianhídrico de la Línea 4 es menor frente al INIA404-CIFAC 90105. Aun cuando no hay significación estadística entre las tres variedades, todo indica que la Línea 4 produciría menos ácido cianhídrico, lo que es favorable para la ingesta y alimentación humana pues produciría menos gases internos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados del análisis proximal (humedad, ceniza, fibra, proteína, carbohidratos, energía, compuestos fenólicos, flavonoides,

Variedad	Humedad		Ceniza		Grasa		Fibra		Proteína		Carbohidrato		Energía		Fenólicos		Flavonoides		DPPH		ABTS		Ácido cianhídrico

4.2.3 Análisis Económico

Para hacer el análisis económico y verificar la rentabilidad del cultivar de frijol Línea 4 (Cuadro 12), se emplearon los datos promedios de 08 parcelas de comprobación como grupos A (05 parcelas) y B (03 parcelas), en este último grupo no se tomó en cuenta los datos procedentes de Chíncha y Venado Muerto, para evitar una distorsión en el análisis. Igual para fines del análisis económico solo se tomó al testigo INIA404: CIFAC 90105, por tener el mismo hábito de crecimiento que la Línea 4.

Con los promedios de rendimientos y costos de las campañas antes indicadas, entre la Línea 4 y el testigo se realizaron los análisis económicos y de rentabilidad. Los resultados muestran que la rentabilidad es mayor para el **Canario Línea 4**, en las ocho parcelas de las diferentes localidades donde se condujeron, en comparación a la variedad testigo. Como se observa en la tabla 12, al vender la producción al precio de S/ 3,60 el kg del **Canario Línea 4** que tiene mejor color de grano se obtiene 116.16 % de rentabilidad, mientras que con el testigo, INIA 404 – CIFAC 90105, de granos de color amarillo opaco, característica por el cual es de esperar que castiguen en el precio durante la comercialización, aun considerando un precio igual, se obtiene una rentabilidad de 62.96 %. Esto significa que el canario línea 4 presenta 53.2 % más de rentabilidad que la variedad testigo.

La probabilidad de obtener rendimiento mínimo con la Línea 4 es mayor que el testigo (11,15 puntos porcentuales más), sin embargo, para recuperar la inversión con la Línea 4, solo se requiere obtener 1453,0 kg/ha en cambio con el testigo INIA404-CIFAC 90105 se requiere 1511,0 kg/ha (Cuadro 13).

La probabilidad de que el costo de producción sea igual al ingreso obtenido en la Línea 4 es nula, mientras que en el testigo esta probabilidad es de 2.6 %. Sembrando el frijol canario línea 4, el ingreso para el productor es 1.27 veces mayor que con el testigo INIA 404: CIFAC 90105, datos que se muestra en el Cuadro 14.

En cuanto a la sensibilidad de ambos cultivares, en un escenario negativo del 10% de pérdida en el rendimiento promedio, la línea 4 es una alternativa frente al testigo INIA 404: CIFAC 90105, porque su rentabilidad será 2.03 veces mayor. En otro escenario negativo del 10% de incrementos de los costos de producción, la rentabilidad de la Línea 4 será 2.00 veces más que el testigo INIA 404–CIFAC 90105, como se muestra en los cuadros 15 y 16.

Cuadro 12. Resumen del análisis económico y rentabilidad de dos cultivares de frijol (Línea 4 y INIA404-CIFAC 90105 como testigo) evaluados en ocho parcelas de comprobación sembradas en cuatro campañas agrícolas en la costa central. Huaral. 2019.

Localidad	N° Parcelas	Campaña	Rendimiento		Costo de producción		Ingreso Total		Ingreso Neto		Rentabilidad (B/C) en %	
			(kg/ha)		(S/.)		(S/.)		(S/.)		A S/ 3.60 el kg	
			Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC
HUARAL Donoso 1	1	2013	3352.94	3431.37	5653.03	5813.41	12070.59	12352.94	6417.56	6539.53	113.52	112.49
HUARAL Donoso 2	1	2018	2718.75	2646.88	6192.95	6404.06	9787.50	9528.75	3594.55	3124.69	58.04	48.79
HUAURA	1	2013	3254.9	2313.73	4244.45	4373.24	11717.64	8329.43	7473.19	3956.19	176.07	90.46
CAÑETE	1	2018	3232.81	2943.75	6562.69	6917.2	11638.12	10597.50	5075.43	3680.30	77.34	53.21
CHINCHA Atuhuaranga	1	2013	2784.31	2823.53	5089.93	5388.38	10023.53	10164.71	4933.60	4776.33	96.93	88.64
BARRANCA Supe	1	2015	4204.55	2714.65	3676.79	3971.43	15136.36	9772.73	11459.57	5801.30	311.67	146.08
BARRANCA Araya grande	1	2016	3458.82	797.06	4848.18	4990.39	12451.76	2869.41	7603.58	-2120.98	156.83	-42.50
BARRANCA Unab	1	2018	2122.66	2030.47	5584.60	5665.86	7641.56	7309.69	2056.96	1643.83	36.83	29.01
Media X	8		3141.22	2462.68	5231.58	5440.50	11308.38	8865.64	6076.81	3425.15	116.16	62.96
Des. Std.			614.24	791.08	967.85	985.72	2211.25	2847.91	2878.53	2713.49		
C.V. (%)			19.55	32.12	18.50	18.12	19.55	32.12	47.37	79.22		

INIA 439 = Es la variedad propuesta INIA 439 COSTACEN
Testigo

INIA404-CIFAC

90105,

variedad

a

reemplazar

Cuadro 13. Riesgo de Rendimientos de la Línea 4 frente al testigo INIA404-CIFAC 90105 evaluados en diez parcelas de comprobación. Huaral. 2019.

Elementos de Cálculo	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC 90105
Rendimiento	3.141.22	2.462.68
Desviación Standard	614.24	791.08
Coeficiente de Variabilidad Rendimiento (%)	19.55	32.12
Rendimiento Mínimo	1.453.22	1.511.25
Función Normal de Probabilidad (Z)	-2.75	-1.20
Distribución normal estándar (Probabili. al valor	0.003	0.115
Probabilidad de obtener rendimiento mínimo(%)	99.700	88.545

Variedad propuesta = Línea 4

Variedad por reemplazar = INIA404-CIFAC 90105

Cuadro 14. Riesgo de Costos de la Línea 4 frente al testigo INIA404-CIFAC 90105 evaluados en diez parcelas de comprobación. Huaral. 2019.

Elementos de Cálculo	Frijol Línea 4	INIA 404:CIFAC 90105
Costo	5.231.58	5.440.50
Desviación Standard	967.9	985.7
Coeficiente de Variabilidad del costo (%)	18.5	18.1
Ingreso promedio	11.308.38	8.865.64
Función Normal de Probabilidad (Z)	6.28	3.47
Distribución normal estándar (Probabili. al valor	1.0000000	0.9997444
Probabilidad que costo iguale al ingreso (%)	0.0000	0.0256

Variedad propuesta = Línea 4

Variedad por reemplazar = INIA404-CIFAC 90105

Cuadro 15. Análisis de Sensibilidad de la Línea 4 frente al testigo INIA404-CIFAC 90105 evaluados en diez parcelas de comprobación. Huaral. 2019.

Rubro	%	Valores	
		Frijol Linea 4	INIA 404:CIFAC 90105
Rendimiento actual (t/ha)		3.141.22	2.462.68
Ingreso actual (S/ ha)		11.308.38	8.865.64
Costo de producción actual (S/ ha)		5.231.58	5.440.50
1er Escenario: Rendimiento disminuye 10%			
Disminución de rendimiento en 10% (t/ha)	10%	2.827	2.216
Ingreso con disminución en 10% del rendimiento (		10.178	7.979
Rentabilidad		94.54	46.66
2do Escenario: Costo se incrementa 10%			
Costo con incremento del 10%	10%	5.755	5.985
Rentabilidad		96.51	48.14

Variedad propuesta = Línea 4

Variedad por reemplazar = INIA404-CIFAC 90105

Cuadro 16. Resumen del Análisis Económico de la adopción de la Línea 4 frente al testigo INIA404-CIFAC 90105 evaluados en diez parcelas de comprobación. Huaral. 2019.

INDICADOR	Frijol Linea 4	INIA 404:CIFAC 90105
Rendimiento kg/ha	3141.22	2462.68
Ingreso neto (S/.)	6076.805.56	3425.147.70
Rentabilidad (%)	116%	63%
Variabilidad del Rendimiento (%)	19.55	32.12
Variabilidad del costo (%)	18.50	18.12
Probabilidad de obtener rendimiento mínimo (%)	99.70	88.55
Probabilidad que costos iguales a ingresos (%)	0.00	0.03
Sensible a la obtención de menor rendimiento	NO	NO
Sensible al incremento del costo de producción	NO	NO

Variedad propuesta = Línea 4

Variedad por reemplazar INIA404-CIFAC 90105

V. CONCLUSIÓN

Por su alto valor agronómico, económico y nutricional, el frijol canario Línea 4, con genealogía CAN 3006-5-(17)-Canario 2000 × CIFAC 90105(F7), es superior a la variedad comercial INIA404-CIFAC 90105; por lo tanto, está expedida para su lanzamiento como nueva variedad comercial con el nombre de **INIA 439 - COSTACEN**.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (2000). AACC International Approved Methods. Retrieved November 10, 2019, from <https://methods.aaccnet.org/toc.aspx>
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. Estados Unidos.
- Barrios Gómez, E. J., López Castañeda, C., Kohashi Shibata, J., Acosta Gallegos, J. A., Miranda Colín, S., Mayek Pérez, N., & Canul Ku, J. (2014). Morfología del embrión en frijol y su comparación entre razas Durango y Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 965–978. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600005
- Codex Alimentarius. (2007). Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos proteínicos vegetales. Roma, Italia. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1392s.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations–FAO. (2019). FAOSTAT database gateway. Disponible en: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acceso en: 5 mar. 2019.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., & Romani, A. (2005). Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3053–3056. <https://doi.org/10.1021/jf049001r>
- INEI. (2017). Evolución de la Pobreza Monetaria Informe Técnico. Lima, Perú. Retrieved from https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/pobreza2016.pdf

- Instituto Nacional de Innovación Agraria. Frijol CIFAC90105-CIFAC 90105. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/frijol/INIA-404CIFAC90105.pdf>. Acceso el 7 Nov. 2019.
- Konica Minolta. (2007). Precise color communication color control from perception to instrumentation. Japón.
https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego - Oficina de Información Agraria. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Lima – 2019
- Morales-Santos, M., Peña-Valdivia, C., García-Esteva, A., Aguilar-Beníez, G., & Kohashi-Shibata, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestres, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43–62. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043
- Palilo, A. A. S., Majaja, B. A., & Kichonge, B. (2018). Physical and Mechanical Properties of Selected Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivated in Tanzania. *Journal of Engineering*, 2018(1), 1–9. <https://doi.org/10.1155/2018/8134975>
- Pérez, P., Esquivel, G., Rosales, R., & Acosta-Gallegos, J. (2002). Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(2), 172–180. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000200009
- Pliego-Marín, L., López-Baltazar, J., & Aragón-Robles, E. (2013). Características físicas, nutricionales y capacidad germinativa de frijol criollo bajo estrés hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1197–1209. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1283>
- Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú.
<https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Rojas, A. (2010). Caracterización físico-mecánica de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>
- Velasco-González, O., San Martín-Martínez, E., Aguilar-Méndez, M., Pajarito-Ravelero, A., & Mora-Escobedo, R. (2013). Propiedades físicas y químicas del grano de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 25(3), 161–166.
- Wang, Y. K., Zhang, X., Chen, G. L., Yu, J., Yang, L. Q., & Gao, Y. Q. (2016). Antioxidant property and their free, soluble conjugate and insoluble-bound phenolic contents in selected beans. *Journal of Functional Foods*, 24, 359–372. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.04.026>
- Xu, B. J., & Chang, S. K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72(2), S159-66. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x>.

VII. ANEXOS.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS.

1. Ensayos de Observación y Adaptación

Cuadro 17. Análisis de varianza de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de 14 cultivares experimentales y tres testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2009 en la EEA Donoso – Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	68	0.86	0.81	16.25

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.66	19	1.46	16.19	<0.0001
TRATAMIENTO	26.61	16	1.66	18.50	<0.0001 **
BLOQUE	1.04	3	0.35	3.86	0.0150
Error	4.32	48	0.09		
Total	31.97	67	-----		

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

2. Ensayos de Uniforme de Rendimiento

Cuadro 18. Análisis de varianza de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de siete cultivares experimentales y dos testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2010 en la EEA Donoso–Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	36	0.85	0.78	15.74

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.26	11	1.02	12.13	<0.0001
TRATAMIENTO	10.98	8	1.37	16.26	<0.0001 **
BLOQUE	0.29	3	0.10	1.13	0.3576
Error	2.03	24	0.08		
Total	13.29	35			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

3. Ensayos de Regionales de Rendimiento

a. Campaña agrícola 2011

Cuadro 19. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) de siete cultivares experimentales y dos testigos de frijoles canarios y blancos, evaluados en 2011 en la EEA Donoso–Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	27	0.66	0.44	24.26

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.11	10	0.61	3.06	0.0225
BLOQUE	0.27	2	0.14	0.68	0.5200
TRATAMIENTO	5.84	8	0.73	3.66	0.0131 *
Error	3.19	16	0.20		
Total	9.31	26			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

b. Campaña agrícola 2012

Cuadro 20. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) de tres cultivares experimentales y un testigo comercial de frijol, evaluados en 2012 en la EEA Donoso–Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.95	0.90	12.46

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.90	5	0.58	21.43	0.0009
BLOQUE	0.02	2	0.01	0.33	0.7285
TRATAMIENTO	2.88	3	0.96	35.49	0.0003 **
Error	0.16	6	0.03		
Total	3.06	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 21. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) de tres cultivares experimentales y un testigo comercial de frijol, evaluados en 2012 en Caral-Barranca.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.93	0.87	22.05

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.01	5	1.20	15.72	0.0022
BLOQUE	0.23	2	0.11	1.47	0.3016
TRATAMIENTO	5.79	3	1.93	25.21	0.0008 **
Error	0.46	6	0.08		
Total	6.47	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 22. Análisis de varianza de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tres cultivares experimentales y un testigo comercial de frijol, evaluados en 2012 en Atahuaranga-Chincha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.80	0.63	16.89

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.80	5	0.36	4.80	0.0411
BLOQUE	0.20	2	0.10	1.35	0.3271
TRATAMIENTO	1.60	3	0.53	7.10	0.0212 *
Error	0.45	6	0.08		
Total	2.26	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 23. Análisis de varianza combinado de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tres cultivares experimentales y un testigo comercial de frijol, evaluados en 2012 en tres localidades de la costa peruana.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	36	0.92	0.84	17.45

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.64	17	0.68	11.50	<0.0001
Localidades	0.93	2	0.46	7.79	0.0037 **
Localidades>Bloques	0.45	6	0.07	1.25	0.3277
Variedades	8.99	3	3.00	50.30	<0.0001 **
Variedades*Localidades	1.28	6	0.21	3.58	0.0164 *
Error	1.07	18	0.06		
Total	12.71	35			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

4. Parcelas de Comprobación

a. Grupo A

Cuadro 24. Análisis de varianza de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2013 en la EEA Donoso-Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.25	0.00	12.91

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.24	4	0.06	0.34	0.8395
BLOQUE	0.02	2	0.01	0.04	0.9592

TRATAMIENTO	0.23	2	0.11	0.64	0.5747	ns
Error	0.72	4	0.18			
Total	0.96	8	-----			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 25. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2013 en Santa Rosa - Huaura.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.82	0.64	10.56	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor--
Modelo	1.55	4	0.39	4.57	0.0851
BLOQUE	0.21	2	0.10	1.21	0.3879
TRATAMIENTO	1.35	2	0.67	7.93	0.0405 *
Error	0.34	4	0.08		
Total	1.89	8	-----		

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 26. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2013 en la Atahuaranga-Chincha.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.46	0.00	18.87	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor---
Modelo	0.89	4	0.22	0.85	0.5628
BLOQUE	0.78	2	0.39	1.47	0.3318
TRATAMIENTO	0.12	2	0.06	0.22	0.8127 ns
Error	1.06	4	0.26		
Total	1.95	8	-----		

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 27. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2015 en Supe-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.79	0.58	14.91	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor---
Modelo	4.61	4	1.15	3.79	0.1126
BLOQUE	0.29	2	0.14	0.47	0.6552
TRATAMIENTO	4.33	2	2.16	7.11	0.0482 ns
Error	1.22	4	0.30		
Total	5.83	8	-----		

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 28. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2016 en Araya-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.98	0.95	11.20	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor----
Modelo	12.56	4	3.14	43.12	0.0015

BLOQUE	0.53	2	0.27	3.64	0.1256
TRATAMIENTO	12.02	2	6.01	82.59	0.0006 **
Error	0.29	4	0.07		
Total	12.85	8			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

b. Grupo B

b.1 Rendimiento (t ha⁻¹)

Cuadro 29. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Donoso-Huaral.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.36	0.00	11.04	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor---
Modelo	0.29	5	0.06	0.69	0.6508
BLOQUE	0.19	3	0.06	0.75	0.5617
TRATAMIENTO	0.10	2	0.05	0.60	0.5799 ns
Error	0.50	6	0.08		
Total	0.79	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 30. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Cañete.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.64	0.34	10.02	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor---
Modelo	1.02	5	0.20	2.13	0.1920
BLOQUE	0.85	3	0.28	2.96	0.1193
TRATAMIENTO	0.17	2	0.08	0.88	0.4623 ns
Error	0.58	6	0.10		
Total	1.60	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 31. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la Universidad Nacional de Barranca-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.91	0.84	13.14	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor-----
Modelo	3.20	5	0.64	12.17	0.0043
BLOQUE	0.49	3	0.16	3.13	0.1087
TRATAMIENTO	2.70	2	1.35	25.72	0.0011 **
Error	0.32	6	0.05		
Total	3.51	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 32. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Chíncha-Chíncha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.93	0.88	6.07

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.37	5	0.07	17.06	0.0017
BLOQUE	0.03	3	0.01	2.07	0.2051
TRATAMIENTO	0.35	2	0.17	39.53	0.0004 **
Error	0.03	6	4.4E-03		
Total	0.40	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 33. Análisis de varianza de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Venado Muerto-Barranca.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.77	0.58	9.34

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.20	5	0.04	4.10	0.0578
BLOQUE	0.12	3	0.04	4.18	0.0645
TRATAMIENTO	0.08	2	0.04	3.97	0.0797 ns
Error	0.06	6	0.01		
Total	0.25	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 34. Análisis de varianza combinado de rendimiento (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, sembradas en cinco parcelas de comprobación, en 2018.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	60	0.97	0.94	11.56

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45.25	29	1.56	31.67	<0.0001
Localidades	40.17	4	10.04	203.84	<0.0001 **
Localidades>Bloques	1.68	15	0.11	2.28	0.0268
Variedades	1.50	2	0.75	15.27	<0.0001 **
Variedades*Localidades	1.89	8	0.24	4.80	0.0007 **
Error	1.48	30	0.05		
Total	46.73	59			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

b.2 Número de vainas × planta

Cuadro 35. Análisis de varianza de número de vainas × planta (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Donoso-Huaral.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

VAINAS POR PLANTA 12 0.79 0.62 6.50

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60.28	5	12.06	4.60	0.0453
Bloque	5.27	3	1.76	0.67	0.6010
Tratamiento	55.01	2	27.50	10.48	0.0110 *
Error	15.74	6	2.62		
Total	76.02	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 36. Análisis de varianza de número de vainas × planta (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Cañete.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VAINAS POR PLANTA	12	0.84	0.71	10.71

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	311.68	5	62.34	6.39	0.0215
Bloque	207.44	3	69.15	7.09	0.0213
Tratamiento	104.24	2	52.12	5.34	0.0465 ns
Error	58.51	6	9.75		
Total	370.19	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 37. Análisis de varianza de número de vainas × planta (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la Universidad Nacional de Barranca-Barranca.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VAINAS POR PLANTA	12	0.82	0.66	10.14

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	115.16	5	23.03	5.29	0.0332
Bloque	5.64	3	1.88	0.43	0.7382
Tratamiento	109.53	2	54.76	12.57	0.0071
Error	26.13	6	4.36		
Total	141.30	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 38. Análisis de varianza de número de vainas × planta (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Chíncha-Chíncha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VAINAS POR PLANTA	12	0.87	0.75	11.30

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125.68	5	25.14	7.72	0.0136
Bloque	5.99	3	2.00	0.61	0.6306
Tratamiento	119.69	2	59.84	18.39	0.0028
Error	19.53	6	3.25		
Total	145.21	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 39. Análisis de varianza de número de vainas $\times$ planta ($t\ ha^{-1}$) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Venado Muerto-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
VAINAS POR PLANTA	12	0.62	0.31	11.10	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42.66	5	8.53	1.97	0.2169
Bloque	3.85	3	1.28	0.30	0.8274
Tratamiento	38.81	2	19.40	4.48	0.0646
Error	26.01	6	4.34		
Total	68.67	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 40. Análisis de varianza combinado de número de vainas $\times$ planta ($t\ ha^{-1}$) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, sembradas en cinco parcelas de comprobación, en 2018.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Número de vainas $\times$ planta	60	0.93	0.86	10.08	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1957.07	29	67.49	13.87	<0.0001
Localidades	1301.61	4	325.40	66.90	<0.0001
Localidades>Bloques	228.19	15	15.21	3.13	0.0038
Variedades	366.30	2	183.15	37.65	<0.0001
Variedades*Localidades	60.96	8	7.62	1.57	0.1768
Error	145.93	30	4.86		
Total	2102.99	59			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

b.3 Número de granos $\times$ vaina

Cuadro 41. Análisis de varianza de número de granos $\times$ vaina ($t\ ha^{-1}$) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Donoso-Huaral.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
GRANOS POR VAINA	12	0.07	0.00	5.25	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	5	5.0E-03	0.09	0.9910
Bloque	0.02	3	0.01	0.12	0.9454
Tratamiento	5.0E-03	2	2.5E-03	0.04	0.9565
Error	0.33	6	0.06		
Total	0.36	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 42. Análisis de varianza de número de granos $\times$ vaina ($t\ ha^{-1}$) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Cañete.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
GRANOS POR VAINA	12	0.33	0.00	7.92	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.39	5	0.08	0.60	0.7042
Bloque	0.33	3	0.11	0.85	0.5170
Tratamiento	0.06	2	0.03	0.23	0.8007
Error	0.78	6	0.13		
Total	1.17	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 43. Análisis de varianza de número de granos × vaina (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la Universidad Nacional de Barranca-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
GRANOS POR VAINA	12	0.84	0.70	4.48	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.08	5	0.22	6.23	0.0228
Bloque	1.03	3	0.34	9.88	0.0098
Tratamiento	0.05	2	0.03	0.74	0.5145
Error	0.21	6	0.03		
Total	1.29	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 44. Análisis de varianza de número de granos × vaina (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Chíncha-Chíncha.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
GRANOS POR VAINA	12	0.51	0.10	7.52	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.67	5	0.13	1.24	0.3964
Bloque	0.26	3	0.09	0.80	0.5369
Tratamiento	0.41	2	0.21	1.89	0.2315
Error	0.66	6	0.11		
Total	1.33	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 45. Análisis de varianza de número de granos × vaina (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Venado Muerto-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
GRANOS POR VAINA	12	0.87	0.77	4.69	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.74	5	0.35	8.26	0.0115
Bloque	0.10	3	0.03	0.76	0.5547
Tratamiento	1.65	2	0.82	19.50	0.0024
Error	0.25	6	0.04		
Total	2.00	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 46. Análisis de varianza combinado de número de granos × vaina (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, sembradas en cinco parcelas de comprobación, en 2018.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
----------	---	----------------	----------------	----	----

Número de granos x vaina	60	0.69	0.39	6.20		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5.01	29	0.17	2.32	0.0125	
Localidades	1.09	4	0.27	3.68	0.0149	
Localidades>Bloques	1.74	15	0.12	1.56	0.1467	
Variedades	0.86	2	0.43	5.80	0.0074	
Variedades*Localidades	1.31	8	0.16	2.21	0.0558	
Error	2.23	30	0.07			
Total	7.24	59				

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

b.4 Peso de 100 semillas (g)

Cuadro 47. Análisis de varianza de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Donoso-Huaral.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO DE 100 SEMILLAS	12	0.93	0.86	3.34	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	263.21	5	52.64	15.06	0.0024
Bloque	2.57	3	0.86	0.25	0.8619
Tratamiento	260.64	2	130.32	37.28	0.0004
Error	20.97	6	3.50		
Total	284.18	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 48. Análisis de varianza de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Cañete.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO DE 100 SEMILLAS	12	0.64	0.34	2.93	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.25	5	5.25	2.12	0.1939
Bloque	4.00	3	1.33	0.54	0.6737
Tratamiento	22.25	2	11.12	4.49	0.0643
Error	14.88	6	2.48		
Total	41.12	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 49. Análisis de varianza de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la Universidad Nacional de Barranca-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO DE 100 SEMILLAS	12	0.85	0.72	3.78	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	136.70	5	27.34	6.71	0.0191
Bloque	18.41	3	6.14	1.51	0.3060
Tratamiento	118.29	2	59.15	14.51	0.0050
Error	24.46	6	4.08		
Total	161.16	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 50. Análisis de varianza de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en la EEA Chíncha-Chíncha.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO DE 100 SEMILLAS	12	0.89	0.80	3.95	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	200.46	5	40.09	10.03	0.0071
Bloque	13.47	3	4.49	1.12	0.4113
Tratamiento	186.99	2	93.49	23.39	0.0015
Error	23.98	6	4.00		
Total	224.44	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 51. Análisis de varianza de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, evaluados en 2018 en Venado Muerto-Barranca.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO DE 100 SEMILLAS	12	0.82	0.67	1.84	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.08	5	5.02	5.52	0.0302
Bloque	4.54	3	1.51	1.67	0.2721
Tratamiento	20.54	2	10.27	11.29	0.0093
Error	5.46	6	0.91		
Total	30.54	11			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

Cuadro 52. Análisis de varianza combinado de peso de 100 semillas (t ha⁻¹) del cultivar de frijol canario Línea 4 frente a dos variedades comerciales, sembradas en cinco parcelas de comprobación, en 2018.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Peso de 100 semillas	60	0.90	0.81	3.26	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	854.81	29	29.48	9.85	<0.0001
Localidades	203.11	4	50.78	16.97	<0.0001
Localidades>Bloques	42.99	15	2.87	0.96	0.5177
Variedades	212.04	2	106.02	35.44	<0.0001
Variedades*Localidades	396.66	8	49.58	16.57	<0.0001
Error	89.74	30	2.99		
Total	944.55	59			

ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo