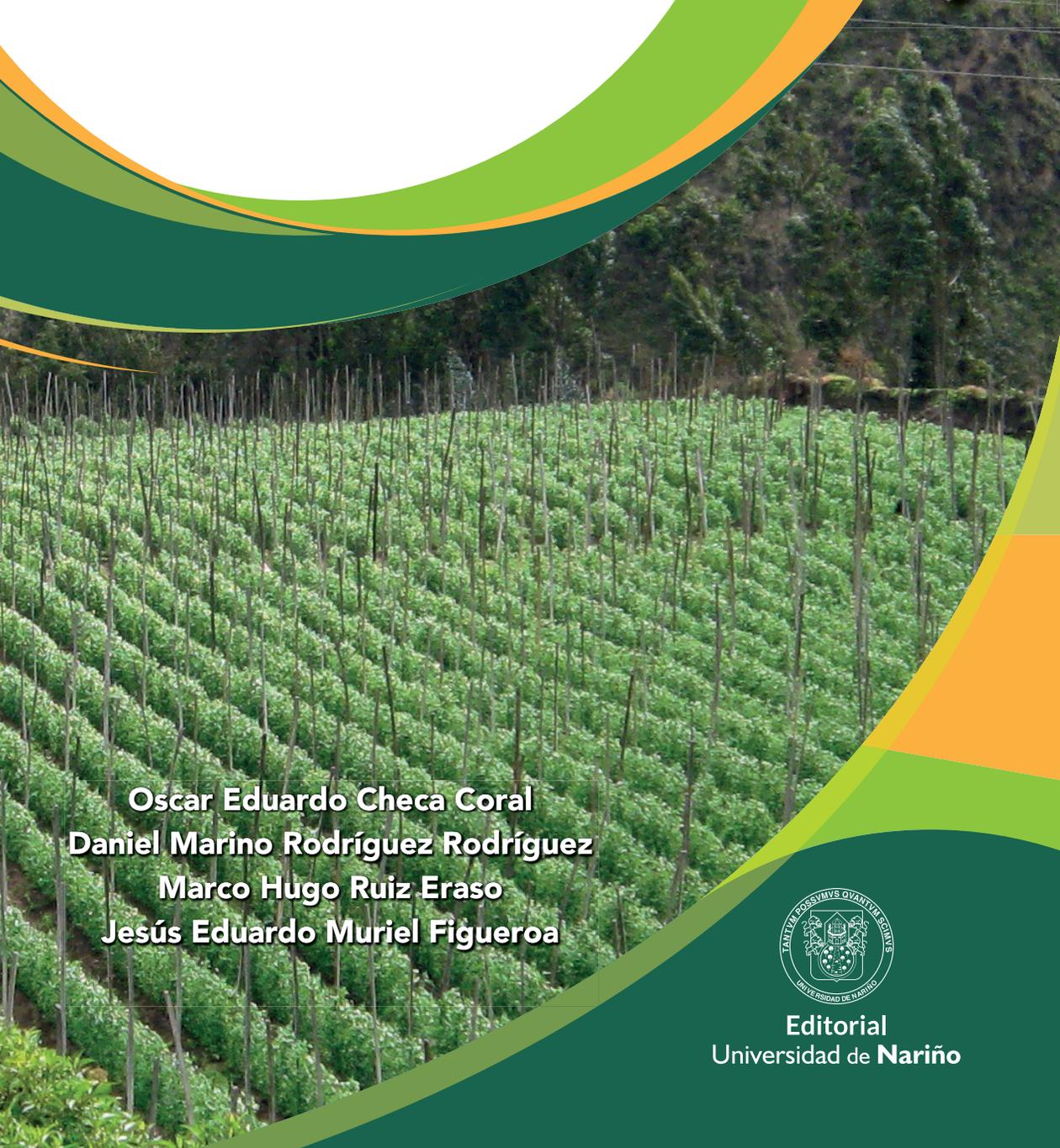


LA ARVEJA

Investigación y Tecnología
en el Sur de Colombia



Oscar Eduardo Checa Coral
Daniel Marino Rodríguez Rodríguez
Marco Hugo Ruiz Eraso
Jesús Eduardo Muriel Figueroa



Editorial
Universidad de Nariño



Editorial
Universidad de **Nariño**

LA ARVEJA
Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia

LA ARVEJA

Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL

Ingeniero Agrónomo, M.Sc y Ph.D. en Ciencias Agropecuarias
con Énfasis en Mejoramiento Genético Vegetal
y Producción de Semillas Tropicales.
Profesor Titular Universidad de Nariño

DANIEL MARINO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Ingeniero Agrónomo, Magister en Suelos.
Profesor H.C. Universidad de Nariño

MARCO HUGO RUIZ ERASO

Ingeniero Agrónomo, M.Sc y Ph.D. en Suelos.
Profesor Asociado Universidad de Nariño

JESÚS EDUARDO MURIEL FIGUEROA

Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias
con Énfasis en Producción de Cultivos.
Director FENALCE Regional Nariño

Universidad de Nariño
Pasto - Nariño



Checa Coral, Oscar Eduardo

La arveja: Investigación y tecnología en el sur de Colombia /Oscar Eduardo
Checa Coral...[et al.].- 1^a.ed. – San Juan de Pasto: Editorial Universidad de
Nariño, 2021. 220p.: tablas; fig.

Incluye Bibliografía

ISBN IMPRESO: 978-628-7509-06-1

ISBN DIGITAL: 978-628-7509-07-8

1.Arveja—cultivo (Nariño) 2. Arveja - - costos de producción 3. Arvejas
- - enfermedades y plagas - - (Nariño) 4. Mejoramiento genético -- arveja
(Nariño) I. Rodríguez Rodríguez, Daniel Marino II. Ruiz Eraso, Marco Hugo III.
Muriel Figueroa, Jesús Eduardo.

633.369 C514 – SCDD-Ed. 22

Biblioteca Alberto Quijano Guerrero

LA ARVEJA Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia

Autores: Oscar Eduardo Checa Coral, Daniel Marino Rodríguez Rodríguez,
Marco Hugo Ruiz Eraso, Jesús Eduardo Muriel Figueroa

©Editorial Universidad de Nariño

ISBN Impreso: 978-628-7509-06-1

ISBN Digital: 978-628-7509-07-8

Número de edición: 1a Edición

Revisión de estilo: Manuel Martínez Riascos

Edición fotográfica: Grupo de Investigación Cultivos Andinos - Gricand

Indización: Universidad de Nariño

Diseño y diagramación: Javier Castro

Impresión y terminación: Tipografía Cabrera - Pasto

Tiraje: 546 ejemplares

Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier
propósito, sin la autorización escrita de sus autores.

San Juan de Pasto, Nariño 2021



AGRADECIMIENTOS

Los autores manifestamos nuestros agradecimientos a la Vicerrectoría de Investigaciones e Interacción Social (VIIS) de la Universidad de Nariño, a la Gobernación del Departamento de Nariño, a Minciencias, y al Sistema General de Regalías (SGR) por el apoyo financiero y administrativo para el desarrollo de los proyectos que dieron lugar a los productos técnicos y científicos que constituyen el soporte principal de la presente obra. A FENALCE, AGROSAVIA y a la Granja Lope del SENA en Pasto, por el apoyo logístico para la ejecución de diferentes proyectos de investigación en arveja. De igual manera, hacemos un reconocimiento a los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas y a los estudiantes de posgrado en Ciencias Agrarias y de pregrado en Ingeniería Agronómica que hicieron su contribución en la ejecución de los diferentes proyectos de investigación para el cultivo de arveja. De manera especial resaltamos el aporte de los integrantes del Grupo de Investigación Cultivos Andinos, en especial de los Ingenieros Agrónomos Magísteres Orlando Benavides, Bayardo Yepes, Diana Herrera, Jacobo Ruano, Marcela Riascos y Verónica Rosero; de los Ingenieros Agrónomos Maribel Toro, Lizeth Realpe, Yully Tobar, Diana León, Paula Obando, Fernando Criollo, Geraldine Barahona, Segundo Coral; de los técnicos agrícolas Jaime López (q.e.p.d.), Camilo Díaz, Mario Cruz y Sergio Rodríguez y del personal de apoyo administrativo Ever Meneses y Marilyn Rosero. Finalmente, queremos expresar nuestra gratitud a los productores de arveja, en cuyos predios se realizó gran parte de los experimentos de campo, que generaron los productos de investigación para esta leguminosa en el sur de Colombia.



PRÓLOGO

La arveja es una de las plantas cultivadas más antiguas aprovechadas por la humanidad. Tiene un gran potencial nutricional, debido a que es rica en proteínas. En Colombia, el cultivo de arveja es el segundo de mayor importancia después del frijol y, el Departamento de Nariño es el mayor productor a nivel nacional como resultado de un acertado y riguroso proceso de investigación en el mejoramiento genético y en los sistemas de cultivo logrado por personas autorizadas y entidades del Estado responsables del desarrollo tecnológico.

El impacto social y económico conseguido en Colombia con la innovación en el campo de la agricultura es destacado, al haberse logrado duplicar los rendimientos por unidad de superficie y triplicar el área sembrada, lo mismo que la adopción por parte de pequeños productores que han hecho del cultivo, generador de ingresos, una de las causas del desarrollo de la región.

La producción de arveja en Nariño por su calidad, ha conquistado el mercado nacional y los nichos de mercado de los principales almacenes de cadena bajo convenios establecidos con asociaciones o cooperativas departamentales. De esta manera, se ha contribuido a la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de

producción agrícola de la región. Esta bonanza es el resultado de un proceso de mejoramiento iniciado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) que ha sido mantenido por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño (GRICAND) que ha sabido conservar e incrementar su inventario de germoplasma de trabajo y desarrollar el mejoramiento genético de la arveja, para obtener y entregar nuevas variedades de alta producción como Sureña y Alcalá.

Gracias a los recursos del Sistema General de Regalías (SGR) para la ejecución del proyecto “LA ARVEJA Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia” por el mismo grupo GRICAND se entregan nuevas variedades de arveja con la introducción del gen Afila que sustituye las hojas por zarcillos, reduciendo su frondosidad y facilitando su manejo en el campo, pero manteniendo el potencial productivo de las variedades comerciales en un proceso completamente innovador y único en Colombia.

El libro que se presenta recopila los resultados de investigación del proceso de mejoramiento genético y de los experimentos relacionados con la adaptación y estabilidad de las nuevas variedades de arveja, obtención y manejo de la semilla de calidad, fertilización y riego en los municipios productores de Nariño. Además, expone las respectivas conclusiones de la investigación y recomendaciones técnicas validadas a la luz de las probabilidades exigidas por el método científico, constituyéndose así en una valiosa herramienta de consulta para investigadores y estudiantes y de apoyo para asistentes técnicos y productores.

Los Autores.





CONTENIDO

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS..... | 27 |
| 1.1 Generalidades..... | 27 |
| 1.2 El cultivo de arveja en Colombia | 28 |
| 1.3 El cultivo de arveja en Nariño | 29 |
| 1.4 Costos de producción..... | 32 |
| 1.5 Bibliografía..... | 34 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA Y FENOLOGÍA | 39 |
| 2.1 Taxonomía..... | 39 |
| 2.2 Descripción Morfológica..... | 40 |
| 2.3 Fenología del cultivo..... | 43 |
| 2.3.1. Desarrollo vegetativo..... | 43 |
| 2.3.2 Desarrollo reproductivo | 44 |
| 2.4 Bibliografía..... | 48 |

CAPÍTULO III

| | |
|---------------------------------------|----|
| RECURSOS GENÉTICOS Y VARIEDADES | 53 |
| 3.1 Recursos genéticos | 53 |
| 3.2 Variedades..... | 56 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.1. ICA CORPOICA Sindamanoy primera variedad de arveja mejorada para Nariño..... | 57 |
| 3.2.1.1 Adopción de la variedad Ica CORPOICA Sindamanoy y de los sistemas tutorados..... | 62 |
| 3.2.2. Variedad Obonuco San Isidro | 66 |
| 3.2.3. Variedad Obonuco Andina | 70 |
| 3.2.4. Variedades Sureña y Alcalá..... | 74 |
| 3.2.4.1 Variedad Sureña..... | 75 |
| 3.2.4.2. Variedad Alcalá..... | 79 |
| 3.3. Variedades con Gen Afila..... | 84 |
| 3.3.1. El Gen Afila | 84 |
| 3.3.1.1 Obtención de variedades con Gen Afila para Nariño | 87 |
| 3.4. Variedad UDENAR Afila | 93 |
| 3.5. Variedad UDENAR Rizada | 98 |
| 3.6 Variedad UDENAR Crespa | 102 |
| 3.7 Bibliografía..... | 107 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|-----|
| SEMILLAS | 115 |
| 4.1 La semilla..... | 115 |
| 4.1.1. Importancia de la semilla de calidad en la producción de cultivos | 116 |
| 4.2 Sistemas de producción de semillas | 116 |
| 4.2.1. Convencional | 117 |
| 4.2.2. No Convencional | 117 |
| 4.2.3. Tradicional para auto consumo | 117 |
| 4.3. Calidad de semilla..... | 120 |
| 4.4. Aspectos técnicos de una buena semilla | 120 |
| 4.4.1. Calidad genética..... | 121 |
| 4.4.2. Calidad física..... | 121 |
| 4.4.3. Calidad fisiológica | 121 |
| 4.4.4. Calidad sanitaria | 122 |
| 4.5. Recomendaciones para la producción de semilla de arveja de calidad en el sistema tradicional | 123 |



| | |
|---|-----|
| 4.5.1. Selección de la variedad y la semilla | 123 |
| 4.5.2. Selección del lote para producción de semillas | 123 |
| 4.6. Época de siembra y manejo del cultivo | 124 |
| 4.7. Proceso de selección de plantas para semilla | |
| en el campo | 124 |
| 4.7.1. Eliminación de plantas no deseables (Roguing) | 124 |
| 4.8. Factores que afectan la maduración de la semilla | 126 |
| 4.8.1. Retardo. | 126 |
| 4.8.2. Aceleración. | 126 |
| 4.8.3. Cosecha. | 126 |
| 4.8.4. Secamiento de vainas. | 128 |
| 4.8.5. Desgrane, limpieza y selección..... | 128 |
| 4.8.6. Secamiento de la semilla | 129 |
| 4.8.7. Acondicionamiento y almacenamiento de la semilla.... | 130 |
| 4.8.8. Prueba de germinación. | 131 |
| 4.8.9. Tratamiento de la semilla..... | 132 |
| 4.9. Bibliografía | 134 |

CAPÍTULO V

| | |
|---|-----|
| CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS | 141 |
| 5.1. Condiciones agroclimáticas del cultivo de arveja | 141 |
| 5.1.1. Suelos. | 141 |
| 5.1.2. Altura msnm..... | 143 |
| 5.1.3. Temperatura..... | 143 |
| 5.1.4. Brillo solar. | 144 |
| 5.1.5. Requerimiento Hídrico..... | 144 |
| 5.1.6. Índice Ambiental..... | 145 |
| 5.1.7. Aptitud de la Tierra..... | 146 |
| 5.2. Bibliografía | 148 |

CAPÍTULO VI

| | |
|--|-----|
| LABRANZA Y SIEMBRA | 153 |
| 6.1. Labores de manejo del cultivo de arveja | 153 |
| 6.1.1. Preparación del suelo | 153 |
| 6.1.2. Arada | 154 |

| | |
|---|-----|
| 6.1.3. Rastrillada | 154 |
| 6.1.4. Surcada | 154 |
| 6.1.5. Siembra..... | 155 |
| 6.1.5.1. Épocas de siembra | 155 |
| 6.1.5.2. Densidad de la población..... | 156 |
| 6.2. Sistemas de siembra | 157 |
| 6.2.1. Siembra al voleo | 158 |
| 6.2.2. Siembra en surcos..... | 158 |
| 6.2.3. Sistema de siembra con tutorado..... | 159 |
| 6.3. Fibras Biodegradables | 161 |
| 6.4. Bibliografía..... | 162 |

CAPÍTULO VII

| | |
|---|------------|
| FERTILIZACIÓN..... | 167 |
| 7.1 Fertilización en el cultivo de arveja en Nariño | 167 |
| 7.1.1. Suelos dedicados al cultivo de arveja | 167 |
| 7.1.2. Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas | 168 |
| 7.1.3. Disponibilidad de los nutrientes en el suelo..... | 169 |
| 7.1.4. La fertilización | 169 |
| 7.1.5. Eficiencia de la fertilización | 170 |
| 7.1.6. Oferta ambiental..... | 172 |
| 7.1.7. Funciones de los elementos NPK | 172 |
| 7.1.8. Requerimientos nutricionales de la arveja | 173 |
| 7.1.9. Resultados de trabajos de investigación en fertilización de arveja en Nariño..... | 174 |
| 7.1.10. Niveles de fertilización | 179 |
| 7.1.11. Época de aplicación y localización del fertilizante... .. | 180 |
| 7.1.12. Fuente o tipo de fertilizante aplicado..... | 181 |
| 7.2 Bibliografía | 182 |



CAPÍTULO VIII

| | |
|---|-----|
| RIEGOS..... | 189 |
| 8.1 Requerimiento hídrico y sistemas de riego en arveja | 189 |
| 8.1.1. Coeficiente de cultivo (Kc) | 190 |
| 8.1.2. Riego por goteo | 191 |
| 8.2. Bibliografía | 196 |

CAPÍTULO IX

| | |
|---|-----|
| CONTROL DE PLAGAS..... | 201 |
| 9.1 Control de arvenses | 201 |
| 9.2. Enfermedades de la arveja | 202 |
| 9.2.1. Amarillamiento o marchitez | 202 |
| 9.2.2. Mancha de ascochyta, Tizón o Añublo | 205 |
| 9.2.3. Mildew velloso | 206 |
| 9.2.4. Pudriciones radicales | 206 |
| 9.2.5. Cenicilla, Oídio o Mildew Polvoso | 207 |
| 9.2.6. Moho gris..... | 209 |
| 9.3. Plagas..... | 210 |
| 9.3.1. Mosca de las semillas (<i>Delia platura</i>) | 210 |
| 9.3.2. Barrenador del tallo (<i>Melanagromyza lini</i>) | 211 |
| 9.3.3. Pulgón verde (<i>Brevicoryne brassicae</i> y <i>Myzus persicae</i>) | 212 |
| 9.3.4. Trips (<i>Thrips palmi</i>)..... | 213 |
| 9.4. Bibliografía | 214 |





ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1. | Acopio de arveja en vaina verde en la Central de Acopio y Abasto de Productos Agrícolas de Ipiales | 32 |
| Figura 2. | Muestra de la variabilidad en color, tamaño y forma de los granos presente en el germoplasma de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) en Colombia..... | 56 |
| Figura 3. | Características del tipo de planta de la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy..... | 61 |
| Figura 4. | Características de vaina en fresco y del grano seco de color verde con hiliium blanco en la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy | 62 |
| Figura 5. | Características del tipo de planta y grano seco de la variedad Obonuco San Isidro..... | 68 |
| Figura 6. | Tipo de planta y tipo de grano en seco de la variedad de arveja Obonuco Andina..... | 71 |
| Figura 7. | Tipo de planta y capacidad de carga de la variedad de arveja Sureña en la etapa de llenado de grano..... | 75 |
| Figura 8. | Características del tamaño y forma de la vaina en verde y el número de granos por vaina de la variedad de arveja Sureña..... | 76 |

| | | |
|------------|---|--|
| Figura 9. | Tipo de grano seco de la variedad de arveja Sureña caracterizado por su color verde levemente quemado con mancha crema junto al hiliium blanco. ..76 | |
| Figura 10. | Características de sanidad, tipo de planta, tipo de vaina y maduración uniforme de la variedad de arveja Alcalá80 | |
| Figura 11. | Características de la vaina verde y el número de granos por vaina de la variedad de arveja Alcalá ...80 | |
| Figura 12. | Grano seco de la variedad de arveja Alcalá, caracterizado por la textura lisa y su color crema con hiliium negro.81 | |
| Figura 13. | Planta de arveja arbusitva con expresión del gen Afila (<i>af</i>) que reemplaza hojas laterales por zarcillos.....84 | |
| Figura 14. | Método de retrocruzamiento abreviado para la introducción del gen recesivo Afila (<i>af</i>) con dos ciclos de retrocruzamiento (RC1 y RC2).....89 | |
| Figura 15. | Planta de arveja voluble introgresada con el gen recesivo Afila (<i>af</i>), característica que le permite un mejor agarre sobre los hilos que le sirven de tutor.90 | |
| Figura 16. | Variiedad de arveja UDENAR Afila con incremento en la densidad de población y usando tutorado vertical.....94 | |
| Figura 17. | UDENAR Afila, variedad mejorada de arveja voluble. Sanidad, capacidad de carga, tipo de vaina y grano en verde. Parcelas demostrativas Ipiales 2019.97 | |
| Figura 18. | Detalle del grano en seco de la variedad UDENAR Afila, caracterizado por su color verde de textura lisa con forma ligeramente ovalada.98 | |



| | | |
|--------------|---|-----|
| Figura 19. | UDENAR Rizada, variedad mejorada de arveja con gen Afila..... | 101 |
| Figura 20. | Características de la vaina en verde, el grano verde y el grano seco con leves hendiduras que identifican a la variedad de arveja UDENAR Rizada.. | 102 |
| Figura 21. | Sanidad y capacidad productiva de la variedad con gen Afila UDENAR Crespa..... | 105 |
| Figura 22. | Tipo de vaina verde, número de granos por vaina y tipos de grano en verde y en seco de la variedad de arveja con gen Afila UDENAR Crespa. | 106 |
| Figura 23. | Parcela demostrativa de la variedad UDENAR Crespa en el municipio de Puerres (Nariño) 2019.. | 106 |
| Figura 24. | Semilla de calidad de la variedad mejorada de arveja Sureña | 121 |
| Figura 25. | Semillas de arveja de alta calidad, mostrando uniformidad y vigor en la prueba de germinación. | 122 |
| Figura 26. | Sanidad de un lote de producción de semilla de arveja variedad Sureña. | 122 |
| Figura 27. | Marcación con cinta roja de plantas enfermas y atípicas para su eliminación (Roguing) en un lote de producción de semillas | 125 |
| Figura 28. | Planta de arveja en proceso de secamiento con vainas en estado de madurez fisiológica..... | 127 |
| Figura 29. | Secamiento de vainas, desgrane y selección manual de semilla de arveja en finca de agricultor..... | 129 |
| Figura 30 A. | Almacenamiento de semilla en bultos de 50 kg sobre estibas de madera. Figura 30 B. | |
| | Almacenamiento de semilla en canecas de plástico con tapa hermética. | 131 |
| Figura 31 A. | Prueba de germinación de semilla de arveja en papel periódico enrollado y húmedo. | |

| | | |
|------------|--|-----|
| | Figura 31 B. Resultado de la prueba obteniendo el 95% de germinación. | 132 |
| Figura 32. | Diseño de un Tratador Artesanal de semilla. | 134 |
| Figura 33. | Sistema de tutorado vertical para arveja de crecimiento voluble | 159 |
| Figura 34. | Sistema de tutorado vertical combinado con el tutorado horizontal | 160 |
| Figura 35. | Respuesta de genotipos de arveja voluble a diferentes niveles de nitrógeno. | 176 |
| Figura 36. | Respuesta de genotipos de arveja voluble a diferentes niveles de fósforo. | 177 |
| Figura 37. | Ubicación del fertilizante en banda cerca de las plantas de arveja para su mejor aprovechamiento. ... | 180 |
| Figura 38. | Aplicación de fertilizante en banda cuando las plantas de arveja alcanzan entre 10 y 15 cm de altura..... | 181 |
| Figura 39. | Tapado superficial del fertilizante luego de su aplicación en banda. | 181 |
| Figura 40. | Aplicación de riego por goteo en arveja, ubicando la disponibilidad de agua en el surco junto a las plantas para su mejor aprovechamiento. ... | 192 |
| Figura 41. | Ubicación de la cinta para riego por goteo a lo largo de los surcos y junto a las plantas de arveja. .. | 192 |
| Figura 42. | Síntomas de amarillamiento y marchitamiento en plantas de arveja afectadas por <i>Fusarium oxysporum f sp. Pisi</i> | 203 |
| Figura 43. | Corte longitudinal de raíz y tallo de arveja afectados por <i>Fusarium oxysporum</i> . Obsérvese la coloración rojiza producida por las toxinas fusariales..... | 203 |
| Figura 44. | Síntomas de ataque de <i>Ascochyta</i> o Tizón (<i>Ascochyta pisi</i>) en hojas y vainas de arveja. | 205 |



| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 45. | Ataque de Oídio o Cenicilla (<i>Erysiphe pisi</i>) en un genotipo de arveja altamente susceptible. ... | 207 |
| Figura 46. | Líneas UN5173 susceptible e ILS6527 resistente a Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | 208 |
| Figura 47. | Línea UN6651 con resistencia en vainas al ataque de Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | 208 |
| Figura 48. | Síntomas del daño en hojas y estípulas producido por <i>Botrytis cinerea</i> | 210 |
| Figura 49. | Daño en la semilla de arveja producido por <i>Delia platura</i> | 211 |
| Figura 50. | Pupa del barrenador dentro del tallo de arveja (<i>Melanagromyza lini</i>) | 212 |
| Figura 51. | Daño en folíolos de arveja producido por ataque severo de Trips (<i>Thrips palmi</i>) | 213 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabla 1. | Costos de producción del cultivo de arveja por hectárea. | 33 |
| Tabla 2. | Codificación BBCH de los estadios fenológicos del desarrollo del guisante o arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) | 45 |
| Tabla 3. | Características de la variedad mejorada de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy. | 60 |
| Tabla 4. | Características más relevantes de la variedad mejorada de arveja Obonuco San Isidro. | 68 |
| Tabla 5. | Características más relevantes de la variedad mejorada de arveja Obonuco Andina. | 72 |
| Tabla 6. | Características de la variedad mejorada de arveja Sureña | 78 |
| Tabla 7. | Características de la variedad mejorada de arveja Alcalá..... | 82 |
| Tabla 8. | Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Afila. | 95 |
| Tabla 9. | Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Rizada. | 100 |
| Tabla 10. | Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Crespa. | 104 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tabla 11. | Diferencias entre lotes para producción de semilla y producción comercial de arveja (<i>Pisum sativum</i> L) | 118 |
| Tabla 12. | Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arveja por aptitudes de tierra en Nariño. | 147 |
| Tabla 13. | Rendimientos de arveja por nivel de fertilización y por municipio, en t.ha ⁻¹ | 175 |
| Tabla 14. | Rendimientos de arveja variedad Andina en vaina verde por factor de cultivo y por municipio. t.ha ⁻¹ | 194 |
| Tabla 15. | Rendimientos de arveja Andina en vaina verde por sistema de riego y por municipio. t.ha ⁻¹ | 195 |
| Tabla 16. | Interacción del factor de cultivo y modalidades de riego para rendimiento en vaina verde (RTOV) en Ipiales. t.ha ⁻¹ | 196 |

CAPÍTULO I





CAPÍTULO I

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS



CAPÍTULO I

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

1.1 Generalidades

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una especie multifuncional utilizada para el consumo humano como grano seco o como verdura fresca aprovechando sus vainas y granos inmaduros. Los cultivos para grano seco se cultivan durante el verano en Canadá, Rusia, China, Estados Unidos India y Australia entre otros, siendo estos los países de mayor área sembrada a nivel mundial (Checa et al., 2020). La producción mundial oscila entre 10 y 11 millones de toneladas y la superficie dedicada a este cultivo se acerca a las 6,2 millones de hectáreas. Canadá es el principal exportador con cerca del 60% del total, mientras que India, China y Bangladesh, son los principales importadores de arveja amarilla con alrededor de 1.8 millones de toneladas al año. Los granos amarillos tiene preferencia en los países asiáticos y los granos verdes en Europa y América Latina (De Bernardi, 2017).

Las arvejas para consumo en fresco, se encuentran principalmente en latitudes templadas y en zonas altas con latitudes cercanas al ecuador. En los subtrópicos, generalmente se siembran como cultivos de principios de primavera o finales de otoño / invierno



en alturas medias y bajas, mientras que las arvejas de verano se siembran en latitudes septentrionales [3]. En las zonas altas del trópico la arveja se puede sembrar durante todo el año. En la cordillera de los Andes de América del Sur existe una área grande dedicada a este cultivo en países como Colombia, Ecuador y Perú localizándose en los valles de las tierras altas y en las mesetas interandinas.

Respecto a los contenidos nutricionales de la arveja, su patrón de nutrientes es similar a otras leguminosas de grano. El contenido de proteína en grano seco es relativamente alto entre 20 y 30%, siendo superior a los cereales. Presenta bajos contenidos de grasa (0.8 a 6.1%) y bajos contenidos de fibra cruda (1.1 a 9.9%) la cual se concentra principalmente en la testa. Puede presentar deficiencia en aminoácidos azufrados como la metionina, sin embargo es rica en el aminoácido lisina, por lo tanto la arveja y los cereales tienen un considerable efecto complementario. La arveja es una rica fuente de proteína de bajo costo, que se puede usar para superar la desnutrición proteico – energética que se presenta en algunos países (Savage y Deo, 1989).

1.2 El cultivo de arveja en Colombia

En Colombia la arveja ha sido un cultivo de importancia en la economía de pequeños y medianos agricultores de las zonas andinas y su producción se concentra en Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Tolima (Cáceres y Gelves, 2011; Zamorano et al., 2008). Según El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2011) el área de sembrado en Colombia se estimó en 31.155 hectáreas, ocupando el primer lugar el Departamento de Nariño con un 51%, Cundinamarca con un 19% y Boyacá con un 17% del total de arveja sembrada.

Al respecto Buitrago et al. (2006), afirman que en Cundinamarca el cultivo de arveja se encuentra disperso en la región Andina, pero se destacan algunas zonas como la Sabana de Bogotá, Valle de





Ubaté y las Provincias del Sumapaz y Oriente. En Boyacá, se concentra principalmente en los valles de Duitama, Samacá y la provincia de Márquez.

En el análisis realizado por Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE, 2010) como gremio representante de las leguminosas en Colombia, considera importante el cultivo de la arveja porque genera empleo en el campo e ingresos favorables para el productor. De igual manera hay interés por estudiar nuevas variedades de arveja para la producción en seco y nuevas formas de producción que permitan sustituir parte de la importación de arveja seca que en la actualidad está entre las 40.000 ton/año.

1.3 El cultivo de arveja en Nariño

En Nariño la producción de arveja se lleva a cabo bajo una estructura de tenencia de la tierra de minifundio, en donde los agricultores tiene en promedio entre 0.5 y dos hectáreas. Son pequeños productores que han encontrado en este cultivo una opción productiva rentable. Dadas las condiciones de mercado, los agricultores se enfrentan a la oscilación de precios, sembrando el cultivo de manera escalonada durante todo el año, de tal forma que tienen lotes en diferentes etapas fenológicas del cultivo para obtener cosechas en diferentes épocas del año. El cultivo es realizado en la mayor parte de los casos por pequeñas familias campesinas con disponibilidad de mano de obra familiar, la cual se ocupa en las diferentes labores del cultivo desde siembra hasta cosecha.

El productor de arveja, ha aprendido el manejo técnico del cultivo y la forma de negociar con los intermediarios que le compran el producto, convirtiéndose en un pequeño empresario de campo. En los últimos veinte años, la rentabilidad del cultivo de arveja ha permitido a muchos agricultores y sus familias mejorar sus condiciones socioeconómicas, lo cual se refleja en sus viviendas con condiciones adecuadas de salubridad, sus hijos con educación pri-





maria y secundaria y niveles adecuados de alimentación. El cambio observado en los agricultores cultivadores de arveja del sur de Nariño y sus familias, justifica la realización de un estudio de impacto de las variedades de arveja mejoradas y su tecnología de producción.

A partir del año 1995, con el uso de las nuevas variedades como Sindamanoy, Andina, se vinculó a la producción de arveja la ex provincia de Obando convirtiéndose en la principal zona productora del departamento. Según la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet, 2016), los municipios del departamento de Nariño con mayor área sembrada son: Ipiales, Pupiales, Gualmatán, Puerres, Potosí y Córdoba.

Según Checa et al. (2017), los productores de arveja de Nariño, adoptaron ampliamente las variedades Andina, San Isidro, Sureña y Sindamanoy, aprovechando sus bondades, lo cual, los llevó a ubicarse como los principales productores del país; sin embargo, su uso intensivo condujo al incremento de enfermedades foliares como ascochyta (*Ascochyta pisi*) y Oídio (*Oidium* sp) (Quistial et al., 2010).

Por otra parte, además de la arveja producida en los municipios del sur de Nariño para consumo en grano fresco, existen algunas áreas dedicadas a la producción de grano seco las cuales se ubican en el norte y centro del departamento. Los municipios involucrados en la producción de grano seco en Nariño son Buesaco, El Tablón de Gómez, San José de Albán, Tangua y Yacuanquer (Arcilla, 2002; Ortega, Zambrano, y Corella, 1999). Esta producción se revende como semilla para el norte del país y corresponde principalmente a la variedad Santa Isabel (Ligarreto y Ospina, 2009).

En Nariño se siembran 17.000 hectáreas de arveja (Universidad Nacional, 2017) y se estima que dependen de este cultivo más de 26.000 productores, generando alrededor de 2.3 millones de jornales y 15.000 empleos directos (Camargo y Ávila, 2014).



Lo anterior, es el resultado de un proceso de mejoramiento iniciado por el ICA, CORPOICA y Universidad de Nariño con la liberación y adopción de las variedades mejoradas de arveja, que fueron entregadas a partir del año 1995 con la variedad Sindamanoy, en los años 2000 y 2001 con las variedades Andina y San Isidro, más tarde las variedades Sureña y Alcalá en 2012 (Checa, 2014). Los sistemas de siembra, tutorados y los métodos de labranza reducida, permitieron que el departamento de Nariño sea actualmente el principal productor de esta leguminosa en el país.

La producción de arveja en Nariño abastece las necesidades del departamento, especialmente en los mercados municipales de Pasto, Túquerres, Ipiales, Buesaco, Yacuanquer, La Unión, Sandoná, Consacá, Guaitarilla y Tumaco. La mayor parte de la producción de arveja de Nariño, se destina a satisfacer la demanda de este producto en los departamentos de Cauca, Valle, Tolima, Huila, Quindío, Caldas, Cundinamarca, Antioquia y Putumayo, entre otros, abasteciendo los mercados de plaza. Además, se cuenta con un nicho de mercado en principales almacenes de cadena bajo convenios establecidos con asociaciones o cooperativas departamentales.

El mercado de la arveja en Nariño se realiza principalmente en la Central de Acopio y Abasto de Productos Agrícolas de Ipiales, donde todos los días de la semana entre las 3 y las 6 de la tarde, los productores llevan el producto en empaques diseñados para su comercialización en vaina verde y negocian con los intermediarios como se muestra en la Figura 1. Existen también asociaciones de productores y comercializadores de arveja que hacen parte de los canales de comercialización. Nariño despacha para el norte del país entre 12 y 30 camiones diarios que llevan en promedio entre 90 a 100 bultos de 50 kg en vaina verde.





Figura 1. Acopio de arveja en vaina verde en la Central de acopio y abasto de productos agrícolas de Ipiales

1.4 Costos de producción

De acuerdo con la información obtenida en talleres con productores del departamento de Nariño realizado por La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria y Universidad de Nariño (UPRA y UDENAR, 2017) el cultivo de arveja es un buen empleador porque requiere 162 jornales por hectárea, que cumplen las diferentes labores discriminadas de la siguiente manera: 13 Jornales para la preparación del terreno, 5 para siembra, 12 para fertilización, 73 para Tutorado, 15 para control fitosanitario, 4 para riego y 40 Jornales para cosecha.

Los costos directos son de \$ 11.598.200 correspondiente al valor de mano de obra e insumos y costos Indirectos \$ 409.000 correspondiente a otras inversiones. Se suma al total un 10 % teniendo en cuenta imprevistos para este caso este costo sería de: \$ 1.159.820, para un total de \$ 12.758.020 como lo indica la Tabla 1 con una variabilidad por regiones resultado de la oferta y demanda de mano de obra.

**Tabla 1.** Costos de producción del cultivo de arveja por hectárea.

| COSTOS CULTIVO DE ARVEJA POR HECTÁREA | | | | |
|---------------------------------------|----------|----------|--------------|----------------------|
| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
| Mano de obra | | | | |
| Arada | Hora | 2 | \$ 50.000 | \$ 100.000 |
| Rastrillada | Hora | 2 | \$ 50.000 | \$ 100.000 |
| Surcada | Jornal | 10 | \$ 25.000 | \$ 250.000 |
| Encalamiento | Jornal | 3 | \$ 25.000 | \$ 75.000 |
| Ahoyado | Jornal | 16 | \$ 25.000 | \$ 400.000 |
| Colocado de postes | Jornal | 12 | \$ 25.000 | \$ 300.000 |
| Mano obra tutorado | Jornal | 30 | \$ 25.000 | \$ 750.000 |
| Encanastillado | Jornal | 15 | \$ 25.000 | \$ 375.000 |
| Siembra | Jornal | 5 | \$ 25.000 | \$ 125.000 |
| Fertilización | Jornal | 12 | \$ 25.000 | \$ 300.000 |
| Control fitosanitario | Jornal | 15 | \$ 25.000 | \$ 375.000 |
| Riego | Jornal | 4 | \$ 25.000 | \$ 100.000 |
| Mano de obra cosecha | Jornal | 40 | \$ 25.000 | \$ 1.000.000 |
| Total | | 166 | | \$ 4.250.000 |
| Insumos | | | | |
| Semilla | Kilo | 37 | \$ 18.000 | \$ 666.000 |
| Herbicidas | Total | 1 | \$ 115.000 | \$ 115.000 |
| Insecticidas y Fungicidas | Total | 1 | \$ 792.300 | \$ 792.300 |
| Fertilizantes | Total | 1 | \$ 1.439.900 | \$ 1.439.900 |
| Postes madera | Unidades | 1666 | \$ 2.000 | \$ 3.332.000 |
| Templete (750m) | Conos | 11 | \$ 10.000 | \$ 110.000 |
| Canastilla (3000m) | Conos | 22 | \$ 10.000 | \$ 220.000 |
| Tutorado(5000 m) | Conos | 24 | \$ 11.000 | \$ 264.000 |
| Total | | | | \$ 6.939.200 |
| Otros costos | | | | |
| Empaques | Unidades | 200 | \$ 720 | \$ 144.000 |
| Transporte | Bulto | 200 | \$ 1.000 | \$ 200.000 |
| Analisis de suelo | Muestra | 1 | \$ 65.000 | \$ 65.000 |
| Total | | | | \$ 409.000 |
| TOTAL | | | | |
| COSTO TOTAL | | | | \$ 11.598.200 |
| Imprevistos | 10% | | | \$ 1.159.820 |
| COSTO TOTAL | | | | \$ 12.758.020 |

Fuente: Tomado del Informe del Proyecto UPRA y UDENAR (2017).





1.5 Bibliografía

- Arcilla, B. (2002). *Aspectos económicos y comercialización de arveja en Colombia y el departamento de Nariño*. Bogotá, Colombia: AGROSAVIA.
- Buitrago, J., Duarte, C., y Sarmiento, A. (Ed.). (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Cáceres, G., y Gelves, D. (2011). La producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en la vereda Monteadentro, provincia de Pamplona, Norte de Santander. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 11(1), 43-56. doi: 10.24054/01204211.v1.n1.2011.334
- Camargo, D., y Ávila, E. (2014). Efectos del *Trichoderma* sp. Sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 91-100. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039253>
- Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación CODECTI. (2014). *Resumen del Proyecto Investigación Para El Mejoramiento de La Tecnología de Producción de Arveja (Pisum sativum L.) En El Departamento de Nariño*. Recuperado de <https://cutt.ly/cnjikdL>
- Checa, Ó., Bastidas, J., y Narváez, O. (2017). Evaluación agronómica y económica de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 279-288. doi: 10.31910/rudca.v20.n2.2017.380
- De Bernardi, L. (2017). *Perfil de las arvejas*. Recuperado de <https://cutt.ly/Pnjjii6l>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2011). *Resultados encuesta nacional agropecuaria ENA*. Recuperado de <https://cutt.ly/knjoam6>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas FENALCE. (2010). *El cultivo de la arveja, historia e importancia*. Recuperado de <https://cutt.ly/cnjps0s>



- Ligarreto, G., y Ospina, A. (2009). Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 333-339. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n3/v27n3a06.pdf>
- Ortega, J., Zambrano, L., y Corella, A. (1999). Estudio agroeconómico del cultivo de la arveja *Pisum sativum* L. en la zona norte del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 16(1), 86-97. Recuperado de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1104>
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano Agronet. (2016). *Arveja: Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de arveja según departamento 2007-2016*. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Documents/ARVEJA2016.pdf>
- Savage, G., y Deo, S. (1989). The nutritional value of pea (*Pisum sativum*). A literatura review. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series A)*, 59(2), 66-88. Retrieved from <https://cutt.ly/Wnjme97>
- Smartt, J. (1990). *Grain Legumes Evolution and Genetic Resources*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Quistial, J., Chavez, D., & Checa, O. (2010). *Evaluación agronómica de 20 líneas de arveja voluble (Pisum sativum L.) en cinco municipios del sur del departamento de Nariño* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA y Universidad de Nariño UDE-NAR. (2017). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios para el departamento de Nariño a escala 1:100000* [Informe]. Unidad de planificación rural agropecuaria.
- Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Sustentabilidad del cultivo de arveja en Nariño estaría en riesgo*. Recuperado de <https://cutt.ly/Ynjnmqe>
- Zamorano, C., López, H., y Álzate, G. (2008). Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en Fusagasugá, Cundinamarca (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 443-450. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11476/12122>



CAPÍTULO II





CAPÍTULO II

TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA Y FENOLOGÍA



CAPÍTULO II

TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA Y FENOLOGÍA

2.1 Taxonomía

El género *Pisum* al cual pertenece la arveja, es considerado como un complejo de especies con múltiples subespecies que se entrecruzan en diferentes grados, lo cual sugiere que hubo introgresiones significativas entre ellas, a pesar de la condición endogámica del género que restringe el flujo de genes. La mayoría de los cruces amplios dentro de *Pisum* son fértiles, excepto los que involucran *P. fulvum* que forma un clado distinto en los análisis de diversidad molecular y según Vershinin, et al., (2003), es el único candidato real en el género para ser una especie diferente. En el género *Pisum*, varias especies que fueron ubicadas como grupos taxonómicos separados, correspondían realmente a diversos ecotipos dentro de la misma especie. (Gritton, 1986). No obstante, los estudios realizados por Sanz et al., (2011) utilizando marcadores basados en polimorfismos de inserción de retrotransposones (RBIP), permiten reconocer tres especies de este género, *Pisum sativum* L., *Pisum fulvum* y *Pisum abyssinicum*. La mayor parte de las arvejas cultivadas pertenecen a la especie *Pisum sativum* L.



La arveja presenta la siguiente clasificación taxonómica:

| | |
|---------------------------|---|
| Dominio: | Eucariota |
| Reino: | Plantae |
| Phylum: | Espermatofita |
| Subphylum: | Angiospermae |
| Clase: | Dicotiledónea |
| Orden: | Fabales |
| Familia: | Leguminosae |
| Subfamilia: | Papilionoideae |
| Tribu: | Vicieae |
| Género: | <i>Pisum</i> |
| Especie: | <i>Sativum</i> |
| Nombre científico: | <i>Pisum sativum</i> L. |
| Nombre vulgar: | Arveja, Alverja, Guisante, Chicharo, entre otros. |

2.2 Descripción Morfológica

La arveja (*Pisum sativum* L) es una planta anual, herbácea, glabra, presenta tallos huecos de longitud variable, su forma es cilíndrica o angulosa con 6 a 20 nudos vegetativos, exhibe una o varias ramificaciones. Su hábito de crecimiento puede ser determinado cuando las flores se forman más en el meristema apical y de crecimiento indeterminado cuando las flores se forman más en las yemas axilares. La altura de las plantas da lugar a tres tipos de variedades: Arbustivas: tallo corto menor de 70 cm con entrenudos cortos; Semi-arbustivas: tallo medio de 70 a 130 cm con muchos entrenudos cortos; Voluble: tallo largo mayor de 130 cm con entrenudos largos (<https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/pisum-sativum>).

La ramificación de la arveja puede ser laxa, semicompacta, compacta o muy compacta, siendo generalmente basal y depende de la genética de la variedad y la densidad de población. También está afectada por la oferta ambiental relacionada con la fertilidad del suelo y con la disponibilidad de agua (Buitrago, J. et al., 2006).



La ramificación disminuye al aumentar el número de plantas por unidad de área. La precocidad tiende a reducir la capacidad de ramificación de las plantas. Las ramas basales presentan menor número de nudos vegetativos y reproductivos respecto al tallo principal, sin embargo, contribuyen a incrementar el número de vainas y el rendimiento de la planta. El exceso de ramas laterales puede ser perjudicial porque produce el volcamiento o acame de la planta, favoreciendo la presencia de enfermedades foliares en hojas y vainas al estar en contacto con el suelo.

Presenta raíz pivotante y abundantes raíces laterales secundarias y terciarias. El sistema radical generalmente penetra hasta los 50 cm de profundidad (Buitrago, J., et al, 2006). Sin embargo, dependiendo de la variedad y del tipo de suelo puede alcanzar una profundidad mayor de un metro con un diámetro en área de 50-70 cm. En las raíces aparecen nódulos bacteriales (*Rhizobium sp*), de hasta 5 mm, que le sirven a la planta para la fijación simbiótica de Nitrógeno. (<https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/pisum-sativum>)

Las hojas de la arveja son alternas y compuestas, paripinadas, con 1-3 pares de folíolos terminando en un zarcillo. Así mismo existen genotipos de arveja con hojas compuestas que no terminan en zarcillos. Hace parte de la variabilidad genética de las hojas de arveja, aquellas que no poseen folíolos y en su remplazo existen solo zarcillos debido a la presencia del gen Afila que en condición homocigota recesiva produce esta transformación, la cual es muy útil para evitar el volcamiento de las plantas. Posee estípulas de hasta 10 cm de largo que generalmente son de mayor tamaño que los folíolos.

La inflorescencia de la arveja, corresponde a un racimo axilar paucifloro, con pedúnculo alargado de 1 a 2 cm en el inicio de su desarrollo y 6 cm o más en el total de su alargamiento. En la base del pedúnculo puede o no desarrollar brácteas y puede presentar de 1 a 4 flores por racimo sin embargo la mayor parte de las variedades tienen entre 1 y 2 flores por racimo, además varía de un pedúnculo a otro en la misma planta.





Las flores son hermafroditas propias de la subfamilia papilionoideae, de color blanco con quilla blanco verdosa. Tubo del cáliz oblicuo con cinco sépalos unidos en la base.

La corola está formada por cinco pétalos, uno superior grande y escotado llamado estandarte, dos laterales denominados alas más pequeños que se extienden levemente hacia afuera y dos pétalos más pequeños ubicados en la parte inferior central, unidos por sus bordes ventrales constituyendo la quilla, los cuales recubren los órganos reproductivos (estambres y pistilo) (Buitrago, J., et al, 2006). La flor tiene diez estambres diadelfos, nueve de ellos soldados formando el tubo estaminal y uno libre. En la arveja se presenta el fenómeno de la cleistogamia que consiste en que la flor se autofecunda antes de abrirse. En la base del pistilo se encuentra el ovario que es súpero y aplanado, unicarpelar y unilocular con 5 a 12 óvulos

El fruto es una vaina con una longitud de 4 a 15 cm y con 1.5 a 3 cm de ancho. Presenta de 4 a 10 semillas dependiendo de la variedad. Las vainas son dehiscentes y se abren a lo largo de las dos suturas, debidos al endurecimiento y excesiva deshidratación que sufre el pericarpio (Buitrago, J., et al, 2006).

La semilla puede tener diferentes formas desde redonda y ovalada hasta la tendencia cuadrada y dependiendo de la textura de la misma puede ser en general lisa o rugosa. Cuando la semilla es lisa hay alto contenido de hidratos de carbono y cuando es rugosa hay mayor contenido de glucosa y dextrina

El diámetro de la semilla también es variable determinando diferentes tamaños de grano lo cual depende de la genética de cada variedad. Según el tamaño de la semilla el grano se puede clasificar en:

- Grano pequeño: menor de 8 mm
- Grano mediano: entre 8 y 10 mm
- Grano grande: más de 10 mm





2.3 Fenología del cultivo

2.3.1 Desarrollo vegetativo

Germinación y Emergencia. Después de la siembra, la semilla presenta absorción rápida de agua por la testa y por el micrópilo, llegando a los cotiledones y al embrión y produciéndose el hinchamiento de la semilla al doble de su volumen en 24 horas. La radícula se abre paso entre los cotiledones y luego la plúmula avanza en su crecimiento, permitiendo que se produzca la emergencia. Es importante tener en cuenta que la germinación de la arveja es hipógea, lo cual implica que los cotiledones quedan bajo tierra debido a que no se produce el alargamiento del hipocótilo.

Luego de la emergencia, la plúmula permite el paso del primer par de hojas verdaderas, que inicialmente se encuentran plegadas. Posteriormente bajo las hojas verdaderas se observa en epicotilo, el cual lleva dos brácteas trifidas (hojas rudimentarias), la primera en el subnudo cercano al suelo y la segunda en el primer nudo de la parte aérea (Faiguenbaum, 1990).

A partir del tercer nudo, se desarrollan las hojas verdaderas, las cuales son compuestas, alternas, con peciolo, raquis, uno a tres pares de folíolos y uno a cinco zarcillos. Los folíolos son oblongos u ovalados con borde entero.

Las hojas de los primeros nudos aéreos tienen un par de folíolos, con o sin un zarcillo terminal, luego del cuarto o quinto nudo, aumenta a tres en promedio el número de zarcillos, dos de ellos insertos lateralmente en el raquis y el tercero en posición terminal. Las hojas de los nudos que anteceden al primer nudo reproductivo, muestran con frecuencia dos pares de folíolos, cuatro zarcillos laterales y uno terminal. A partir del primer o segundo nudo floral, las hojas aumentan a tres los pares de folíolos, manteniendo el número de zarcillos laterales y terminal (Faiguenbaum, 1990). En la axila de cada hoja, se desarrollan dos estípulas que pueden ser de mayor tamaño que los folíolos, son hojas modificadas con gran





capacidad fotosintética. Variedades de folíolos y estípulas grandes generalmente producen granos de mayor tamaño.

Las plantas de arveja con gen Afila en condición homocigota, transforman los folíolos de la hoja compuesta, en zarcillos (Checa, et al., 2020, Davies, 1977, Hedley, C. and Ambrose, M. 1981). Este tipo de plantas generalmente presentan estípulas de gran tamaño, además el pecíolo logra un gran crecimiento y termina en fuertes zarcillos, los cuales además de aportar a la fotosíntesis, ayudan a reducir el problema del acame o volcamiento.

2.3.2 Desarrollo reproductivo

Floración. Aparecen los pimpollos o botones florales en formación, que se encuentran rodeados por las estípulas y hojas superiores, siendo ligeramente visibles. Pasados unos días, los botones emergen por entre las hojas aún no desarrolladas que los encierran, quedando expuestos y posteriormente ocurre la apertura de la flor. Este proceso avanza desde el primer nudo inferior hasta el último superior del tallo principal (Faiguenbaum, 1990). La antesis se da después de la polinización y posiblemente de la fecundación, debido a que la arveja se autofecunda antes de que la flor se abra, fenómeno conocido como cleistogamia. El estado de plena floración podría definirse como aquel en que el 50% de las flores están abiertas.

Fructificación y maduración. Unos días más tarde, la corola muere y la vaina comienza a alargarse, siendo inicialmente plana. Luego que se inicia el llenado de grano y engrosamiento de la vaina. Los nudos inferiores del tallo principal inician siempre la floración y fructificación, proceso en el cual, cuando el grano verde alcanza su tamaño normal, inicia el proceso de secamiento y el cambio de color de verde oscuro a verde claro, amarillo o marrón según la variedad. El grano pasa del estadio de arveja verde al de arveja seca, con diferentes usos comerciales. Se produce la pérdida de humedad hasta valores del 12-14% completándose el proceso de maduración.

(<https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/pisum-sativum>)





Cuando se busca caracterizar el crecimiento de uno o más genotipos de arveja, de forma detallada, se recomienda utilizar la escala BBCH (Enz, M. y Dachler, Ch. 1998), en la cual, las diferentes etapas fenológicas se representan con un código que pertenece a cada estado de desarrollo de las plantas ya sean mono o dicotiledóneas. En esta escala, las etapas fenológicas se manejan con un código decimal que identifica el desarrollo de las plantas mono y dicotiledóneas con estadios principales y secundarios. Los códigos numéricos constan de dos cifras, la primera corresponde al estadio principal y la segunda al secundario en el transcurso de un determinado estadio principal. Los estadios principales son enumerados del 0 al 9 al igual que los secundarios (Agustí, 2010). De acuerdo con esto, en la Tabla 2 se observa la descripción de los nueve estadios principales del desarrollo del guisante o arveja (*Pisum sativum* L.), con sus respectivos estadios secundarios y su codificación.

Tabla 2. Codificación BBCH de los estadios fenológicos del desarrollo del guisante o arveja (*Pisum sativum* L.)

| Código | Descripción |
|--------|---|
| | Estadio principal 0. Germinación |
| 00 | Semilla, seca |
| 01 | Comienzo de la imbibición de la semilla |
| 02 | Imbibición de la semilla, terminada |
| 05 | La radícula (raíz embrional), sale de la semilla |
| 07 | Brote, fuera de la semilla |
| 08 | Brote, creciendo hacia la superficie del suelo |
| 09 | Emergencia: el brote sale a través de la superficie del suelo |





| Código | Descripción |
|---------------|---|
| | Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas |
| 10 | El par de hojas escamas, visible |
| 11 | 1a hoja (con estípulas), desplegada, o 1er. zarcillo, (desarrollado en las variedades sin hojas) |
| 12 | 2 hojas (con estípulas), desplegadas, o 2o zarcillo, desarrollado (en las variedades sin hojas) |
| 13 | 3 hojas (con estípulas), desplegadas, o 3er. zarcillo, desarrollado (en las variedades sin hojas) |
| 1. | Los estadios continúan hasta ... |
| 19 | 9 o más hojas (con estípulas), desplegadas, o 9 o más Zarcillos desarrollados (en las variedades sin hojas) |
| | Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal |
| 30 | Comienzo del alargamiento del tallo |
| 31 | 1er. entrenudo, alargado visiblemente ¹⁾ |
| 32 | 2o entrenudo, alargado visiblemente ¹⁾ |
| 33 | 3er entrenudo, alargado visiblemente ¹⁾ |
| 3 | Los estadios continúan hasta ... |
| 39 | 9 o más entrenudos, alargados visiblemente ¹⁾ |
| | 1) El 1er entrenudo comprende desde el nudo de la hoja escama al nudo de la 1ª hoja verdadera. |
| | Estadio principal 5. Aparición del órgano floral |
| 51 | 1os. botones florales, visibles fuera de las hojas |
| 55 | 1os. botones florales individuales, visibles fuera de las hojas, pero cerrados todavía |
| 59 | 1os.pétalos, visibles; muchos botones florales individuales, cerrados todavía. |



| Código | Descripción |
|---------------|---|
| | Estadio principal 6. Floración |
| 60 | 1as flores abiertas (esporádicamente) |
| 61 | Comienzo de la floración: 10 % de las flores, abiertas |
| 62 | 20 % de las flores, abiertas |
| 63 | 30 % de las flores, abiertas |
| 64 | 40 % de las flores, abiertas |
| 65 | Plena floración: 50% de las flores, abiertas |
| 67 | Floración decae: la mayoría de los pétalos, caídos o secos |
| 69 | Fin de la floración |
| | Estadio principal 7. Formación del fruto |
| 71 | El 10% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta |
| 72 | El 20% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta |
| 73 | El 30% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta. Índice tenderométrico: 80 TE |
| 74 | El 40% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta Índice tenderométrico: 95 TE |
| 75 | El 50% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta Índice tenderométrico: 105 TE |
| 76 | El 60% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta Índice tenderométrico: 115 TE |
| 77 | El 70% de las vainas alcanza la longitud típica; el jugo sale todavía si se aprieta Índice tenderométrico: 130 TE |
| 79 | Las vainas alcanzan el tamaño típico (madurez verde); guisantes / arvejas, completamente formadas |





| Código | Descripción |
|---|--|
| Estadio principal 8. Maduración de frutos y semillas | |
| 81 | El 10% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 82 | El 20% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 83 | El 30% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 84 | El 40% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 85 | El 50% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 86 | El 60% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 87 | El 70% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 88 | El 80% de las vainas, maduras; las semillas, de color final, secas y duras |
| 89 | Madurez completa: todas las vainas, secas y marrones; semillas, secas y duras (madurez seca) |
| Estadio principal 9. Senescencia | |
| 97 | Plantas, muertas y secas |
| 99 | Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de post-cosecha) |

2.4 Bibliografía

Arveja. (15 de marzo de 2019) Arveja [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/arveja.htm

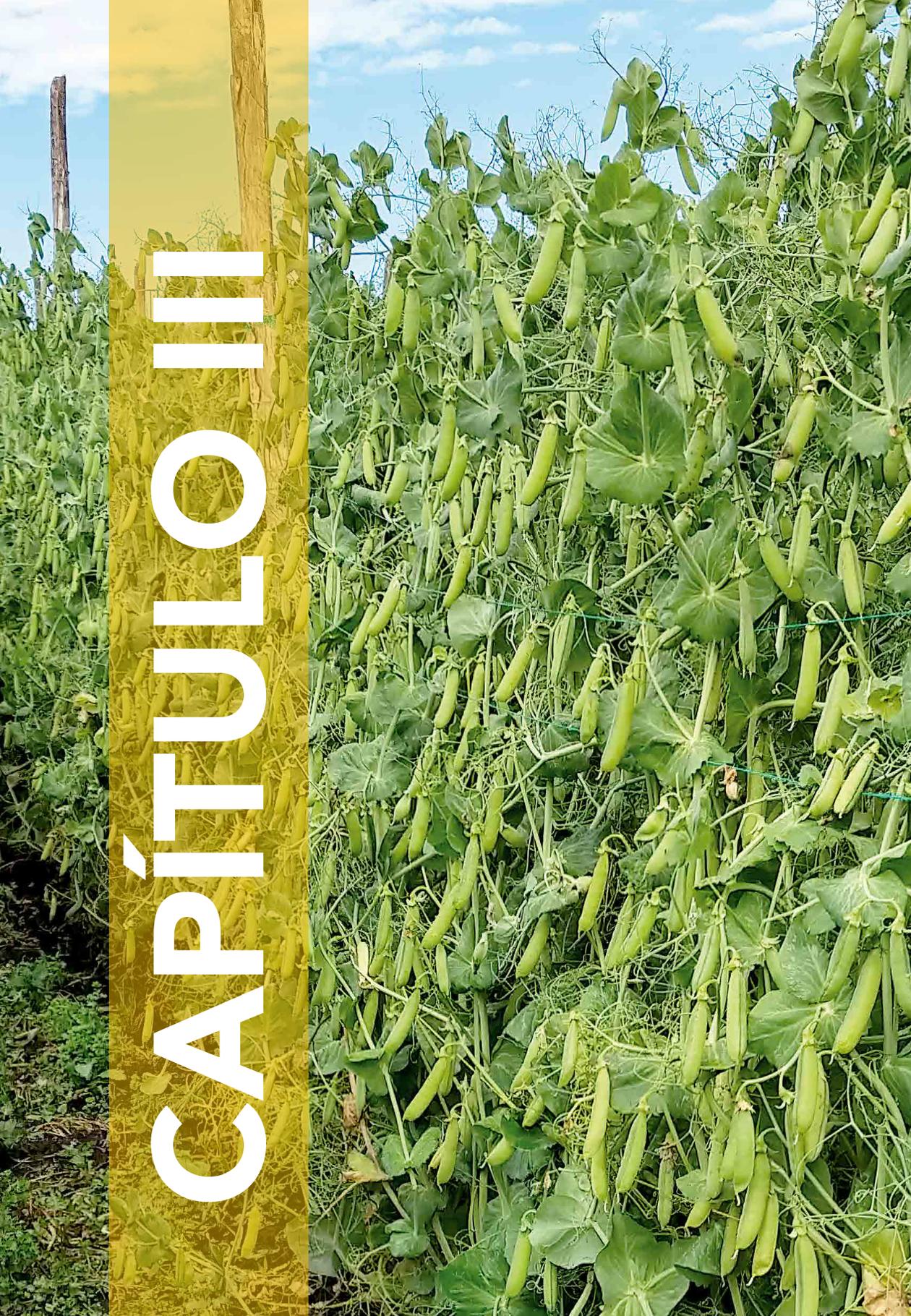
Buitrago, J., Duarte, C., y Sarmiento, A. (Ed.). (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá, Colombia: Produmedios.



- Checa, Ó., Rodríguez, M., Xingbo, W., Blair, M.W. (2020). Introgression of the Afla Gene into Climbing Garden Pea (*Pisum sativum*). *Agronomy*, 10(10), 1537, 1-14. doi: 10.3390/agronomy10101537
- Davies, D. (1977). Restructuring the pea plant. *Sci. Prog., Oxf*, 64, (254), 201–214. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/43420411?seq=1>
- Enz, M. y Dachler, Ch. (1998). *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida*. Recuperado de https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/pdf_1_files/services_files/des carga.pdf
- Faiguenbaum, H. (1990). *Morfología, crecimiento y desarrollo de la arveja (Pisum sativum L.)*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/arveja/bibliogr.htm
- Gritton, E. T. (1986). Pea Breeding. In: Basset, M. J. (Ed.), *Breeding Vegetable Crops* (pp. 283–319). Westport, Connecticut: Avi Publishing Company.
- Hedley, C., y Ambrose, M. (1981). Designing “leafless” plants for improving yields of the dried pea crop. *Advances in Agronomy*, 34, 225–277.
- Meier, U. (2018). *Etapas de desarrollo de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas BBCH Monografía*. Doi: 10.5073/20180906-075743
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas: (12 de febrero de 2019) *Pisum sativum*. [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/pisum-sativum>
- Sanz, M., Caminero, A., Jing, C., Flavell, R., y Perez de la Vega, M. (2011). Genetic diversity among Spanish pea (*Pisum sativum* L.) landraces, pea cultivars and the World *Pisum* sp. core collection assessed by retrotransposon-based insertion polymorphisms (RBIP). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(1), 165-178. doi: 10.5424/sjar/20110901-214-10.
- Vershinin, A., Alnutt, T., Knox, M., Ambrose M., y Ellis, T. (2003). Los elementos transponibles revelan el impacto de la introgresión, en lugar de la transposición, en la diversidad, evolución y domesticación de *Pisum*. *Mol. Biol. Evol.* 20, 2067-2075.



CAPITULO III



CAPÍTULO III

RECURSOS GENÉTICOS Y VARIEDADES





CAPÍTULO III

RECURSOS GENÉTICOS Y VARIEDADES

3.1 Recursos genéticos

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una de las plantas cultivadas más antiguas, aunque también se encuentran arvejas silvestres en Afganistán, Irán y Etiopía (Espósito et al., 2007). La diversidad genética en arveja es amplia (Bhuvaneswari et al., 2017; Gupta et al., 2017), conservándose en bancos de genes. Existen 72.000 accesiones de arveja que son preservadas en 25 grandes colecciones y 27.000 hacen parte de 146 colecciones que incluyen varios parientes silvestres (Smykal, 2014; Smykal et al., 2011, 2013; Trněný et al., 2018).

Actualmente se reconocen tres especies de este género, *Pisum sativum* L., *Pisum fulvum* y *Pisum abyssinicum*. *Pisum sativum* L. se extiende desde Irán y Turkmenistán a través del Asia anterior, norte de África y sur de Europa. *Pisum fulvum* es encontrada en Jordania, Siria, Líbano e Israel. *Pisum abyssinicum* se ubica en Yemen y Etiopía. Las investigaciones sugieren que *P. sativum* y *P. fulvum* fueron domesticadas en el cercano oriente hace cerca de 11.000 años probablemente de *Pisum humile* también conocida como *Pisum sativum* subsp. *Eliantius*, mientras que *P. abyssinicum* fue desarrollada a partir de *P. sativum* independientemente en el viejo y medio



imperio egipcio hace 4000 a 5000 años (Hirst, 2019). Existe una fuente importante de diversidad que corresponde a las formas primitivas que han evolucionado desde aproximadamente 400 años en América del Sur, lejos de su lugar de origen, formas que han sido sujetas a cambios de frecuencia génica por la selección natural, migraciones, mutaciones o subpoblaciones (Blixt, 1970). Otras fuentes de diversidad en arveja son las variedades mejoradas liberadas y cultivadas en distintas zonas productoras del mundo.

Los avances tecnológicos y científicos, permiten al fitomejoramiento hacer un mayor uso de la variabilidad genética y mediante procesos de caracterización fenotípica y molecular, se agrupan los genotipos por características comunes y se definen distancias genéticas entre las accesiones. De esta forma los mejoradores pueden elegir progenitores suficientemente distanciados, para lograr nuevas recombinaciones y transgresiones genéticas positivas, de acuerdo con los objetivos y las características que se desean mejorar. Hoy en día, el uso de marcadores moleculares se considera más apropiado para definir la variación genética de un germoplasma, debido a que los mismos no son influenciados por factores ambientales (Nasiri et al., 2009; Nisar et al., 2017; Tar'an et al., 2005; Tatikonda et al., 2009).

En los bancos de germoplasma pueden estar las soluciones a las diferentes limitantes de la producción desde el punto de vista genético, siendo posible encontrar en ellos la resistencia a factores bióticos como las enfermedades, abióticos como la resistencia a factores edáficos adversos y la capacidad de adaptación al cambio climático, entre otros.

En Colombia el germoplasma de arveja fue conformado por el Instituto Colombiano Agropecuario en las décadas del 70 y 80 a partir de variedades regionales, variedades mejoradas y genotipos procedentes de diferentes países. Este banco contaba con 324 accesiones y fue luego entregado a CORPOICA en la década del 90, cuando las responsabilidades de investigación agropecuaria pasaron del ICA a CORPOICA.



En el año 2007, la Universidad de Nariño recibió de CORPOICA como donación con fines de investigación, 96 accesiones del germoplasma de arveja, el cual fue enriquecido con líneas del programa de mejoramiento de la Universidad Nacional con sede en Bogotá y líneas del grupo de investigación GRICAND de la Universidad de Nariño para conformar una colección de 150 accesiones. El germoplasma de arveja arbustiva perteneciente a esta colección integrado por 40 accesiones fue caracterizado morfológicamente utilizando los descriptores propuestos para esta especie por la European Union Community Plant Variety Office (2003). En dichos descriptores las variables cuantitativas hacen referencia a, peso de semillas por planta, número de granos por vaina, ancho y largo de vaina, longitud de vaina, días a floración, días a cosecha verde y en seco, número de folíolos, ancho y largo de estipula, largo de estipula, ancho y largo de folíolo, largo de entrenudos, longitud de pedúnculo en rama principal y en rama secundaria, mientras que las variables cualitativas corresponden a grado y tipo de curvatura de la vaina, color del grano, superficie del grano, color de hilio, tipo de estipulas, forma del pigmento en hoja, color de la flor, existiendo dentro de cada una de ellas diferentes categorías.

Este proceso de caracterización de la arveja arbustiva de la colección de la Universidad de Nariño, se realizó aplicando los métodos multivariados de Análisis de Componentes Principales, Análisis de Correspondencias Múltiples y clasificación jerárquica usando en criterio de Ward. En general los rasgos que más aportaron a la variabilidad del germoplasma caracterizado fueron peso de la semilla, ancho de estipula, ancho y largo de folíolo, número de folíolos, tamaño de pedúnculo en rama principal y rama secundaria, la reacción a enfermedades foliares, tipo de hoja normal o con ausencia de folíolos (gen afila), grado de curvatura de la vaina, color de grano y forma de grano y color de hilio; (Rosero y Checa, 2021) (Figura 2).





Figura 2. Muestra de la variabilidad en color, tamaño y forma de los granos presentes en el germoplasma de arveja (*Pisum sativum* L.) en Colombia.

3.2 Variedades

En Colombia el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) se hizo inicialmente con variedades regionales como Piquinegra, Gorriona, Sarda y Blanquilla, las cuales presentaban deficiencias en diferentes aspectos como tamaño pequeño de sus vainas, bajo peso de sus granos en seco que no superaba los 25 g en 100 semillas, susceptibilidad a las enfermedades foliares añublo o tizón (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colletotrichum pisi*), Oídio (*Erysiphe* sp.) y a pudriciones de raíz especialmente las causadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi.

En las décadas de 1960 y 1970 se entregó a los agricultores las variedades mejoradas Diacol Caldas, ICA Bojacá, ICA Teusacá y Guatecana. En la década de 1990 se lanzó la variedad ICA Tominé con buena respuesta en el centro del país (Ligarreto y Ospina, 2009). Estas variedades fueron liberadas para las zonas productoras de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, pero no tuvieron adaptación favorable en Nariño. La obtención y entrega de



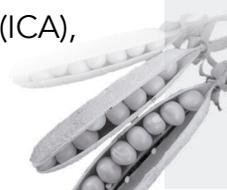
variedades mejoradas para el departamento de Nariño, se inició en 1995 con la liberación de la variedad ICA CORPOICA Sindamano, luego entre los años 2000 y 2003 se entregaron las variedades Andina y San Isidro, y para el año 2012 se generaron las variedades Sureña y Alcalá (Checa, 1995; ICA, 1996, 2006a, 2006b, 2012a, 2012b). En el año 2019 la Universidad de Nariño obtiene las primeras variedades volubles con gen Afila, denominadas UDENAR Afila, UDENAR Crespa y UDENAR Rizada (ICA, 2019a, 2019b, 2019c).

Este proceso de mejoramiento y la oferta varietal, ha representado grandes avances en la producción de arveja de Nariño, llegando a ser el primer productor de esta leguminosa en el país. La descripción de las variedades mejoradas de arveja obtenidas para el departamento de Nariño y su proceso de obtención se describen a continuación.

3.2.1 ICA CORPOICA Sindamano primera variedad de arveja mejorada para Nariño

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en Nariño tuvo a su cargo el Centro de Investigación ubicado en el corregimiento de Obonuco a 2710 msnm, con una temperatura de 13°C y una precipitación promedia anual de 840 mm, perteneciente a la formación ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo. Las investigaciones estaban dirigidas a resolver las principales limitantes de la producción agropecuaria de la zona andina del departamento de Nariño. Se trabajó en los cultivos de trigo, cebada, papa, maíz, fríjol, hortalizas y arreglos en cultivos múltiples, en las áreas de fitomejoramiento, suelos, fitopatología, entomología, fisiología vegetal y economía agrícola. En 1987 la dirección nacional del programa de hortalizas del ICA, asignó al ICA Obonuco la responsabilidad de realizar investigación en arveja (*Pisum sativum* L.) para el departamento de Nariño.

El mejoramiento genético de la arveja, se inició en Nariño hacia el año de 1987 en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA),





mediante el proyecto titulado “Obtención de variedades de leguminosas comestibles”, que tenía como objetivo la obtención de variedades altamente productivas, con resistencia a enfermedades foliares y aptitud para consumo en fresco y para la industria. Para iniciar el proyecto se recibieron del programa de hortalizas de ICA Tibaitatá, 33 líneas de arveja en generación F4, las cuales se avanzaron y se uniformizaron por selección masal en las generaciones F4, F5, F6 y F7, logrando seleccionar las 20 mejores que fueron llevadas a pruebas regionales en zonas trigueras y cebaderas de Nariño. La evaluación agronómica de las líneas en diferentes localidades de la zona andina de Nariño, fue realizada inicialmente por el ICA y continuada por CORPOICA con el apoyo de FENALCE.

Para 1993 se seleccionó a la Línea L155 como la de mejor respuesta para la zona cerealista de Nariño. A finales de ese mismo año, CORPOICA inició actividades y las responsabilidades de investigación agropecuaria que tenía el ICA pasaron a CORPOICA, en consecuencia, la investigación en mejoramiento genético de arveja que inició en el ICA continuó en esta nueva corporación.

En el año 1995 se hizo el lanzamiento y entrega a los agricultores de la línea L155 como variedad mejorada de arveja para el departamento de Nariño (Checa, 1995). Para su nominación, se seleccionó el vocablo nariñense Sindamanoy ampliamente conocido en el departamento y en la región, cuyo significado es Refugio del sol.

Teniendo en cuenta que los trabajos de mejoramiento que dieron origen a la nueva variedad, se iniciaron en el ICA y se terminaron en CORPOICA, en el nombre se incluyó a las dos entidades quedando identificada como “ICA CORPOICA Sindamanoy”, la cual fue inscrita en el ICA en el año siguiente (ICA, 1996).

La variedad ICA CORPOICA Sindamanoy es de hábito de crecimiento voluble, similar a las de uso común en Nariño, con una altura que en sistemas al voleo y en surcos sin tutor alcanza los 85 cm y en sistemas tutorados oscila entre 2 y 2.5 m.



Entre las características que diferencian a la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy, en relación con las variedades Santa Isabel, Piquinegra y Gorriona, se pueden destacar: la precocidad, logrando reducir el tiempo de la cosecha en verde a 28 días y el tiempo de la cosecha en seco a 33 días; el número de granos por vaina entre 6 y 9 (mientras que las regionales tienen entre 5 y 8); mayor tamaño de vainas, reacción moderadamente resistente a *Ascochyta pisi* y a *Colletotrichum pisi* (Checa, 1995). Presenta un peso promedio de 100 semillas de 33 gramos, mientras que las regionales Piquinegra y Gorriona alcanzan solo 25 gramos.

Una de las características que identifica a la variedad Ica Corpoica Sindamanoy, es el color de grano en seco que es verde con hiliun blanco, contrastando con las variedades Piquinegra de color crema hiliun negro, Santa Isabel de color crema oscuro hiliun negro y Gorriona de color morado jaspeado. Además, de acuerdo con el registro ante el ICA mediante inscripción N°. 6, de 15 de mayo de 1996 (ICA, 1996), en rendimiento en vaina verde, la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy con 6.7 t.ha^{-1} , se diferencia de las variedades regionales ya mencionadas, cuyos promedios están entre 3.5 y 4 t.ha^{-1} . Las características de esta variedad se resumen en la Tabla 3.





Tabla 3. Características de la variedad mejorada de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy.

| Características | Especificaciones |
|---|--|
| Nombre de la variedad | ICA CORPOICA Sindamanoy |
| Nombre experimental | Línea L-155 |
| Genealogía | Padres desconocidos Ica L155 M (10P) - MB- M(5P) – M |
| Creador | ICA, CORPOICA y FENALCE |
| Especialistas | Oscar Checa Coral - CORPOICA Jaime Benavides - FENALCE |
| Adaptación | Región Andina, Subregión Natural Altiplano de Nariño Altitud 2400 a 2900 msnm |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado |
| Color de flor | Blanco |
| Largo de vaina | 6 a 8 cm |
| Número de granos por vaina | 6 a 9 |
| Rendimiento experimental | 6.700 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde 1.600 Kg.ha ⁻¹ en grano seco |
| Periodo vegetativo | 105 - 120 días para cosecha en verde 130 - 150 días para cosecha en seco |
| Características de la semilla | Color: verde Color del hilum: blanco Tamaño: 8 mm de diámetro Forma: redonda, lisa y grande Peso de 100 semillas: 33 g |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis (<i>Colletotrichum pisi</i>) Moderadamente resistente Tizón o añublo (<i>Ascochyta pisi</i>) Moderadamente resistente Amarillamiento (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. pisi) Susceptible |



Es importante destacar que, el sistema de producción de arveja en Nariño durante la época de generación de esta primera variedad mejorada, fue al voleo y en surcos sin tutor. Además, la línea L155 denominada luego ICA CORPOICA Sindamanoy, se mostró perfectamente competitiva en dichos sistemas, no obstante, su potencial productivo fue superior en los sistemas tutorados, propuestos como una interesante innovación tecnológica que acompañaba a esta línea para su entrega como nueva variedad. En las Figuras 3 y 4 se observan algunas características que identifican a la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy.



Figura 3. Características del tipo de planta de la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy.





Figura 4. Características de vaina en fresco y del grano seco de color verde con hiliium blanco en la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy

3.2.1.1 Adopción de la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy y de los sistemas tutorados

Uno de los retos que se planteó con el lanzamiento de la variedad ICA CORPOICA Sindamanoy, fue la implementación de los sistemas de siembra tutorados que no se usaban en la región. La variedad Sindamanoy había mostrado gran potencial productivo en sistemas tutorados, alcanzando rendimientos en vaina verde de 6.7 t.ha^{-1} en comparación con las 3.5 t.ha^{-1} que se obtenían con las variedades regionales y en sistemas sin tutor. Los sistemas tutorados para arveja fueron la solución al problema derivado de las siembras al voleo o en surcos no tutorados que, en épocas de invierno cuando el cultivo está en la etapa de llenado de grano producen el acame de las plantas, permitiendo que las vainas entren en contacto con el suelo, llenándose de manchas causada por *Ascochyta pisi* y antracnosis (*Colletorichum pisi*), con el correspondiente deterioro en la calidad y el rendimiento del producto final.



En el mercado de Santa Elena en Cali, el precio de la arveja de Nariño producida sin tutor, en épocas húmedas y con muchas vainas afectadas por los patógenos antes mencionados, alcanzaba antes del año 1995 solo la tercera parte del valor pagado a la arveja que procedía de Cundinamarca y Boyacá, en donde se usaban los sistemas tutorados que garantizan mayor calidad del producto. Sin embargo, la implementación de los sistemas tutorados para la nueva variedad en Nariño, no era muy simple, principalmente por los costos que demandaba la colocación de los tutores de madera, el hilo y la mano de obra para su instalación.

En los años 90, tiempos de la apertura económica, el gobierno colombiano decidió importar el trigo y la cebada porque resultaba más barato importarlos que producirlos en el país. Ante este hecho surgieron protestas de parte de los cerealistas de Nariño, sobre las que el Ministerio de Agricultura manifestó que el interés de 30.000 familias trigueras y cebaderas de Nariño, no era el interés de 30 millones de colombianos. En consecuencia, se desestimuló la producción de estos cereales en Colombia, quedando los cerealistas nariñenses sin alternativa productiva (Checa, 2016).

En la búsqueda de nuevas opciones productivas para los cerealistas del país, Bavaria a través de CORPOCEBADA, se encargó de identificar avances tecnológicos en otras especies cultivadas. Esta situación coincide con el lanzamiento en 1995 en Nariño, de la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy. Se consideró que esta nueva variedad, podía ser una alternativa de sustitución de la siembra de cereales en algunas áreas de Nariño, pero para lograr rendimientos competitivos y alta calidad era necesario realizar el tutorado de las plantas. Los agricultores se mostraron escépticos ante esta posibilidad, argumentando que no tenían capacidad económica para implementar los sistemas de tutorado y que tampoco tenían seguridad de la negociación del producto, a un precio que justifique la inversión y que genere una rentabilidad aceptable.





En 1996, CORPOCEBADA apoyó económicamente los procesos de adopción tecnológica de la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy, ofreciendo a los productores de cereales de Nariño, préstamos para su siembra en sistemas tutorados. CORPOICA multiplicó la semilla y capacitó a los asistentes técnicos, mientras que FENALCE, hizo lo propio con sus agrónomos y se encargó de la asistencia técnica para la implementación de sistemas de tutorado en arveja y para el manejo agronómico de la nueva variedad. Se hizo un primer intento productivo con 13 agricultores pertenecientes a la vereda Urbano del municipio de Iles (Nariño). Los agricultores lograron excelentes cosechas con rendimientos superiores a 6.5 t.ha^{-1} . Los costos de producción ascendieron a \$ 1.500.000 y la producción se vendió en \$ 6.500.000, alcanzando un ingreso neto por hectárea de \$ 5.000.000. Estos ingresos contrastan con los obtenidos con el trigo y la cebada que no superaban los \$ 400.000 por hectárea.

No obstante, las zonas cerealistas de Nariño, carecían de suficiente mano de obra para atender las continuas labores de tutorado y manejo agronómico de la arveja desde siembra hasta cosecha y presentaban baja capacidad económica para la inversión. La noticia de la rentabilidad de la arveja tutorada variedad Sindamanoy, tomó fuerza en la exprovincia de Obando y es en los municipios de Ipiales, Pupiales, Contadero, Gualmatán, Puerres, Córdoba, Potosí y Aldana en donde se logró la mayor adopción y los mejores nichos productivos para esta variedad, con rendimientos superiores a las 8 t.ha^{-1} en vaina verde. CORPOCEBADA garantizó la compra de la arveja Sindamanoy mediante la creación del Centro de acopio de arveja Yanalá, ubicado en la vereda del mismo nombre en el municipio de Ipiales.

En la actualidad, se utilizan los sistemas de tutorado en la mayor parte de los municipios donde se siembra arveja voluble, con un valor agregado que es el haber estimulado a los productores a la reforestación de áreas deterioradas o no dedicadas a la agricultura,



con la siembra de árboles de eucalipto, que constituyen la fuente de aprovisionamiento de los tutores y para algunos un sistema económico adicional.

Inicialmente, la comercialización de la variedad de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy, no fue fácil. El primer envío al mercado de Santa Elena en Cali, no fue bien recibido por los intermediarios quienes ofrecieron pagar la mitad del precio de este producto. Esto se debe a que los intermediarios no les interesan las bondades del producto, únicamente buscan encontrar un pretexto para pagar más barato por el mismo (Checa, 2016). Con el fin de evitar la barrera del intermediario, se destinaron recursos aportados por CORPOCEBADA para realizar campañas promocionales de la nueva variedad (Sindamanoy) en los supermercados de cadena en Cali, ofreciendo degustación a las amas de casa quienes descubrieron las bondades de la arveja.

Posteriormente, aparecieron los empresarios desgranadores de arveja del Valle del Cauca, quienes tenían un problema con las variedades Santa Isabel y Piquinegra, las cuales no duraban mucho tiempo frescas desgranadas en el supermercado, porque a los cinco días se empezaba a observar una oxidación del grano, que se hacía evidente, por el cambio del color verde al crema o amarillo propio de estas variedades en seco. El producto que en los supermercados no se vendía pronto hasta el inicio de la oxidación del grano, era devuelto a los desgranadores quienes asumían esas pérdidas. Ese tipo de problema no se presentó en la variedad Sindamanoy porque al tener grano verde en seco no sufre un proceso de oxidación en mostrador, alcanzando a venderse en su totalidad sin los rechazos que se presentaban en las otras variedades.

Los empresarios desgranadores observaron estas ventajas e comenzaron a hacer grandes pedidos al centro de acopio Yanalá. Los intermediarios al conocer las bondades de la variedad Sindamanoy, por parte de los desgranadores y los supermercados de cadena, estuvieron dispuestos a pagar más por la misma; El centro





de acopio de Yanalá logró la aceptación del producto en los supermercados afiliados a Cadenalco en el Valle del Cauca.

La variedad Sindamanoy, abrió la puerta para el ingreso al mercado en fresco de variedades volubles que tienen como una de sus características el tipo de grano, que en seco es verde liso con hiliium blanco, por lo tanto, es diferente a las variedades regionales Piquinegra y Santa Isabel, cuyo grano en seco es crema con hiliium negro (Checa, 2016).

3.2.2. Variedad Obonuco San Isidro

El mejoramiento genético de arveja (*Pisum sativum* L.) en Nariño, inició en el ICA en 1987 y continuó en CORPOICA desde finales de 1993 recibiendo apoyo de la Universidad de Nariño en los años 1997 y 1998. El origen genético de la variedad Obonuco San Isidro corresponde al cruzamiento entre las líneas L1724 x L48 realizado en el año 1992 en el Centro de Investigación ICA Obonuco en Nariño. Estas líneas hicieron parte del bloque de cruzamientos que incluyó diferentes genotipos con características deseables como alta capacidad de carga, sanidad, buen tamaño y calidad de vaina y grano, entre otras. La línea L1724 aportó las características de tamaño de vaina y grano, así como la resistencia a las enfermedades foliares antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y tizón o añublo (*Ascochyta pisi*), mientras que L48 tenía como característica la prolificidad con un abundante número de vainas por planta. Los cruzamientos realizados permitieron la obtención de la primera generación filial F1 y su autofecundación condujo a la obtención de la generación F2 a partir de la cual, el manejo de las poblaciones segregantes se hizo utilizando el método genealógico o pedigrí.

En 1998 CORPOICA y la Universidad de Nariño llevaron a cabo las primeras pruebas regionales en la zona cerealista de Nariño, que permitieron la selección de la línea OBO-AR-008 por su alto rendimiento y calidad de vaina y grano para consumo en fresco. En los años 1999 y 2000 se realizaron nuevas pruebas de eficien-



cia agronómica que fueron inscritas ante el ICA y llevadas a cabo en los municipios cerealistas. Estas pruebas confirmaron el buen desempeño de la línea OBO-AR-008, así como su adaptabilidad y estabilidad en los municipios trigueros de Nariño.

La Línea OBO-AR-008 se denominó Obonuco San Isidro y fue entregada a los agricultores a principios de la década del 2000, como una alternativa productiva, para los municipios cerealistas Guaitarilla, Imues, Yacuanquer y Tangua con alturas entre 2600 y 2900 msnm. Se entregó con un rendimiento en vaina verde promedio de 3.510 Kg.ha⁻¹ y 1.120 Kg.ha⁻¹ en grano seco. No obstante, estos municipios con presencia de suelos deteriorados por los procesos excesivos de labranza para anteriores siembras de cereales, no favorecían la mejor expresión del potencial productivo de esta variedad.

Obonuco San Isidro encontró los mejores nichos productivos en los municipios del sur del departamento de Nariño pertenecientes a la exprovincia de Obando, observándose superior respuesta en Córdoba, Potosí y Puerres en donde se han alcanzado rendimientos en vaina verde mayores de 9 t.ha⁻¹. Entre las características presentadas al momento de su liberación se encuentran, la resistencia a antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y la moderada resistencia a tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y Oídio (*Erysiphe pisi*). Sin embargo y luego de la migración de esta variedad hacia los municipios del sur, se observó fuerte disminución en los niveles de resistencia a las enfermedades antes mencionadas, siendo necesaria la aplicación de productos protectantes para evitar la afección de estos patógenos en hojas, tallos y vainas especialmente en épocas húmedas.

El tipo de grano de Obonuco San Isidro es similar a la variedad Ica Corpoica Sindamanoy, mostrando un color verde liso en seco con hiliun blanco, con buena aceptación para el mercado en fresco y en seco. Mediante Resolución 002736 del registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA, se actualizó el registro de la variedad de arveja Obonuco San Isidro (ICA, 2006b). Las características más relevantes de esta variedad se presentan en la Figura 5 y en la Tabla 4.



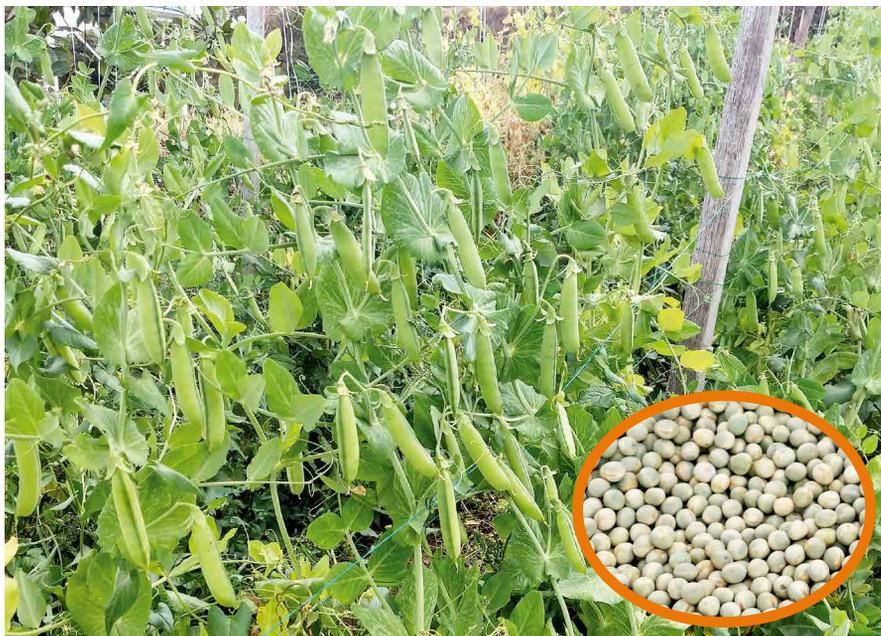


Figura 5. Características del tipo de planta y grano seco de la variedad Obonuco San Isidro.

Tabla 4. Características más relevantes de la variedad mejorada de arveja Obonuco San Isidro.

| Características | Especificaciones |
|---------------------------|---|
| Nombre de la variedad | Obonuco San Isidro |
| Registro No. | ARV-03-07 |
| Nombre experimental | OBO-AR-008 |
| Progenitores | Línea 1724 x Línea 48 |
| Metodología | Método genealógico o pedigrí |
| Creador | CORPOICA e ICA |
| Responsables del registro | CORPOICA, UDENAR- FACIA y FENALCE |
| Especialistas | Oscar Checa C. Ph.D - UDENAR Luis F. Campuzano D. Ph.D – CORPOICA Jaime Benavides P. M.Sc CORPOICA Bayardo Yepes Ch. I.A. CORPOICA |



| | | |
|---|--|---------------------------|
| Adaptación | Subregión Natural Andina, Departamento de Nariño, municipios de la zona de reconversión de trigo (Tangua, Imués, Yacuanquer y Guaitarilla) Altitud 2600 a 2900 msnm | |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado | |
| Color de flor | Blanco | |
| Largo de vaina (cm) | 7.0 a 9.6 | |
| Vainas por planta | 15 | |
| Número de granos por vaina | 4 - 8 | |
| Rendimiento experimental en la zona de reconversión triguera de Nariño | 3.510 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde 1.749 Kg.ha ⁻¹ en grano verde 1.120 Kg.ha ⁻¹ en grano seco | |
| Rendimiento en los municipios del sur de Nariño (Exprovincia de Obando) | 9.000 Kg.ha ⁻¹ | |
| Periodo vegetativo | Días a floración: 58 - 61 Días a cosecha en grano verde: 112 Días a cosecha engrano seco:140 - 147 | |
| Características de la semilla | Color: verde Color del hilium: blanco Forma: redonda y lisa Peso de 100 semillas: 41 g | |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis (<i>Colletotrichum pisi</i>) | Resistente |
| | Ascoquita (<i>Ascochyta pisi</i>) | Moderadamente resistente |
| | Marchitamiento (<i>Fusarium oxysporum</i>) | Moderadamente susceptible |
| | Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | Moderadamente resistente |





3.2.3 Variedad Obonuco Andina

La génesis de esta variedad mejorada, inicia en el mismo bloque de cruzamientos que dio origen a la variedad Obonuco San Isidro. El cruzamiento del cual procede la variedad Obonuco Andina es L48 x EEUU, por lo tanto, esta variedad comparte con la variedad San Isidro un progenitor que es la Línea L48, por lo tanto, las dos variedades tienen una relación familiar de medios hermanos. La línea L48 aportó la prolificidad al presentar alto número de vainas por planta y la línea EEUU los componentes de rendimiento deseables, relacionados con número de granos por vaina, tamaño y peso de grano y el tamaño de la vaina, además de reacción resistente a tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*) pero, presentaba muy bajo número de vainas por planta.

Igual que en la variedad San Isidro, en el proceso de obtención de la variedad Obonuco Andina, se utilizó el método genealógico o pedigrí para el manejo de las poblaciones segregantes a partir de la generación F2. Cuando las líneas obtenidas se mostraron uniformes fueron evaluadas en pruebas preliminares de rendimiento, seleccionando un grupo de ellas que fueron llevadas por CORPOICA y la Universidad de Nariño a pruebas regionales. Entre las líneas seleccionadas se encontraba OBO-AR-018, la cual posteriormente hizo parte de un grupo reducido de líneas que se sometieron a las pruebas de evaluación agronómica, inscritas ante el ICA y realizadas entre los años 2000 y 2001 en los municipios de la cuenca media del río Guáitara en Nariño. Finalmente, con base en los resultados de dichas pruebas, el ICA aprobó el registro de la línea OBO-AR-018 como nueva variedad mejorada bajo el nombre de Obonuco Andina (ICA, 2006a).

La variedad Obonuco Andina fue entregada a los productores en los primeros años de la década del 2000, como una nueva opción de producción para los municipios de la cuenca media del río Guáitara con alturas entre 2600 y 2900 msnm. El promedio de rendimiento en vaina verde fue de 6.6 t.ha⁻¹. Sin embargo, esta variedad logró



mejor expresión de su potencial genético en zonas altas del sur con influencia geográfica del centro y occidente del departamento de Nariño, siendo los municipios de Contadero, Ipiales, Gualmatán y Pupiales pertenecientes a la exprovincia de Obando, donde se han logrado los más altos rendimientos en vaina verde que superan las 10 t.ha⁻¹. En la figura 6 se observan características de la planta y la capacidad de carga de la variedad Obonuco Andina.

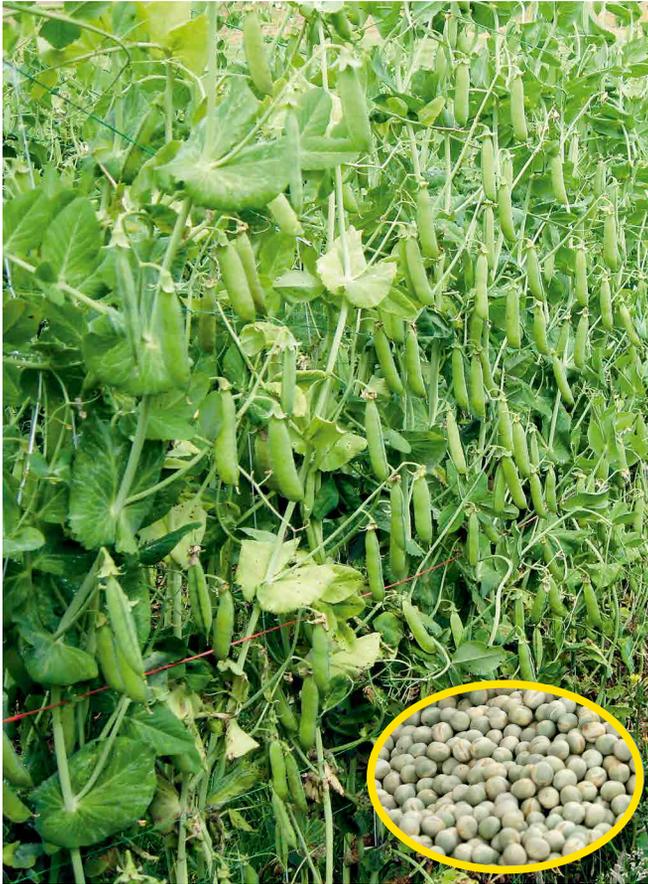


Figura 6. Tipo de planta y tipo de grano en seco de la variedad de arveja Obonuco Andina.

Para la época de su liberación o entrega, Obonuco Andina presentó resistencia a las enfermedades foliares tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y moderada resistencia a





Oídio o Cenicilla (*Erysiphe pisi*). Sin embargo, la reacción de resistencia no se mantuvo en los municipios de más alto rendimiento antes mencionados, siendo necesarias las aplicaciones de fungicidas protectores para evitar el daño sobre hojas, tallos y vainas y garantizar la calidad final del producto.

La variedad Obonuco Andina presenta características muy similares a la variedad Obonuco San Isidro, debido a que las dos tienen un progenitor común que es la línea L48, en consecuencia, se presentan dificultades para su diferenciación porque comparten varios rasgos fenotípicos como la arquitectura de la planta, su hábito de crecimiento indeterminado, coloración de la flor blanca, el color y forma del grano en fresco y en seco. No obstante, existen algunas diferencias en los promedios, el número de granos por vaina, largo de vaina en fresco y peso de 100 semillas. Mediante Resolución 002620 del registro Nacional de cultivares Comerciales del ICA se realizó el registro de la variedad de arveja Obonuco Andina (ICA, 2006a). Las características más sobresalientes de esta variedad se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Características más relevantes de la variedad mejorada de arveja Obonuco Andina.

| Características | Especificaciones |
|---------------------------|---|
| Nombre de la variedad | Obonuco Andina |
| Registro No. | ARV-06-08 |
| Nombre experimental | OBO-AR-018 |
| Progenitores | Línea 48 x Línea EE.UU |
| Metodología | Método genealógico o pedigrí |
| Creador | CORPOICA e ICA |
| Responsables del registro | CORPOICA, UDENAR- FACIA y FENALCE |
| Especialistas | Oscar Checa C. Ph.D - UDENAR Luis F. Campuzano D. Ph.D – CORPOICA Jaime Benavides P. M.Sc CORPOICA Bayardo Yepes Ch. I.A. CORPOICA |



| | |
|---|---|
| Adaptación | Subregión Natural Andina, Departamento de Nariño, municipios de la cuenca media del Río Guáitara Altitud 2600 a 2900 msnm |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado |
| Color de flor | Blanco |
| Largo de vaina (cm) | 7.4 |
| Vainas por planta | 19 |
| Número de granos por vaina | 6 |
| Rendimiento experimental en la zona de reconversión triguera de Nariño | 6.608 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde 3.436 Kg.ha ⁻¹ en grano verde 1.848 Kg.ha ⁻¹ en grano seco |
| Rendimiento en los municipios del sur de Nariño (Exprovincia de Obando) | 10.000 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde |
| Periodo vegetativo | Días a floración: 65 Días a cosecha en grano verde: 128 Días para cosecha en seco: 155 |
| Características de la semilla | Color: verde Color del hilium: blanco Forma: redonda y lisa Peso de 100 semillas: 38.7 g |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis (Colletotrichum pisi) Resistente Tizón o añublo (Ascochyta pisi) Resistente Oídio (Eysiphe pisi) Moderadamente resistente |





3.2.4 Variedades Sureña y Alcalá

En Nariño, las variedades mejoradas de arveja, Sindamanoy, San Isidro y Andina han sido ampliamente utilizadas por los agricultores. Sin embargo, se ha observado que estas variedades en las zonas más fértiles y de mayor producción, ubicadas al sur del departamento de Nariño, presentan un hábito de crecimiento agresivo con alturas de planta de hasta tres metros, lo cual dificulta el tutorado, encarece los costos de producción y predispone el ataque de patógenos foliares, cuando las plantas vencen las estructuras y los tallos se quiebran cayendo sobre el suelo.

En la búsqueda de nuevas opciones productivas, en el año 2007 el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño (GRICAND) logró la aprobación por parte del Ministerio de Agricultura del proyecto titulado "Evaluación y selección de líneas y variedades de arveja arbustiva y voluble para el departamento de Nariño". En dicho proyecto, se multiplicaron y evaluaron genotipos de arveja procedentes del banco de germoplasma que inicialmente organizó el ICA para esta especie y que posteriormente estuvo a cargo de su mantenimiento CORPOICA, quien cedió una copia a la Universidad de Nariño para dicha investigación. Así mismo participó la Universidad Nacional sede Bogotá, aportando líneas en generación F3, las cuales avanzaron y uniformizaron hasta la generación F6 en la Universidad de Nariño.

El proyecto inició con la evaluación de 123 líneas, realizando un proceso de selección preliminar por arquitectura de planta que permitió identificar líneas con porte más bajo que Andina y San Isidro para facilitar tutorados, pero con altos promedios en rendimiento y sus componentes. Aplicando una presión de selección del 16% se obtuvo un conjunto de 20 líneas que se probaron en diferentes ambientes de la zona andina de Nariño, para luego quedarse con un grupo de siete, entre las cuales estaban las dos que finalmente serían aprobadas e identificadas como Sureña y Alcalá. La descripción de las características de estas dos variedades y los detalles de su proceso de obtención, se presentan a continuación de manera individual.



3.2.4.1 Variedad Sureña

La variedad Sureña es una alternativa productiva para la zona andina del sur del departamento de Nariño, resultante de un proceso de selección participativa realizada entre docentes Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y agricultores cultivadores de arveja del Sur de Nariño, a partir de cruzamientos efectuados en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional sede Bogotá (ICA, 2012a). Entre las características sobresalientes de la variedad Sureña se encuentra la adaptación a la subregión andina, especialmente a los municipios de Ipiales, Pупiales Gualmatán, Potosí y Puerres en alturas entre 2200 y 2900 msnm.

La variedad Sureña presenta una altura de planta menor a la observada en las variedades Sindamanoy, San Isidro y Andina, sin embargo, sus rendimientos experimentales superan las 14 t.ha⁻¹ en vaina verde, además, muestra moderada resistencia a las enfermedades foliares tizón o añublo (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y Oídio o Cenicilla (*Erysiphe pisi*) y baja oxidación de grano, ver Figuras 7, 8 y 9.



Figura 7. Tipo de planta y capacidad de carga de la variedad de arveja Sureña en la etapa de llenado de grano.



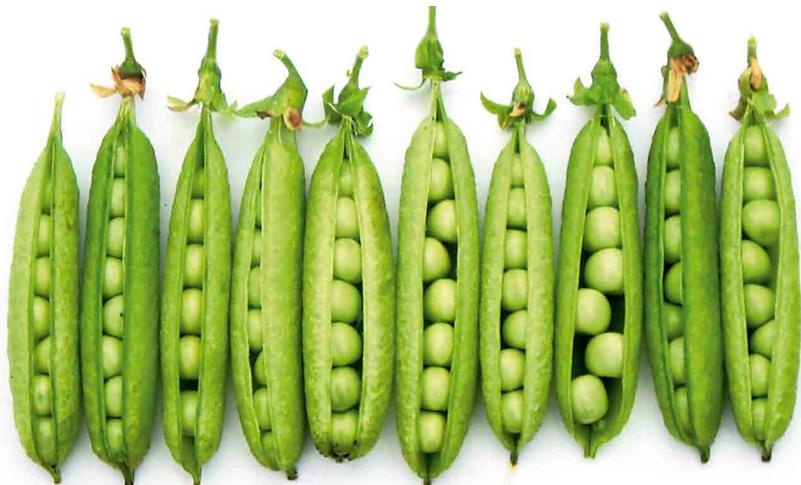


Figura 8. Características del tamaño y forma de la vaina en verde y el número de granos por vaina de la variedad de arveja Sureña.



Figura 9. Tipo de grano seco de la variedad de arveja Sureña caracterizado por su color verde levemente quemado con mancha crema junto al hilium blanco.

La genealogía de la variedad Sureña, corresponde al cruzamiento entre la variedad mejorada San Isidro y la variedad Santa Isabel realizado por la Universidad Nacional sede Bogotá, la cual entregó a la Universidad de Nariño en el año 2007 un amplio grupo de familias en generación F3. Entre los años 2007 y 2009, el grupo de investigación GRICAND de la Universidad de Nariño, realizó



el avance generacional hasta F6 aplicando el método de selección masal. Finalmente se derivaron líneas entre las que sobresalió UN7143-3. A partir del segundo semestre del 2009 y luego de una selección preliminar por sanidad, arquitectura de planta y rendimiento, se llevaron a pruebas regionales 20 líneas, las cuales se evaluaron en 10 ambientes del departamento de Nariño, ubicando los ensayos en los municipios de Gualmatán, Ipiales, Potosí, Pupiales y Puerres en los dos semestres del año.

Adicional a la evaluación efectuada por los docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas en los municipios mencionados, se realizó una evaluación participativa con diferentes grupos de agricultores de Fedeamor, permitiendo la selección de un conjunto de siete líneas con hábito de crecimiento indeterminado de porte más bajo que Sindamanoy, Obonuco Andina y Obonuco San Isidro, lo cual resolvía el problema del excesivo crecimiento de estas variedades en las zonas productoras más fértiles, en donde podían alcanzar hasta tres metros de altura. Además, estas líneas, presentaban alto rendimiento en vaina verde y excelente calidad para consumo el fresco. Las siete líneas entre las cuales se encontraba UN7143-3, se sometieron a pruebas de eficiencia Agronómica en cuatro municipios del sur del departamento de Nariño, confirmando el buen desempeño de UN7143-3 que finalmente fue aprobada por el ICA para ser entregada a los agricultores como nueva variedad mejorada. El nombre de la variedad se decidió teniendo en cuenta una solicitud expresa de los agricultores del municipio de Potosí (Nariño), quienes sugirieron llamarla Sureña porque identifica al sur de Nariño, donde se encuentran los municipios que participaron en el proyecto.

Mediante resolución No. 001249 del 10 de mayo del 2012, el ICA inscribió a la variedad Sureña en el Registro de Cultivares comerciales para producción y comercialización de semillas en Colombia (ICA, 2012a). Las características más relevantes de esta variedad se encuentran descritas en la Tabla 6.





Tabla 6. Características de la variedad mejorada de arveja Sureña

| Características | Especificaciones |
|-------------------------------|---|
| Nombre de la variedad | Sureña |
| Registro No. | ARV-12-10 |
| Nombre experimental | Línea UN7143-3 |
| Progenitores | Santa Isabel x San Isidro |
| Creador | UDENAR y UNAL DE COLOMBIA |
| Responsables del registro | UDENAR y UNAL DE COLOMBIA |
| Especialistas | Oscar Checa Coral. Ph.D - UDENAR Gustavo Ligarreto Moreno Ph.D - UNAL SEDE BOGOTÁ Tulio Lagos B. Ph.D UDENAR Carlos Betancourt G. Ph.D UDENAR Germán Arteaga M. M.Sc. UDENAR |
| Adaptación | Área fría para alturas mayores a 2200 msnm (Departamento de Nariño) |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado o voluble |
| Color de flor | Blanco |
| Largo de vaina (cm) | 8.49 |
| Vainas por planta | 53 |
| Número de granos por vaina | 6 |
| Rendimiento experimental | 14.990 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde |
| Periodo vegetativo | Días a floración: 65 Días a cosecha en grano verde: 125 Días para cosecha en seco: 147 |
| Características de la semilla | Color: verde con mancha crema junto al hilium Color del hilium: blanco Forma: ligeramente ovalada y lisa Peso de 100 semillas en verde: 68.06 g Peso de 100 semillas en seco: 47.56 g |



| | | |
|---|--|--------------------------|
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis | Moderadamente Resistente |
| | Tizón o añublo (<i>Ascochyta pisi</i>) | Moderadamente resistente |
| | Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | Moderadamente resistente |

3.2.4.2 Variedad Alcalá

La variedad Alcalá, es el resultado de la investigación realizada entre el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Esta variedad se destaca por su adaptación a la subregión andina del departamento de Nariño, con altura entre 2500 y 2900 msnm. De igual manera, Alcalá presentó adaptación en los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá entre 2100 y 2800 msnm, con buena aceptación por los agricultores de esta región, por la similitud con la variedad de uso común Santa Isabel en el tipo de grano liso color crema en seco con hiliun negro, aunque en Santa Isabel se observa una sombra ligeramente marrón en el grano.

El color del follaje es verde con leve tendencia al amarillo, diferenciándose de las variedades Obonuco Andina, Obonuco San Isidro y Sureña que presentan un follaje de color verde azulado. La arquitectura de planta y porte de la misma facilita la implementación del sistema de tutorado, permitiéndole alcanzar rendimientos promedios en vaina verde de 12.9 t.ha⁻¹. Muestra moderada resistencia a las enfermedades foliares tizón o añublo (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colletotricum pisi*) y Oídio o Cenicilla (*Erysiphe pisi*). Presenta excelente tamaño de grano en vaina verde y en grano seco y alta uniformidad de maduración, pudiéndose cosechar en el primer pase el 80% de la producción total, ver Figuras 10,11 y 12.





Figura 10. Características de sanidad, tipo de planta, tipo de vaina y maduración uniforme de la variedad de arveja Alcalá.



Figura 11. Características de la vaina verde y el número de granos por vaina de la variedad de arveja Alcalá



Figura 12. Grano seco de la variedad de arveja Alcalá, caracterizado por la textura lisa y su color crema con hilum negro.

El origen genético de la variedad Alcalá corresponde a un cruzamiento múltiple en el que intervinieron como progenitores Santa Isabel, Australia26, Alemania23, New Season y San Isidro. Los cruzamientos se realizaron en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. El manejo de las poblaciones segregantes se hizo hasta F2 en la Universidad Nacional y a partir de la F3 en la Universidad de Nariño. Se utilizó el método de selección masal hasta llegar a la generación F6, a partir de la cual se generaron líneas seleccionando las 20 superiores por arquitectura de planta, sanidad y rendimiento, encontrándose entre ellas a la línea UN7325. En el año 2009, las líneas seleccionadas se llevaron a pruebas regionales en los municipios del sur de Nariño (Gualmatán, Ipiales, Potosí, Pupiales y Puerres) y en los municipios de los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá. Con base en los resultados de componentes de rendimiento, reacción a enfermedades, pruebas de adaptabilidad y teniendo en cuenta la opinión de los productores de la zona arvejera de Nariño, se seleccionó un grupo de siete líneas promisorias entre las cuales se encontraba la línea UN7325 caracterizada por su hábito voluble de porte intermedio, alto rendimiento y calidad del grano para consumo en verde y en seco.





En el año 2010 el grupo de siete líneas promisorias, se llevó a pruebas de evaluación agronómica inscritas ante el ICA. En estas pruebas se confirmó el buen desempeño de la línea UN7325, desde el punto de vista de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica, alto rendimiento en vaina verde, y favorable respuesta a las enfermedades foliares, características que permitieron su aprobación por parte del ICA como nueva variedad mejorada de arveja para Nariño y los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá. Entre el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional sede Bogotá, se seleccionó para esta nueva variedad el nombre de "ALCALÁ" que corresponde a un vocablo árabe que significa Fortaleza.

La variedad Alcalá fue inscrita por el ICA mediante resolución No. 002343 del 27 de julio del 2012, en el Registro de Cultivares comerciales para producción y comercialización de semillas en Colombia (ICA, 2012b). Las características más relevantes de esta variedad se encuentran descritas en la Tabla 7.

Tabla 7. Características de la variedad mejorada de arveja Alcalá.

| Características | Especificaciones |
|---------------------------|--|
| Nombre de la variedad | Alcalá |
| Registro No. | ARV-12-09 |
| Nombre experimental | Línea UN7325 |
| Progenitores | [(Australia 26 x Santa Isabel)/(Alemania 23 x Santa Isabel)] x [(New Season Fusarium x Santa Isabel)/ (San Isidro x Santa Isabel)] |
| Creador | UDENAR y UNAL DE COLOMBIA |
| Responsables del registro | UDENAR y UNAL DE COLOMBIA |



| | | |
|---|---|--------------------------|
| Especialistas | Gustavo Ligarreto Moreno Ph.D UNAL SEDE BOGOTÁ. Oscar Checa Coral. Ph.D - UDENAR Tulio Lagos B. Ph.D UDENAR Carlos Betancourt G. Ph.D UDENAR Germán Arteaga M. M.Sc. UDENAR | |
| Adaptación | Subregión Natural de Altiplanos de Cundinamarca y Boyacá (2100 y 2800 msnm) y Subregión Natural de Nariño (2500-2900 msnm) | |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado o voluble | |
| Color de flor | Blanco | |
| Largo de vaina (cm) | 7- 9.21 | |
| Vainas por planta | 41 | |
| Número de granos por vaina | 6 | |
| R e n d i m i e n t o experimental | 12.910 Kg ha ⁻¹ en vaina verde | |
| Periodo vegetativo | Días a floración: 65-76 Días a cosecha en grano verde: 125 Días para cosecha en seco: 143 | |
| Características de la semilla | Color: crema Color del hilium: negro Forma: redonda Peso de 100 semillas en verde: 70.44 g Peso de 100 semillas en seco: 45.56 g | |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis | Moderadamente Resistente |
| | Tizón o añublo (<i>Ascochyta pisi</i>) | Moderadamente Resistente |
| | Marchitamiento (<i>Fusarium oxysporum</i>) | Moderadamente Resistente |
| | Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | Moderadamente Resistente |





3.3. Variedades con Gen Afila

3.3.1. El Gen Afila

Se trata de un logro de la genética, es una mutación en virtud de la cual las plantas carecen casi de todo el follaje, únicamente conserva las estípulas que abrazan el tallo, mientras que las hojas laterales son remplazadas por numerosos zarcillos como se observa en la Figura 13; éstos permiten que las plantas se mantengan erectas y se apoyen entre sí hasta la cosecha, configurando una estructura abierta, con buena aireación, dando poca sombra a las vainas (Giacconi y Escafe, 1988).



Figura 13. Planta de arveja arbustiva con expresión del gen Afila (*af*) que reemplaza hojas laterales por zarcillos

Los genes responsables de la transformación de las hojas son el gen *af*, que modifica los folíolos en zarcillos, y el gen *st*, que disminuye el tamaño de la estípula. El gen *af* se encuentra en el primer cromosoma y es de tipo recesivo, la combinación homocigota recesiva *afaf* permite la manifestación fenotípica que da origen a las plantas con gen afila, como lo mencionan Mera et al. (1996) y Pantoja et al. (2014).



Los trabajos de mejoramiento que se centran en modificar las hojas por zarcillos, están relacionados con evaluaciones agronómicas que comparan genotipos de arveja con gen afila y los de follaje convencional. Según Cousin (1997), estos cambios morfológicos no están directamente correlacionados con la eficiencia fotosintética de la planta, puesto que no limitan el peso de las semillas ni el rendimiento. La disminución de folíolos que representan el órgano fotosintetizador principal en la mayoría de las plantas, no es limitante en la asimilación de luz, porque en su ausencia el resto de órganos realizan la fotosíntesis de manera más eficiente, entre ellos las estípulas que pueden tener amplia área foliar en arveja.

Al reducir el área foliar en un 40%, las variedades del gen Afila presentan mayor asimilación fotosintética de las vainas, puesto que se mejora la penetración de la luz a través del dosel y se reduce la competencia entre plantas que ocurre cuando hay demasiada producción de biomasa. Cote et al. (1992) afirman que los zarcillos jóvenes permiten obtener igual ganancia de carbono que una hoja joven de arveja, sin embargo, los procesos de producción de fotosintetizados pueden verse afectados en la etapa de madurez de los zarcillos, puesto que la actividad fotosintética disminuye en un 70%.

De igual forma, Hofer y Ellis (1998), explican que los genes responsables de la producción de flores no se encuentran relacionados con los que producen las hojas, por lo tanto, la reducción del área foliar no afecta la floración ni la capacidad de producir vainas, logrando igual o mayor productividad en los guisantes con gen afila en comparación con los cultivares convencionales. No obstante, Burstin et al. (2007) afirman que la productividad de las plantas Afila está influenciada por los genes *Le* y *af* que controlan la longitud de los entrenudos, el cambio entre las hojas y los zarcillos respectivamente, y están estrechamente relacionados con QTLs de los caracteres de contenido de proteínas en las semillas y rendimiento.

En la obtención de variedades de arveja mediante introducción del gen Afila, es importantes tener en cuenta que la variación genética





entre las líneas obtenidas a partir de la F2 de un retrocruzamiento (F2RCn), depende de la generación del retrocruzamiento (n), del número de plantas F1 cruzadas y del número de líneas derivadas de F2RCn (Cox, 1984). Las poblaciones de retrocruzamiento, permiten realizar mejoras que van incrementándose de manera progresiva, en una variedad élite adaptada utilizada como progenitor recurrente, al introducir un número relativamente pequeño de genes de un progenitor donante con algunas características que complementan las deficiencias de la variedad élite. Los retrocruces RC1 o RC2, pueden usarse para generar poblaciones segregantes que tienen una alta frecuencia de alelos y combinaciones de alelos de un progenitor recurrente adaptado (International Rice Research Institute, 2006). No obstante, existen variaciones dentro de las poblaciones segregantes que pueden aprovecharse en procesos de selección, especialmente en los primeros ciclos de retrocruzamiento como en la F2RC1, sin embargo, esas variaciones van desapareciendo o reduciéndose a medida que se avanza en los ciclos de retrocruzamiento.

En Colombia, hasta el año 2018, no existen reportes de variedades comerciales de arveja con gen Afila. Mientras que, en países como Holanda, España y Francia desde 1986, se han registrado como variedades comerciales genotipos con gen Afila tales como Ascona, Ballet, Cea, Elsa Amadeus, Charleston, Alex, Choque y Astuce que presentan rendimientos similares a las variedades de follaje convencional (Mera et al., 1996).

Para 1996, en Chile, se lanza la variedad de arveja con gen Afila Brisca INIA que proviene del cruzamiento entre Sel. Ind. PS210791 x F2 (Porta x Neuga), esta variedad presentó rendimiento estadísticamente similar a la variedad comercial Solara (Mera et al., 1996). Filigreen es una variedad Afila inglesa donante de materiales genéticos que se evaluaron en el trabajo "Correlaciones de rendimiento y componentes de rendimiento para Afila y hojas normales (*Pisum sativum* L.)" (Đorđević et al., 2004). Todas las variedades



antes mencionadas son de hábito de crecimiento arbustivo y no se han reportado aun variedades volubles con alturas de planta superiores a 1.6 m que presenten el gen Afila.

En la Colección de Trabajo del Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Universidad de Nariño, se encuentran genotipos tipo Afila, dentro de ellos están las líneas ILS3568 y ILS3575, proveniente de materiales arbustivos donados por CORPOICA La Selva. De igual forma, se cuenta con la variedad con gen Afila Dove de crecimiento determinado, obtenida en Francia por la empresa INRA, caracterizada por ser un guisante de invierno con tolerancia al frío, el cual tiene un rendimiento promedio de 2.6 t.ha⁻¹ en vaina verde con densidades de siembra altas de 90 semillas por m².

3.3.1.1. Obtención de variedades con Gen Afila para Nariño

Las variedades de arveja voluble con gen Afila en Nariño, son una respuesta del Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) a uno de los problemas manifestado por los productores de arveja en el sur del departamento, que hace referencia a la dificultad que se presenta en el proceso de tutorado que inicialmente es vertical, cuyos costos se incrementan a partir de la etapa de llenado de vaina, debido a que aumenta el peso de las plantas, las cuales se desprenden de los hilos que le sirven de tutor, postrándose sobre el suelo. Para evitar las pérdidas de la producción, el agricultor debe volver a amarrar o tutorar las plantas o en su defecto complementar el tutorado vertical inicial con un encanastillado, que se inicia a partir de los 40 cm de altura, para luego volverse a realizar con el crecimiento de las plantas cada 20 a 25 cm. Lo anterior representa un incremento en los costos por tutorado.

En la colección de trabajo de arveja del Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño (GRICAND) se identificaron genotipos con el gen recesivo Afila (*af*) cuya expre-





sión fenotípica es el cambio de las hojas laterales por zarcillos. Se consideró posible la introducción de esta característica en las variedades de arveja voluble, con lo cual las mismas plantas aportarían al proceso de tutorado, a través de la gran cantidad de zarcillos que harían que las plantas se agarren mejor de los hilos que sirve de tutor y de las plantas vecinas, haciendo posible una reducción en los costos por tutorado al reducir el doble tutorado (tutorado vertical + encanastillado o tutorado horizontal).

A partir del año 2008 el grupo GRICAND de la Universidad de Nariño, inició la ejecución del proyecto "Evaluación y selección de líneas y variedades de arveja para los municipios del sur del departamento de Nariño" aprobado y financiado por el Ministerio de Agricultura. En este proyecto se contempló como uno de sus objetivos, la introducción del gen recesivo Afila en variedades de arveja voluble usando el método de retrocruzamiento.

El método de retrocruzamiento convencional usado para introducción de un gen recesivo, necesita el doble del tiempo respecto al requerido para un gen dominante, porque debe avanzar hasta la generación F2 en cada ciclo de retrocruzamiento, para observar las plantas con la expresión del gen recesivo que se intenta introducir y sobre esas plantas efectuar el retrocruzamiento respectivo (Vallejo y Estrada, 2002).

Con el fin de reducir el tiempo necesario para la introducción del gen recesivo Afila, se realizó una modificación al método de retrocruzamiento convencional. Se consideró que era posible retrocruzar al padre recurrente a partir de la generación F1 en cada ciclo de retrocruzamiento, lo cual supone que el gen Afila está presente en las plantas heterocigotas (F1) aun cuando no se exprese. El esquema diseñado para modificar el método convencional se llamó Método de Retrocruzamiento Abreviado para introducción de un gen recesivo, (Checa, *et al.*, 2020) y en este proceso de obtención de variedades con gen afila, fue utilizado hasta la generación F2RC2 como se observa en la Figura 14.

| Generaciones | Genotipos | Recuperación del tipo parental esperada | Semestre |
|--------------------------------|--|---|------------|
| Cruzamiento | RP <i>AfAf</i> x DP <i>afaf</i> | | Semestre 1 |
| F1 | <i>Afaf</i> | 50% RP + 50% DP | Semestre 2 |
| RC ₁ | (<i>Afaf</i>) x (<i>AfAf</i>) | | |
| F ₁ RC ₁ | <i>AfAf</i> + <i>Afaf</i> | 75% RP + 25% DP | Semestre 3 |
| RC ₂ | (<i>AfAf</i> + <i>Afaf</i>) x (<i>AfAf</i>) | | |
| F ₁ RC ₂ | 4 <i>AfAf</i> + 2 <i>AfAf</i> + 2 <i>Afaf</i> | | Semestre 4 |
| F ₁ RC ₂ | (3 <i>AfAf</i> + 1 <i>Afaf</i>) ⊗ | 87.5% RP + 12.5 DP | |
| F ₂ RC ₂ | 3 (4 <i>AfAf</i>) + <i>AfAf</i> + 2 <i>Afaf</i> + <i>afaf</i> | | Semestre 5 |
| F ₂ RC ₂ | 15 <i>Af</i> _ : 1 <i>afaf</i> | | |

RP= Padre Recurrente; DP =Padre Donante; RC= Retrocruzamiento; ⊗= Autofecundación
Fuente: Checa, et al.,2020.

Figura 14. Método de retrocruzamiento abreviado para la introducción del gen recesivo Afila (*af*) con dos ciclos de retrocruzamiento (RC1 y RC2).

En la aplicación del método, se utilizaron como padres donantes del gen Afila a los genotipos ILS3575, ILS3568 y Dove y como padres recurrentes las variedades volubles Sindamanoy, Andina y San Isidro. El Método de Retrocruzamiento Abreviado, permitió inicialmente la obtención de la generación F2RC1, obteniéndose plantas con gen Afila que recuperaron el 75% de las características de las variedades comerciales volubles usadas como padres recurrentes, ver Figura 15.





Figura 15. Planta de arveja voluble introgresada con el gen recesivo Afila (af), característica que le permite un mejor agarre sobre los hilos que le sirven de tutor.

Aprovechando que en esta generación (F2RC1) existe un 25% de variaciones genéticas respecto al padre recurrente, resultantes del cruzamiento inicial, se seleccionaron las plantas con gen Afila y a partir de ellas se hizo avance generacional por selección masal, para finalmente obtener 33 líneas con gen Afila. En el proceso se buscó mejorar algunas características del padre recurrente, entre ellas la relación grano vaina y el porte de la planta.

De manera paralela y usando el Método de Retrocruzamiento Abreviado se obtuvo la generación F2RC2, ahorrando un año en el proceso respecto al método convencional descrito por Vallejo y Estrada (2002). En esta generación se recuperó el 87.5% de los rasgos de los padres recurrentes, sin embargo, el 12.5% de variación

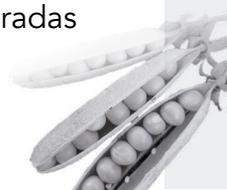


observable, permitió mediante un proceso adicional de selección masal identificar 10 líneas con gen Afila. Los criterios para la selección de las líneas fueron, la arquitectura de la planta voluble erecta, entrenudos cortos a intermedios, estípulas grandes, altura entre 1.5 y 2.50 m, eficiencia en carga y alto número de granos por vaina.

Por otra parte, también fue posible generar líneas a partir de los cruzamientos simples sin retrocruzamientos, realizados entre los padres con gen Afila (ILS3575, ILS3568 y Dove) y los padres volubles (Sindamanoy, Andina y San Isidro). Para tal fin en la generación F2 se seleccionaron masalmente todas las plantas volubles con gen Afila. En las generaciones F3 y F4 se aplicó el método de selección masal y en F5 se seleccionaron líneas Afila altamente uniformes.

Como consecuencia de todo el proceso que incluyó retrocruzamientos y cruzamientos simples, se obtuvo 90 líneas con gen Afila, las cuales se sometieron inicialmente a una primera evaluación por reacción a Oídio y rendimiento, cuyos resultados se publicaron en el artículo titulado “Resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja Afila (*Pisum sativum* L.)” (Checa y Rodríguez, 2015). En esta evaluación se encontró que 10% de las líneas fueron resistentes a Oídio (*Erysiphe polygoni*), 20% moderadamente resistentes, 60% moderadamente susceptibles y 10% susceptibles. Se seleccionaron 19 líneas con gen Afila que presentaron resistencia o moderada resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) para hacer una evaluación más detallada por rendimiento y sus componentes, encontrando que para rendimiento en vaina verde y en grano seco el 84,21% y el 68,43% de las líneas evaluadas, alcanzaron promedios similares a los dos testigos Andina y Sindamanoy.

En el año 2015 el grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño (GRICAND) inició la ejecución del proyecto titulado “Investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías. Uno de los objetivos de este proyecto fue obtener variedades mejoradas





de arveja con cambio de arquitectura de planta y tolerancia a enfermedades. Para cumplir este objetivo, se seleccionó un grupo de 20 líneas de arveja con gen Afila, integrado por las 19 líneas antes mencionadas que habían mostrado altos rendimientos y resistencia o tolerancia a Oídio (*Erysiphe pisi*), incluyendo además una línea con gen Afila que resultó de una selección individual realizada dentro de una línea F5RC1, caracterizada por su alto número de vainas y buen tamaño de grano.

Las 20 líneas y dos testigos comerciales (Andina y Sindamanoy), fueron probadas entre los años 2016 y 2017 para su adaptabilidad, estabilidad y rendimiento en cinco municipios del sur del departamento de Nariño identificados como Gualmatán, Ipiales, Potosí, Puerres y Pupiales, evaluando, además, sus componentes de rendimiento y su reacción a enfermedades foliares como tizón o añublo causado por *Ascochyta pisi* y Oídio (*Erysiphe pisi*). Los resultados permitieron seleccionar ocho líneas de arveja con gen Afila, que se presentaron ante el Instituto Colombiano agropecuario ICA para ser inscritas en pruebas de evaluación agronómica.

Las pruebas de evaluación agronómica se cumplieron en el año 2018 atendiendo las disposiciones del ICA, en cuatro localidades (Ipiales, Pupiales, Gualmatán y Puerres), con 10 tratamientos (ocho líneas de arveja voluble con gen Afila y los testigos Andina y Sindamanoy).

En cada localidad se estableció un diseño BCA y se hizo un análisis estadístico combinado para determinar la significancia de la interacción genotipo ambiente. Se evaluó el periodo vegetativo, la reacción a tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y Oídio (*Erysiphe pisi*), los componentes de rendimientos como número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de vaina y de grano en verde, peso de grano seco y rendimiento en vaina verde. Para esta última variable se realizó la prueba de adaptabilidad y estabilidad fenotípica propuesta por Eberhart y Russell (1966). Los resultados permitieron aprobar por el ICA tres nuevas variedades de arveja

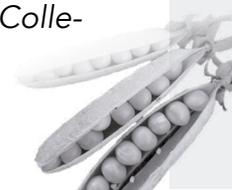


que corresponden a las líneas GRICAND GR2, GRICAND GR10 y GRICAND GR29, las cuales posteriormente fueron nominadas por el grupo de investigación como UDENAR Rizada, UDENAR Afila, y UDENAR Crespa respectivamente. Estas son las primeras variedades de arveja voluble con gen Afila en Colombia, las cuales se entregan para la zona productora de arveja del departamento de Nariño. A continuación, se presenta la descripción de las tres variedades Afila antes mencionadas.

3.4. Variedad UDENAR Afila

La variedad de arveja UDENAR Afila, es una nueva opción productiva para la zona andina del sur de Nariño, resultante de un proceso de fitomejoramiento adelantado por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Universidad de Nariño, para reducir el abundante follaje de las variedades regionales de difícil manejo, facilitando los procesos de tutorado, mediante la introducción del gen recesivo *afila* (*af*) en variedades de hábito de crecimiento voluble, permitiendo obtener plantas con estípulas grandes, sin hojas laterales presentando en su lugar abundantes zarcillos y por retrocruzamientos recuperar la capacidad productiva de los padres. La presencia del gen *afila*, genera en esta variedad un mejor agarre de la planta sobre los hilos que le sirven de tutor, reduciendo los problemas de acame o volcamiento.

UDENAR Afila, presenta adaptación a la Región Andina y Altiplano de Nariño en los municipios de Gualmatán, Pupiales, Puerres y Potosí, destacándose sobre las variedades comerciales en el municipio de Ipiales. En esas condiciones su producción puede alcanzar las 11.9 t.ha⁻¹ y por tener una arquitectura de planta menos agresiva, puede incrementar los rendimientos si se aumenta el número de plantas por hectárea, ver Figura 16. Por la misma razón, puede manejarse con solamente el tutorado vertical, sin reforzarse con el tutorado horizontal o viceversa, reduciendo la cantidad de fibra utilizada. Además, esta variedad presenta resistencia a enfermedades foliares como ascoquita (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colle-*





totrichum pisi) y Oídio (*Erysiphe pisi*). Su tipo de vaina y grano en verde y seco es muy similar a Sindamanoy, por lo tanto, presenta excelente aceptación en el mercado.



Figura 16. Variedad de arveja UDENAR Afila con incremento en la densidad de población y usando tutorado vertical.

El origen genético de la variedad UDENAR Afila, corresponde al cruzamiento entre la variedad Sindamanoy (padre recurrente) y la línea ILS3575 (padre donante), obteniéndose la generación F1, la cual se retrocruzó con Sindamanoy (padre recurrente) para obtener la generación F1RC1. En la generación F2RC1, mediante selección masal se seleccionaron las plantas volubles que presentaron la expresión del gen Afila. En la generación F3RC1 se realizaron selecciones individuales y en las generaciones F4RC1 y F5RC1 se aplicó selección masal. Finalmente, se seleccionaron líneas superiores promisorias entre las que se encontraba UDENAR GRICAND GR10.

Esta línea fue evaluada por resistencia a Oídio (*Erysiphe pisi*) y rendimiento, junto con un gran grupo de líneas de diferente procedencia, quedando seleccionada entre las de mejor desempeño. Posteriormente, fue llevada a pruebas regionales en los municipios de Gualmatán, Ipiales, Puerres, Pupiales y Potosí, ubicados al sur



del departamento de Nariño, en donde se evaluaron 20 líneas para seleccionar las 8 superiores que, finalmente, se inscribieron ante el ICA para las pruebas de evaluación agronómica.

En el año 2018, se realizaron dichas pruebas en cuatro de los cinco municipios de Nariño antes mencionados (Gualmatán, Ipiales, Puerres y Pupiales). Las variables evaluadas correspondieron a periodo vegetativo, reacción a enfermedades foliares, componentes de rendimiento y rendimiento en vaina verde. Los datos se sometieron al análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica. Los resultados permitieron la selección y aprobación por parte del ICA, de la línea UDENAR GRICAND GR10 como nueva variedad mejorada de arveja para el departamento de Nariño, siendo nominada como UDENAR Afila y aprobada mediante Resolución N°. 00018426 del 17/11/2019 (ICA, 2019a). Las características de esta variedad se observan en la tabla 8 y las figuras 17 y 18.

Tabla 8. Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Afila.

| Características | Especificaciones |
|---------------------------|---|
| Nombre de la variedad | UDENAR Afila |
| Registro No. | ARV-19-16 |
| Nombre experimental | UDENAR GRICAND GR10 |
| Progenitores | (Sindamanoy x ILS 3575) RC1(Sindamanoy) |
| Creador | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND) |
| Responsables del registro | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND). Federación Nacional de cultivadores de Cereales y Leguminosas |





Figura 17. UDENAR Afila, variedad mejorada de arveja voluble. Sanidad, capacidad de carga, tipo de vaina y grano en verde. Parcelas demostrativas Ipiales 2019.





Figura 18. Detalle del grano en seco de la variedad UDENAR Afila, caracterizado por su color verde de textura lisa con forma ligeramente ovalada.

3.5. Variedad UDENAR Rizada

La variedad de arveja UDENAR Rizada, es resultante de un proceso de fitomejoramiento realizado por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Universidad de Nariño. Es una variedad mejorada de hábito de crecimiento voluble, que tiene como característica principal la presencia del gen Afila en condición recesiva y homocigota, cuya expresión permite remplazar las hojas por zarcillos. Lo cual, además de reducir el excesivo follaje de las variedades comerciales, mejora el agarre de las plantas sobre los hilos de polipropileno que sirven de tutor, evitando el acame o volcamiento sobre el suelo y ahorrándole al productor, los costos en que debería incurrir por volver a amarrar las plantas o por establecer sistemas que combinan el tutorado vertical con el tutorado horizontal o encanastillado.

La variedad UDENAR Rizada, presenta adaptación a la Región Andina y al Altiplano de Nariño, en los municipios de Gualmatán, Pupiales, Puerres y Potosí, destacándose sobre las varieda-



des comerciales, especialmente, en los ambientes de Gualmatán y Pupiales, en donde su producción puede alcanzar las 14,7 t.ha⁻¹, además, se caracteriza por tener un tipo de planta menos agresiva. Esta variedad, puede incrementar su rendimiento si se aumenta el número de plantas por hectárea. Por la misma razón, necesita solamente el tutorado vertical, reduciendo la cantidad de fibra utilizada. Presenta moderada resistencia a enfermedades foliares como tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y resistencia a Oídio (*Erysiphe pisi*). El color y forma de grano similar a Sindamanoy le permite tener buena aceptación en el mercado.

El origen genético de la variedad Rizada, corresponde al cruzamiento realizado entre la variedad Sindamanoy y la línea ILS3575 de donde se obtuvo la generación F1. Las generaciones F2, F3 y F4 se alcanzaron por selección masal y, en la generación F5 se realizaron selecciones individuales que, generaron líneas entre las que se encontraba UDENAR GRICAND GR2. Esta línea hizo parte de un grupo de 20 líneas que fue evaluado luego en cinco municipios del sur del departamento de Nariño. Tomando en cuenta estos resultados, se realizó la selección de las ocho superiores, incluyendo en ellas a UDENAR GRICAND GR2. Estas líneas fueron inscritas ante el ICA para pruebas de evaluación agronómica que se realizaron durante el año 2018 en los municipios de Gualmatán, Ipiales, Puerres y Pupiales. Las variables evaluadas correspondieron a periodo vegetativo, reacción a enfermedades foliares, componentes de rendimiento y rendimiento en vaina verde. Se realizaron pruebas de adaptabilidad y estabilidad fenotípica.

Los resultados permitieron la aprobación de la línea UDENAR GRICAND GR2, como nueva variedad mejorada para el departamento de Nariño, mediante Resolución ICA No. 00018850 del 25/11/2019, la cual se denominó "UDENAR Rizada" (ICA, 2019c). Las características de esta variedad se observan en la Tabla 9 y en las Figuras 19 y 20.





Tabla 9. Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Rizada.

| Características | Especificaciones |
|------------------------------------|--|
| Nombre de la variedad | UDENAR Rizada |
| Registro No. | ARV-19-18 |
| Nombre experimental | UDENAR GRICAND GR2 |
| Progenitores | Sindamanoy x ILS3575 |
| Creador | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND) |
| Responsables del registro | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND). Federación Nacional de cultivadores de Cereales y Leguminosas. |
| Especialistas | Oscar Checa Coral. Ph.D – UDENAR Marino Rodríguez Rodríguez M.Sc-UDENAR Jesús Muriel Figueroa M.Sc- FENALCE |
| Adaptación | Subregión Natural Departamento de Nariño 2600 a 2900 msnm con mejor respuesta en los municipios de Gualmatán y Pupiales |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado o voluble |
| Altura de planta (cm) | 171 |
| Color de flor | Blanco |
| Follaje | Estípulas grandes y hojas remplazadas por zarcillos |
| Largo de vaina (cm) | 6.9 |
| Vainas por planta | 28 |
| Número de granos por vaina | 6-9 |
| R e n d i m i e n t o experimental | 14.700 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde 3.600 Kg.ha ⁻¹ en grano seco |
| Ciclo de vida | 117 días a cosecha en verde |



| | | |
|---|--|--------------------------|
| Características de la semilla | Color: verde Color del hilium: blanco Forma: ligeramente ovalada y lisa con leves hendiduras Peso de 100 semillas en verde: 71.03 g Peso de 100 semillas en seco: 38 g | |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis | Moderadamente Resistente |
| | Tizón o añublo (<i>Ascochyta pisi</i>) | Moderadamente Resistente |
| | Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | Resistente |



Figura 19. UDENAR Rizada, variedad mejorada de arveja con gen Afila.





Figura 20. Características de la vaina en verde, el grano verde y el grano seco con leves hendiduras que identifican a la variedad de arveja UDENAR Rizada.

3.6 Variedad UDENAR Crespa

La variedad UDENAR Crespa es un aporte del Grupo de investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) para los productores de arveja del departamento de Nariño, caracterizada por presentar el gen *Afila* (*af*) que sustituye las hojas por zarcillos, permitiendo a la planta asirse con mayor facilidad sobre los hilos que se utilizan para el tutorado vertical u horizontal, evitando su volcamiento o acame sobre el suelo, especialmente, en la etapa de llenado de grano. El uso de esta variedad, permite al agricultor prescindir de uno de los dos sistemas de tutorado disminuyendo los costos de producción.

La variedad UDENAR Crespa, mostró adaptación a la Región Andina y al Altiplano de Nariño en los municipios de Gualmatán, Pulpiales, Puerres e Ipiales, destacándose sobre las variedades comer-



ciales en los ambientes de Puerres e Ipiales. En esas condiciones su producción puede alcanzar las 11,8 t.ha⁻¹ y por no presentar follaje excesivo puede incrementar los rendimientos si se aumenta el número de plantas por hectárea. Presenta moderada resistencia a enfermedades foliares como tizón o añublo (*Ascochyta pisi*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y resistencia a Oídio (*Erysiphe pisi*). Su grano es similar al de las variedades comerciales de grano verde Sindamanoy y Andina.

El origen genético de UDENAR Crespa, corresponde al cruzamiento de la variedad Sindamanoy (padre recurrente) con la variedad Dove (padre donante del gen Afila). En las plantas de la generación F1, se realizó un retrocruzamiento hacia Sindamanoy (padre recurrente) para obtener la generación F1RC1. En la generación F2RC1 se seleccionó masalmente las plantas que manifestaron la expresión del gen Afila. En F3RC1 se realizó selección individual de plantas, en las generaciones F4RC1 y F5RC1 se hizo selección masal y luego mediante selección individual se obtuvo la línea GRICAND GR29.

GRICAND GR29 hizo parte de un grupo de 20 líneas que fueron llevadas a pruebas regionales, en cinco municipios del departamento de Nariño, siendo seleccionada entre las ocho de mejor comportamiento. Las ocho líneas se inscribieron ante el ICA para pruebas de evaluación agronómica, las cuales se realizaron en los municipios de Gualmatán, Ipiales, Puerres y Pupiales en el departamento de Nariño durante el año 2018. En dichas pruebas se evaluó periodo vegetativo, reacción a enfermedades foliares, componentes de rendimiento y rendimiento en vaina verde. Para esta última variable se realizaron pruebas de adaptabilidad y estabilidad fenotípica. Tomando en cuenta los resultados de esta evaluación el ICA mediante resolución N°. 00018843 del 25/11/2019, aprobó la línea GRICAND GR29 como nueva variedad mejorada para el departamento de Nariño que denominó "UDENAR Crespa" (ICA, 2019b). Las características de esta variedad se observan en la Tabla 10 y en las Figuras 21, 22 y 23.





Tabla 10. Características de la variedad mejorada de arveja UDENAR Crespa.

| Características | Especificación |
|------------------------------------|---|
| Nombre de la variedad | UDENAR Crespa |
| Registro No. | ARV-19-17 |
| Nombre experimental | UDENAR GRICAND GR29 |
| Progenitores | (Sindamanoy x Dove) RC1(Sindamanoy) |
| Creador | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND). |
| Responsables del registro | Universidad de Nariño Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND). Federación Nacional de cultivadores de Cereales y Leguminosas |
| Especialistas | Oscar Checa Coral. Ph.D – UDENAR Marino Rodríguez Rodríguez M.Sc-UDENAR Jesús Muriel Figueroa M.Sc- FENALCE |
| Adaptación | Subregión Natural, Departamento de Nariño 2600 a 2900 msnm con mejor respuesta en los municipios de Ipiales y Puerres. |
| Hábito de crecimiento | Indeterminado o voluble |
| Altura de planta (cm) | 178 |
| Color de flor | Blanco |
| Follaje | Estípulas grandes y hojas remplazadas por zarcillos |
| Largo de vaina (cm) | 6.97 |
| Vainas por planta | 24 |
| Número de granos por vaina | 6-7 |
| R e n d i m i e n t o experimental | 11.810 Kg.ha ⁻¹ en vaina verde 2.950 Kg.ha ⁻¹ en grano seco |
| Ciclo de vida | 117 días a cosecha en verde |



| Características | Especificación | |
|---|--|--|
| Características de la semilla | Color: verde Color del hilium: blanco Forma: ligeramente ovalada y lisa Peso de 100 semillas en verde: 70.1 g Peso de 100 semillas en seco: 39 g | |
| Comportamiento en relación a enfermedades | Antracnosis Tizón o añublo (<i>Ascochyta pisi</i>) Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>) | Moderadamente Resistente Moderadamente Resistente Resistente |



Figura 21. Sanidad y capacidad productiva de la variedad con gen Afila UDE-NAR Crespa.





Figura 22. Tipo de vaina verde, número de granos por vaina y tipos de grano en verde y en seco de la variedad de arveja con gen Afila UDENAR Crespa.



Figura 23. Parcela demostrativa de la variedad UDENAR Crespa en el municipio de Puerres (Nariño) 2019.



3.7 Bibliografía

- Bhuvaneswari, S., Sharma, S. K., Punitha, P., Shashidhar, K. S., Naveenkumar, K. L., y Prakash, N. (2017). Evaluation of morphological diversity of field pea [*Pisum sativum* subsp. *arvense* (L.)] germplasm under sub-tropical climate of Manipur. *Legume Research-An International Journal*, 40(2), 215-223. doi: 10.18805 / Ir.v0iOF.10756
- Blixt, S. (1970). "...migraciones, mutaciones o subpoblaciones": En O. H. Frankel, E. Bennett. (Ed.), *Genetic Resources in Plants, their exploration and conservation and conservation* (pp. 321-326). Philadelphia, United States: F.A. Davis Company.
- Burstin, J., Marget, P., Huart, M., Moessner, A., Mangin, B., Duchene, C.,... Duc, G. (2007). Developmental genes have pleiotropic effects on plant morphology and source capacity, eventually impacting on seed protein content and productivity in pea. *Plant physiology*, 144(2), 768-781. doi: 10.1104/pp.107.096966
- Checa, Ó. (1995). *ICA-CORPOICA Sindamanoy: Variedad mejorada de arveja de crecimiento indeterminado*. Recuperado de <https://n9.cl/zr40>
- Checa, Ó., y Rodríguez, M. (2015). Resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja Afila (*Pisum sativum* L.). *Temas Agrarios*, 20(2), 58-71. doi: 10.21897/rta.v20i2.759
- Checa, Ó. (2016). La arveja una experiencia positiva de la investigación para los pequeños productores de la zona andina de Nariño. *El Cerealista*, (119), 44-47.
- Checa, Ó., Rodríguez, M., Xingbo, W., Blair, M.W. (2020). Introgression of the Afila Gene into Climbing Garden Pea (*Pisum sativum*). *Agronomy*, 10(10), 1537, 1-14. doi: 10.3390/agronomy10101537
- Coté, R., Gerrath, J., Peterson, C., y Grodzinski, B. (1992). Sink to source transition in tendrils of a semileafless mutant, *Pisum sativum* cv *Curly*. *Plant Physiology*, 100(4), 1640-1648. doi: 10.1104/pp.100.4.1640
- Cousin, R. (1997). Peas (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 111-130. doi: 10.1016/S0378-4290(97)00026-9





- Cox, T. (1984). Expectations of means and genetic variances in backcross populations. *Theoretical and Applied Genetics*, 68, 35–41. doi: 10.1007/BF00252308
- Dorđević, R., Zdravković, J., Zečević, B., Cvikić, D., y Ivanović, M. (2004). Correlation of yield and yield components for Afila and normal leave pea (*Pisum sativum* L). *Genetika*, 36(1), 39-45. Retrieved from de https://www.academia.edu/47130954/Correlation_of_yield_and_yield_components_for_afila_and_normal_leave_pea_Pisum_sativum_L
- Eberhart. S., y Russell. W. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Science*, 6(1), 36-40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Espósito, M., Martin, E., Cravero, V., y Cointry, E. (2007). Characterization of pea accessions by SRAP's markers. *Scientia Horticulturae*, 113(4), 329-335. doi: 10.1016/j.scienta.2007.04.006
- European Union Community Plant Variety Office. (2003). *Protocol for distinctness, uniformity and stability tests Pisum sativum L. sensu lato PEA*, (UPOV Species Code: PISUM_SAT). Retrieved from https://cpvo.europa.eu/sites/default/files/documents/TP/agricoles /TP_007-1_PISUM_SATIVUM.pdf
- Giaconi, V., y Escafe, M. (Ed.) (1988). *Cultivo de hortalizas*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria.
- Gupta, A., Singh, M., Kumar, M., Singh, S., Katiyar, H., y Kumar, V. (2017). Study of Genetic Divergence in Pea (*Pisum sativum* L.) Based on Agro-Morphic Traits. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 3816-3821. doi: 10.20546/ijcmas.2017.611.448
- Hirst, k. (2019). Pea (*Pisum sativum* L.) Domestication - The history of Peas and Humans. *Science Technology and Math*. Retrieved from de <https://www.thoughtco.com/domestication-history-of-peas-169376>
- Hofer, J., y Ellis, T. (1998). The genetic control of patterning in pea leaves. *Trends in Plant Science*, 3(11), 439-444. doi: 10.1016/S1360-1385(98)01332-6



- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (1996, 15 de mayo). *Resolución N.º 6, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja ICA CORPOICA Sindamanoy del ICA, CORPOICA y FENALCE* (Especialistas: Checa, Ó. y Benavides, J.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2006a, 25 de septiembre). *Resolución N.º. 002620, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Obonuco Andina de la Universidad de Nariño y CORPOICA* (Especialistas: Checa, Ó., Campuzano, F., Benavides, P., y Yepes, B.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2006b, 10 de octubre). *Resolución N.º. 002736, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Obonuco San Isidro de la Universidad de Nariño, CORPOICA y FENALCE* (Especialistas: Checa, Ó., Campuzano, F., Benavides, P., y Yepes, B.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2012a, 10 de mayo). *Resolución N.º. 001249, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Sureña de la Universidad de Nariño y Universidad Nacional* (Especialistas: Checa, Ó., Ligarreto, G., Lagos, T., Betancourth, C., y Arteaga, G.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para Colombia.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2012b, 27 de julio). *Resolución N.º. 002343, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Alcalá de la Universidad de Nariño y Universidad Nacional* (Especialistas: Checa, Ó., Ligarreto, G., Lagos, T., Betancourth, C., y Arteaga, G.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para el departamento de Nariño y los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2019a, 17 de noviembre). *Resolución N.º. 00018426, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja UDE-NAR Afila de la Universidad de Nariño* (Especialistas: Checa, Ó., Rodríguez, M., y Muriel, J.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para el departamento de Nariño.





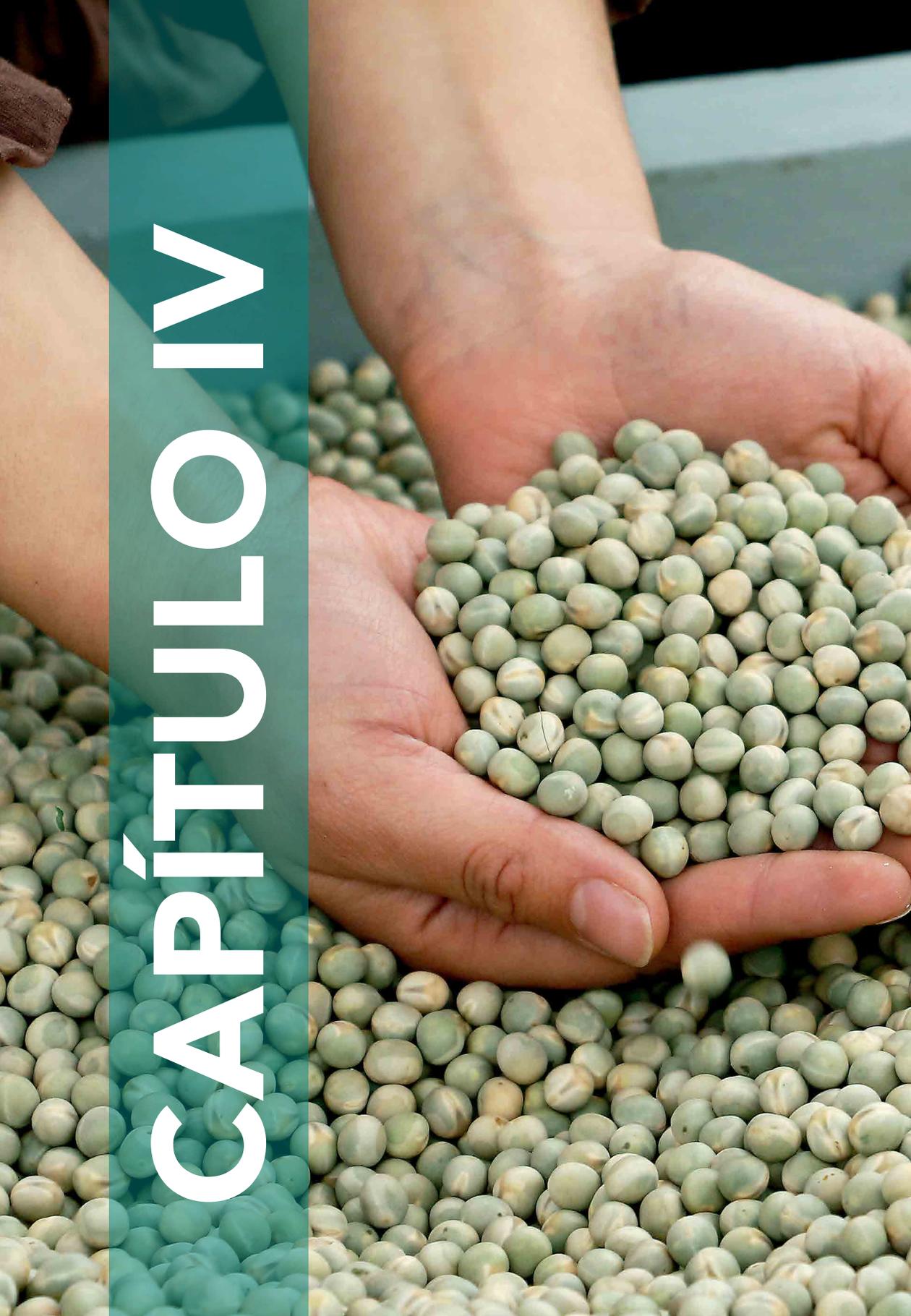
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2019b, 25 de noviembre). *Resolución N°. 00018843, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja UDE-NAR Cresca de la Universidad de Nariño* (Especialistas: Checa, Ó., Rodríguez, M., y Muriel, J.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para el departamento de Nariño.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2019c, 25 de noviembre). *Resolución N°. 00018850, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja UDE-NAR Rizada de la Universidad de Nariño* (Especialistas: Checa, Ó., Rodríguez, M., y Muriel, J.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para el departamento de Nariño.
- International Rice Research Institute, (2006). *Breeding program management*. Retrieved from <https://n9.cl/sj515>
- Ligarreto, G., y Ospina, A. (2009). Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 333-339. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n3/v27n3a06.pdf>
- Mera, M., Levio, J., Alcalde, J., Morales, M., y Galdames, R. (1996). Brisca- INIA, Primera variedad de arveja Áfila obtenida en Chile. *Agricultura Técnica*, 56(4), 282-286. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/havndle/123456789/38881/NR21641.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nasiri, J., Haghazari, A., y Saba, J. (2009). Genetic diversity among varieties and wild species accessions of pea (*Pisum sativum* L.) based on SSR markers. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3405-3417. Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/61821>
- Nisar, M., Khan, A., Wadood, S., Shah, A., y Hanci, F. (2017). Molecular characterization of edible pea through EST-SSR markers. *Turkish Journal of Botany*, 41, 338-346. doi: 10.3906/bot-1608-17
- Pantoja, G., Muñoz, Z., y Checa. (2014). Evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* con gen Afila. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 24-39. doi: 10.22267/rcia.143101.40.
- Rosero V., y Checa O. (2021). Morphological characterization and Hierarchical classification of 40 genotypes of bush pea (*Pisum sativum* L.). *Revista*



- Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 15(2), 1-10. doi: 10.17584/rcch.2021v15i2.12078
- Smykal, P. (2014). Pea (*Pisum sativum* L.) in Biology prior and after Mendel's Discovery. *Czech J. Genet. Plant Breeding*, 50(2), 52–64. Retrieved from <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/124111.pdf>
- Smykal, P., Coyne, C., Redden, R., y Maxted, N. (2013). Peas. En M. Sing., H. Upadhyaya., y I. Bisht. (Eds.), *Genetic and genomic resources of grain legume improvement* (pp. 47-52). Ámsterdam, Holanda: Elsevier.
- Smykal, P., Kenicer, G., Flavell, A., Kosterin, O., Redden, R., Ford, R.,... Ellis, N. (2011). Phylogeny, phylogeography and genetic diversity of the *Pisum* genus. *Plant Genetic Resources Characterisation and Utilisation*, 9(1), 4-18. doi: 10.1017/S147926211000033X
- Tar'an, B., Zhang, C., Warkentin, T., Tullu, A., y Vandenberg, A. (2005). Genetic diversity among varieties and wild species accessions of pea (*Pisum sativum* L.) based on molecular markers, and morphological and physiological characters. *Genome*, 48(2), 257-272. doi: 10.1139/g04-114
- Tatikonda, L., Wani, S., Kannan, S., Beerelli, N., Sreedevi, T., Hoisington, D. A.,... Varshney, R. (2009). AFLP-based molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L., a biofuel plant. *Plant Science*, 176(4), 505-513. doi: 10.1016/j.plantsci.2009.01.006
- Trněný, O., Brus, J., Hradilová, I., Rathore, A., Roma, R., Kopecký, P.,... Smýkal, P. (2018). Molecular evidence for twodomestication events in the pea crop. *Genes*, 9(11), 535. doi: 10.3390/genes9110535
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*. Recuperado de: <http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-de-plantas/pubData/source/Mejoramiento-genetico-de-plantas.PDF>



CAPÍTULO IV



CAPÍTULO IV



SEMILLAS



CAPÍTULO IV

SEMILLAS

4.1 La semilla

La semilla de arveja es el óvulo fecundado y maduro que se desarrolla dentro de una vaina, compuesta por un embrión rodeado por un alimento de reserva que le permite, luego de la siembra, iniciar el crecimiento y formación de raíces, tallos y hojas para tomar los nutrientes del suelo y aprovechar la luz solar.

Desde el punto de vista botánico esta especie pertenece al grupo de las angiospermas cuya semilla consta de tres partes básicas: el embrión, los tejidos de almacenamiento y las cubiertas. El embrión es el resultado de la fertilización del gameto femenino con el gameto masculino para formar una nueva planta. Los óvulos se desarrollan dentro de un ovario. Las reservas energéticas de la semilla están compuestas por: grasas, carbohidratos y a veces proteínas, que sostendrán a la futura planta durante sus primeras etapas de vida (Doria, 2010).

En las plantas con semillas las esporas femeninas, en vez de ser liberadas del esporangio, quedan retenidas y protegidas en el interior del mismo. En este sitio germina la espora y produce un pequeño gametofito femenino, protegido por el tegumento que



lo envuelve completamente, excepto por una pequeña abertura en la parte superior, el micrópilo. Posteriormente, el tegumento se desarrolla para formar la testa de las semillas (Moreno, 1996).

Las angiospermas y gimnospermas comparten, ambas, las primeras etapas del desarrollo del embrión, que se inicia con la división del huevo fertilizado o cigoto. Una de las dos células formadas dará origen a la parte superior del embrión y la otra a la parte inferior. Por medio de una progresión ordenada de divisiones el embrión se va diferenciando, iniciándose así la formación de los meristemos primarios que son los precursores de los futuros tejidos de la planta. Al mismo tiempo se van formando los cotiledones (Moreno, 1996).

4.1.1. Importancia de la semilla de calidad en la producción de cultivos

La semilla es uno de los componentes de producción más importantes dentro de los cultivos, porque se lo considera como el principal insumo de partida del cultivo, por lo tanto, debe ser de buena calidad, cuidando especialmente los aspectos de pureza genética, sanidad, vigor y viabilidad, características que conllevan a obtener mejor rendimiento en campo. Inicialmente una semilla de calidad debe partir de semilla de categoría superior (registrada), producida por una institución de investigación seria y confiable. Es indispensable realizar monitoreo periódico para efectuar oportuno y efectivo control fitosanitario de las enfermedades que se presenten, principalmente las transmitidas por semillas; La cosecha debe hacerse en madurez fisiológica, para luego acondicionar y almacenar adecuadamente la semilla (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO], 2010).

4.2 Sistemas de producción de semillas

Según Camargo et al. (1990), la producción y distribución de semillas se realiza en tres sistemas: Convencional, no convencional y tradicional para autoconsumo.



4.2.1 Convencional

La realizan empresas productoras de semillas (producción industrial y comercial) que operan apoyadas por una compleja red de instituciones públicas y privadas de investigación, asistencia técnica, crédito, certificación y otros servicios que les permite producir y comercializar su semilla como un negocio estable y autosostenible.

Los productores de semilla de este sistema se caracterizan por su capacidad económica para realizar grandes inversiones de infraestructura, maquinaria y equipos, de acuerdo a sus necesidades y exigencias contenidas en los reglamentos oficiales sobre semilla.

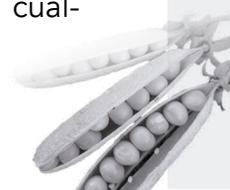
4.2.2. No convencional

Se refiere a la producción no comunitaria realizada por los productores individuales o asociados dedicados a producir y acondicionar semilla en forma artesanal.

4.2.3. Tradicional para auto consumo

Es realizada por pequeños agricultores que producen su material de siembra para uso propio, este sistema incluye una amplia gama de esquemas de producción surgidos de técnicas y acondicionamientos sencillos construidos artesanalmente, que se adaptan a las necesidades y capacidad productiva de los agricultores para satisfacer las necesidades de semillas de buena calidad en regiones desatendidas por los programas de certificación o en áreas en que el abastecimiento de estos programas no resulte viable (Vides et al., 1995).

En los sistemas tradicionales o informales de producción de semilla, se pueden utilizar métodos de selección, producción y difusión local de semillas de variedades utilizadas por los agricultores en sus lotes de producción de grano, también puede funcionar en el ámbito comunal a través de mecanismos de intercambio o cual-





quier otro método que no implique necesariamente el desembolso de dinero; cada transacción solo involucra cantidades limitadas de semilla que es utilizada para autoabastecimiento (Urbina, 2018).

La calidad de la semilla que se origina en estos sistemas es siempre superior a los granos comunes que utilizan la mayoría de los pequeños agricultores y, con frecuencia, puede llegar a ser similar a la calidad de la semilla producida mediante los sistemas convencionales (Camargo et al., 1990). En la Tabla 11 se observan las diferencias en las características de un lote para producción de semilla y un lote para producción de grano comercial de arveja.

Tabla 11. Diferencias entre lotes para producción de semilla y producción comercial de arveja (*Pisum sativum* L)

| Lote para producción de semilla | Lote para producción comercial |
|---|---|
| No usar terrenos sembrados con arveja en el semestre anterior | La rotación de cultivos se hace solamente de criterios agronómicos y sanitarios. |
| Entre lotes para semilla debe haber un aislamiento mínimo de tres a cinco metros; La distancia debe aumentarse cuando el lote limita con cultivos comerciales | No se requiere aislamiento entre cultivos comerciales. |
| Es necesario un estricto control fitosanitario, principalmente para las enfermedades transmitidas por semilla. | Realización de control fitosanitario con base en la necesidad del cultivo y la disponibilidad económica del productor. |
| Eliminación de plantas fuera de tipo y afectadas por diferentes patógenos. | No se requiere la eliminación de plantas de otras variedades. |
| Arranque de las plantas o cosecha de las vainas cuando las semillas alcanzan entre 28 y 30% de humedad para su posterior secamiento en condiciones controladas. | Cosecha de las vainas en verde cuando alcanzan su etapa de llenado de grano. Si el lote se destina para grano seco, las vainas se cosechan cuando el grano tiene 20% o menos de humedad, lo que permite proceder a la trilla casi de inmediato. |



Algunos productores de arveja, debido a la presión que ejerce la demanda y los precios en vaina verde, dejan como semilla los granos procedentes del último pase de cosecha localizados en el tercio superior de la planta que no cumplen con los requerimientos de una buena semilla.

De igual manera, el grano usado como semilla que se adquiere en bodegas, generalmente corresponde a mezclas de diferentes variedades y con distintos tiempos de almacenamiento, por lo tanto, no recibe el tratamiento adecuado de acondicionamiento propio de una semilla. Lo anterior conduce a problemas relacionados con baja germinación, plantas con poco vigor, enfermedades transmitidas por semilla, uniformidad inexistente en cosecha y reducción en rendimientos (Ortíz et al., 2006).

Generalmente, el acondicionamiento de semillas no cumple con los requerimientos relacionados con la humedad de cosecha y de almacenamiento, porque la mayoría de los productores las recogen cuando la planta y vainas están muy maduras, durante este tiempo el grano queda sensible a factores biótico y abióticos que van a afectar su germinación, vigor y sanidad. Además, los productores tampoco realizan inspecciones periódicas de la semilla almacenada, de hecho, en las bodegas permanecen por periodos extensos bajo condiciones de temperaturas y humedad relativa altas (FAO, 2011).

FENALCE, produce semilla de las variedades comerciales de arveja de acuerdo con los requisitos establecidos por el ICA, sin embargo, solo pueden satisfacer alrededor de 2% de la demanda en relación con el área cultivada.

Debido al déficit de una semilla de calidad se capacitó al productor para producir y obtener en su finca su propia semilla; para tal fin, el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Universidad de Nariño en cooperación con AGROSAVIA y FENALCE desarrolló el proyecto “Mejoramiento de la tecnología de





la producción de arveja (*Pisum sativum* L) en el departamento de Nariño” financiado por el SGR, a través del cual se estableció en las fincas de los productores y con criterios técnicos, parcelas de producción de semillas, en las cuales se efectuó un proceso de selección conjuntamente con los productores. La semilla obtenida, se almacenó en condiciones apropiadas y posteriormente se desinfectó para luego utilizarla en la siembra de parcelas demostrativas en los diferentes municipios involucrados en el proyecto. Estas parcelas fueron de especial utilidad en la realización de cursos, talleres y giras con agricultores, los cuales fueron capacitados en aspectos relacionados con calidad genética, física, fisiológica y sanitaria de una buena semilla y, en las recomendaciones y procesos para producir semilla de calidad en el sistema tradicional de producción del agricultor.

4.3. Calidad de semilla

Aunque estructuralmente la semilla sexual es el mismo grano, funcionalmente aparecen diferencias importantes entre un grano común y una semilla. Grano es el producto utilizado para alimentación o para la industrialización, mientras que la semilla es el mismo grano seleccionado por mantener la pureza varietal que se expresará dando origen a plantas sanas de alto vigor y producción (Garay et al., 1992).

Para cumplir con esta función se debe optar por una semilla de calidad que se define como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas, cuando al momento de la siembra presenta buenas condiciones para germinar y producir una planta normal y vigorosa. (Ortíz et al., 2006; Ríos et al., 2014).

4.4. Aspectos técnicos de una buena semilla

Según Bonilla (2014) y Sánchez (2004), el concepto de calidad de semilla se entiende como el “Conjunto de atributos” que involucran 4 factores:





4.4.1. Calidad genética

Las semillas tienen pureza genética o varietal cuando al reproducirse se transmiten idénticamente todas sus características propias (genotipo y fenotipo). La garantía de la identidad genética que se produce es el primer y más importante requisito de todo programa de producción de semilla, por lo tanto, se debe iniciar con semilla de categoría superior adquirida en una institución acreditada y confiable que tenga la función de generar y preservar la identidad genética de las variedades, ver Figura 24.



Figura 24. Semilla de calidad de la variedad mejorada de arveja Sureña

4.4.2. Calidad física

Las semillas tienen pureza física cuando están libres de malezas, terrones, materia inerte, semilla de otros cultivos y su apariencia es uniforme (no tiene granos quebrados, daño físico o de insectos).

4.4.3. Calidad fisiológica

Es la capacidad que tiene la semilla para germinar y producir plántulas vigorosas y establecerse debidamente en el campo con buena germinación (85% - 99%). Esto indica que casi todas las plantas tienen la capacidad y la energía para germinar rápida y uniformemente en condiciones de campo. Ver Figura 25.





Figura 25. Semillas de arveja de alta calidad, mostrando uniformidad y vigor en la prueba de germinación.

4.4.4. Calidad sanitaria

La semilla debe estar libre de hongos, bacterias y virus transmisibles, para evitar la dispersión de inóculos presentes en el suelo e impedir el desarrollo de ciertas enfermedades de plantas. Ver Figura 26.



Figura 26. Sanidad de un lote de producción de semilla de arveja variedad Sureña.



4.5. Recomendaciones para la producción de semilla de arveja de calidad en el sistema tradicional

4.5.1. Selección de la variedad y la semilla

Se debe seleccionar una variedad que presente características agronómicas deseables como adaptación, sanidad y altos rendimientos. Es necesario disponer de una semilla genéticamente pura que tenga un tipo de grano uniforme en tamaño y color y que proceda de una entidad reconocida como productora de semillas, ésta debe estar libre de organismos patógenos (enfermedades) y tener buena apariencia fenotípica. El momento oportuno de suspender el uso de las generaciones de semillas debe ser cuando se observen desviaciones del fenotipo (color de flor, forma de granos y vaina) o al percatarse susceptibilidad a las enfermedades fúngicas, bacterianas y virales que afectan a la arveja.

4.5.2. Selección del lote para producción de semillas

El campo adecuado para la producción de semillas es aquel que presenta buenas condiciones químicas y físicas del suelo, especialmente buen drenaje, donde no se haya sembrado y cosechado arveja u otra leguminosa en los últimos dos años, para evitar que se presente inóculo de algún problema sanitario o una mezcla varietal. La preparación de suelo y manejo agronómico del lote de producción de semilla debe ser lo más adecuada posible de acuerdo a las recomendaciones técnicas. Una buena preparación favorece el contacto de la semilla con la humedad del suelo, mientras que la cobertura con rastrojos controla malezas, mitiga la erosión, sirve como barrera que evita la diseminación de enfermedades y conserva la humedad del suelo. En lo posible las áreas de siembra deben ser uniformes porque permiten identificar plantas de arveja que no se identifican con el fenotipo esperado.





4.6. Época de siembra y manejo del cultivo

La mejor época para producir semilla es aquella que permite hacer la cosecha en tiempo seco para lograr menor incidencia de enfermedades y mayor uniformidad en el secamiento de grano (García, 2009). Para la siembra de lotes de producción de semillas se deben considerar las condiciones de fertilidad del suelo y el cultivo anterior teniendo en cuenta que en los últimos 3 semestres no se haya cultivado leguminosas. Respecto a las distancias de siembra, los surcos deben trazarse entre 1.30 y 1.40 metros y las semillas depositarse en sitios separados a 10 cm, de esta manera se garantiza mayor aireación y disminución de incidencia de enfermedades, además, se permite el libre tránsito durante todas las fases del cultivo para la realización cómoda de las labores de control de insectos y enfermedades, de igual manera la depuración o desmezcla y descarte de plantas indeseables, enfermas o fuera de tipo.

Se pueden aislar el lote de semillas por tiempo o por distancia, en el primer caso sembrando con 15 días de diferencia y en el segundo estableciendo lotes separados mínimo a 10 metros de las parcelas de producción de arveja que no sean de la misma variedad.

En todas las etapas del cultivo, es importante realizar el control oportuno de arvenses competidoras, además, eliminar hospederos de plagas y enfermedades, permitir la entrada de sol y aire, evitar el exceso de humedad que puede dañar las plantas y vainas de arveja (Garay et al., 1992).

4.7 Proceso de selección de plantas para semilla en el campo

4.7.1. Eliminación de plantas no deseables (Roguing)

Esta práctica consiste en un examen metódico y sistemático del campo de producción de semilla, acompañado de la eliminación manual de todas las plantas contaminantes, que no correspondan a la misma variedad, con el fin de asegurar la pureza varietal, gené-





tica y física deseada. Durante el desmezcle se debe revisar el campo de manera ordenada surco por surco para detectar las plantas fuera de tipo, anormales enfermas o con características diferentes a la variedad que se está produciendo, ver Figura 27. En esta operación de desmezcle, las plantas indeseables deben ser arrancadas y removidas fuera del campo. (Urbina, 2018).

Esta práctica se puede realizar desde la etapa de floración, en madurez fisiológica y en la cosecha; por lo tanto, ayuda a tener mejor control sanitario del lote y evita la mezcla con otras variedades. Es importante identificar todas las características de la variedad sembrada, para eliminar las plantas con características atípicas (Ortíz et al., 2006).



Figura 27. Marcación con cinta roja de plantas enfermas y atípicas para su eliminación (Roguing) en un lote de producción de semillas





4.8 Factores que afectan la maduración de la semilla

4.8.1. Retardo

Las temperaturas frescas usualmente detienen o retrasan la maduración de la semilla, de igual manera lo hacen las abundantes lluvias o riegos prolongados durante la fase final de llenado de grano y la excesiva fertilización nitrogenada.

4.8.2. Aceleración

Sequía, enfermedades, insectos defoliadores y daño por herbicidas aceleran la maduración de la semilla sin que haya completado la translocación de nutrientes por causa del deterioro o muerte del follaje (Garay et al., 1992).

Cuando la semilla alcanza su madurez fisiológica y permanece mucho tiempo en el campo, está siendo almacenada en condiciones ambientales adversas. Dejar las semillas en el campo por largo de tiempo le ocasiona daños por enfermedades (hongos) e insectos, baja su poder germinativo y su vigor (calidad fisiológica) (Garay et al., 1992).

4.8.3. Cosecha

Cuando la semilla alcanza la etapa de madurez fisiológica se debe realizar la cosecha, porque en todas las plantas es la finalización del proceso reproductivo y el momento en que la semilla tiene su máxima calidad biológica y alto contenido de humedad (28-30%), en esta etapa se observa:

Mayor acumulación de materia seca

Mayor sanidad

Máximo poder de germinación

Excelente vigor

Mínimo proceso de deterioro





Si la semilla que está en madurez fisiológica en la planta se deja mucho tiempo en campo, se puede decir que se encuentra en condiciones adversas, lo cual representa un enorme riesgo porque la misma se expone al ataque de plagas y microorganismos, situación que se torna particularmente peligrosa en regiones húmedas.

La madurez fisiológica se manifiesta al observarse un cambio de coloración de verde a verde- amarillento en hojas, vainas iniciando su proceso de secamiento y pigmentación de los granos de acuerdo con la descripción de la variedad. El contenido de humedad de la semilla es de 28-30%, lo cual evita las pérdidas causadas por desgrane en campo. Es importante contar con personal suficiente para cosechar las vainas, realizar el presecamiento y la trilla. Adicionalmente, es necesario contar con carpas, lonas, plásticos y un sitio adecuado para realizar el secado y posterior acondicionamiento de semilla (Voysesst, 1982).



Figura 28. Planta de arveja en proceso de secamiento con vainas en estado de madurez fisiológica.





Se recomienda cosechar las vainas del tercio medio de las plantas porque las semillas que se obtienen de la parte superior son más pequeñas y generan plantas con poco vigor, mientras que las semillas de las vainas bajas son las que más se afectan por problemas fitosanitarios.

Los lotes para semilla deben estar libres de malezas para facilitar la cosecha y evitar su contaminación con plantas fuera de tipo y materiales inertes, también se debe evitar la contaminación al momento de la trilla.

4.8.4. Secamiento de vainas

Cuando el contenido de humedad de las semillas en las plantas extraídas es demasiado alto, se debe proceder al presecado de vainas antes de realizar la trilla o desgrane. Para tal fin, las vainas cosechadas se extienden en patios sobre tendidos de lona, plástico o cabuya con el fin de uniformizar el proceso de secamiento y descartar las vainas indeseables. Cuando las primeras vainas se abren se considera que se encuentran listas para iniciar el desgrane.

4.8.5. Desgrane, limpieza y selección

La humedad adecuada para proceder a la trilla está entre 15-18%, el desgrane debe hacerse preferiblemente en forma manual para evitar daños en la semilla. Durante esta labor, es importante evitar que la semilla se mezcle con la de otras variedades. Es necesario realizar la selección de la semilla, descartando granos con manchas, quebrados, pequeños y con daños por insectos, ver Figura 29. Además, se debe retirar los residuos de cosecha (palos, vainas tiernas, piedras y tierra), con la ayuda de un harnero o zaranda.

Durante las labores de cosecha y trilla, pueden ocasionarse daños mecánicos a la semilla que producen magulladuras y abrasiones que se manifiestan por un rápido descenso y pérdidas de vigor,





dando origen a plántulas débiles y anormales que hacen a las semillas más vulnerables a infecciones secundarias por hongos e insectos, provocando un rápido deterioro del grano para semilla.

4.8.6. Secamiento de la semilla

Si la semilla tiene un contenido de humedad mayor del 13% medida con un determinador de humedad, es necesario secarla para evitar deterioro del grano y la presencia de enfermedades, si no se cuenta con esta herramienta es posible establecer que la semilla está cerca al porcentaje de humedad recomendado cuando presenta resistencia a la penetración con la uña.

Hay que tener en cuenta que, si no se hace un buen secamiento, el agua liberada en el proceso de respiración incrementa la humedad relativa del aire en los espacios entre granos, creando un ambiente propicio para la proliferación de microorganismos.



Figura 29. Secamiento de vainas, desgrane y selección manual de semilla de arveja en finca de agricultor.





4.8.7. Acondicionamiento y almacenamiento de la semilla

El objetivo del acondicionamiento es obtener en un lote de semillas el máximo porcentaje de semilla pura, uniforme, con excelente vigor, germinación y sanidad. El acondicionamiento se inicia con el proceso de selección, este procedimiento es visual y se realiza manualmente. Se coloca la semilla en mesas o zarandas y se efectúa la separación y clasificación de la misma.

Los granos de menor tamaño normalmente son semillas inmaduras que, por razones de tipo agronómico, patológico o fisiológico, no alcanzan el tamaño de la semilla de la variedad que se está produciendo. Éstas son de inferior calidad frente a las semillas que llegaron a su tamaño normal, su separación se consigue utilizando zarandas de orificios apropiados (Tapia, 1986).

El almacenamiento es una práctica que permite conservar la semilla en condiciones seguras por un periodo determinado de tiempo, posterior al proceso de cosecha, limpieza secado y selección. Se recomienda guardar la semilla madura con baja incidencia de daños mecánicos o por patógenos y que no haya sido sometida a excesivo estrés de temperatura y humedad. El ambiente en el que se realizará el almacenamiento es importante para preservar el vigor y su posterior germinación, se recomienda lugares frescos, limpios y bien ventilados, la humedad de almacenamiento debe estar entre el 12 a 13%, además la semilla debe protegerse de gorgojos, roedores y hongos.

Se pueden utilizar bodegas, bolsas de tres capas, recipientes plásticos o metálicos, los cuales deben estar limpios, bien cerrados y ubicados en lugares frescos. Para el almacenamiento en bodegas, los bultos no deben tener un peso mayor de 50 kg y se colocan en estibas separados a 30 centímetros de las paredes, ver Figuras 30 A y 30 B. No se recomienda almacenar directamente sobre el piso. Es conveniente realizar pruebas mensuales de germinación para conocer el estado de la semilla (Garay et al., 1992).



Figura 30 A. Almacenamiento de semilla en bultos de 50 kg sobre estibas de madera. **Figura 30 B.** Almacenamiento de semilla en canecas de plástico con tapa hermética.

Para garantizar un adecuado almacenamiento y reducir al máximo cualquier riesgo se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Guardar siempre semilla de calidad.
- El contenido de humedad de la semilla y de la temperatura son los factores más importantes que influyen en el almacenamiento.
- El contenido de humedad está más afectado por la HR y en menor grado por la temperatura del ambiente.
- Disminuyendo en 1% el contenido de humedad o en 5% la temperatura, se puede duplicar el potencial de almacenamiento.
- Para un buen almacenamiento se debe seleccionar un lugar seco y fresco.

4.8.8. Prueba de germinación

La prueba de germinación estándar es el procedimiento más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas (García et al., 2016).





Para la prueba de germinación, la muestra debe ser representativa extrayendo semillas de todos los bultos donde éstas se encuentren almacenadas. Posteriormente se colocan 100 semillas en papel periódico limpio o en servilletas de cocina húmeda, enrollándolas o cubriéndolas y manteniendo la humedad por diez días. Al cabo de ese tiempo, se observarán y contabilizarán las semillas germinadas para obtener el porcentaje de germinación, si hay cambios en la coloración de la semilla con la formación de algodoncillos o sustancias acuosas, esto nos indicará la presencia de algún hongo o bacteria.

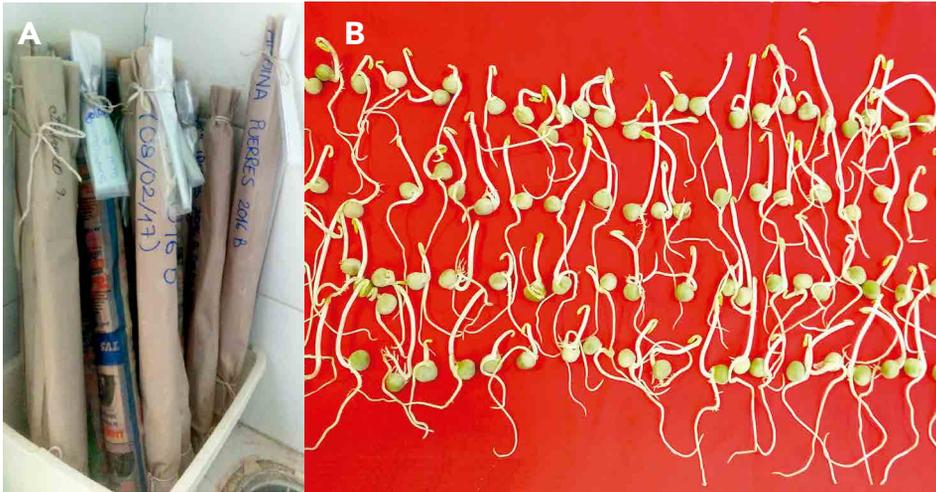


Figura 31 A. Prueba de germinación de semilla de arveja en papel periódico enrollado y húmedo. **Figura 31 B.** Resultado de la prueba obteniendo el 95% de germinación.

4.8.9 Tratamiento de la semilla

La finalidad del tratamiento o curado de la semilla consiste en protegerla de los principales patógenos del suelo y prevenir las posibles enfermedades que provengan del lugar en el que se deposita. Esto se considera como una práctica importante porque garantiza la población ideal de plantas en el cultivo de arveja que se va a sembrar.



En el proceso de desinfección de semilla, los fungicidas sistémicos no se absorben dentro de la misma cuando la semilla es tratada, pero sí cuando el proceso de germinación ha comenzado. Los primeros tegumentos absorben el producto y el fungicida se dispersa por toda esa pequeña plántula, controlando los patógenos. Los fungicidas de contacto no se absorben dentro de la semilla y quedan solamente en la superficie.

Para ambos casos, una parte del fungicida que se agrega a la semilla queda en las inmediaciones de la semilla y controla los patógenos que habitan en el suelo. Esto es importante porque ofrece la posibilidad de controlar enfermedades en los primeros estadios del cultivo.

La semilla se debe desinfectar, mediante la utilización de una mezcla de fungicidas e insecticidas, para evitar la presencia de patógenos o insectos y garantizar la calidad sanitaria de la semilla, por lo tanto, se recomienda el tratamiento con productos químicos a base de fungicidas, como: Carbendazim, Captán, Tiram e insecticidas, como: Orthene, Actellic o K-obiol (Ortíz et al., 2006). Para esto se utiliza una tratadora de semillas o mezcladora que regularmente es un tambor o barril, ver Figura 32. Cuando no se cuenta con ese tipo de recipiente, se puede utilizar una bolsa de plástico para tratar una menor cantidad de semillas, en ambos casos se mezclan bien con el producto químico hasta que se distribuya uniformemente en todo el volumen de semillas. Si el producto se aplica en suspensión con agua, esta sirve para que los desinfectantes se adhieran a las semillas que deben extenderse de inmediato bajo sombra para secarlas.





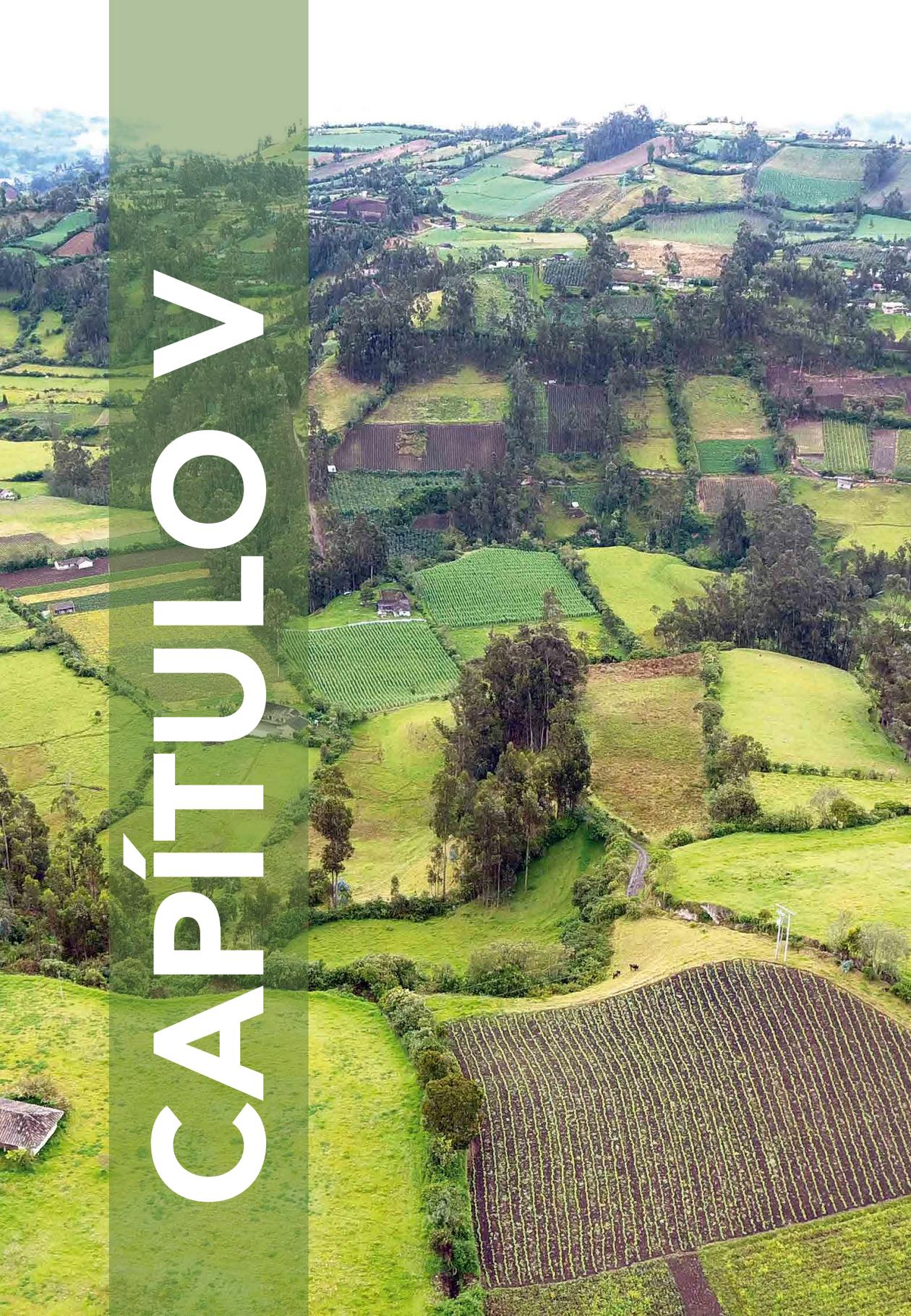
- Camargo, C., Bragantini, C., Monares, A. (Eds). (1990). *Sistemas de producción de semillas para pequeños agricultores: Una visión no convencional*. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) Bolivia. Recuperado de <http://catalogo.infoagro.hn/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1253>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85. Recuperado de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tng=es.
- Garay, A., Aguirre, R., Giraldo, G., y Burbano, E. (1992). *Tecnologías poscosecha para pequeñas empresas de semillas: Demostración con frijol*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/052.pdf
- García, E. (2009). *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua*. Recuperado de <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- García, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I., y Méndez, B. (2016). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas*. CONACYT. Recuperado de <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>
- Moreno, M. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2010). *Producción de semillas de calidad en aras de un rendimiento de calidad*. Recuperado de <http://www.fao.org/in-action/producing-quality-seeds-means-quality-yields/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). *Semillas en emergencias, manual técnico*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1816s.pdf>
- Ortíz, C., Espinosa, A., Azpiroz, H., y Sahagún, S. (2006). Importancia de la madurez fisiológica y definición de época de cosecha. En M. Ávila, *Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los valles altos y zonas de transición* (p. 125). México: INIFAP.





- Rava, C. A. (1991). *Producción artesanal de semilla de frijol*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/CA3353ES/ca3353es.pdf>
- Ríos, J., Hernández, M., y Velásquez, R. (2014). *Selección y almacenamiento de semilla de frijol*. Recuperado de <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/almacenamientoFrijol.pdf>
- Sánchez, H. (2004). *Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el valle de Huaura*. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0343e/B0343e.html>
- Tapia, B. H. (1986). *Producción artesanal de semilla de frijol común de buena calidad*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/052.pdf
- Urbina, R. (2018). *Control de calidad en la producción "tradicional" y "no convencional" de semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. HarvestPlus. Recuperado de http://lac.harvestplus.org/wpcontent/uploads/2018/09/manual_semilla_frijol_biofortificado_2018.pdf
- Vides A., L. A., Garay, A. E., & Baena García, D. (1995). Diagnóstico de los sistemas de abastecimiento de semillas en Guatemala. *Acta Agronómica*, 45(2-4), 21-31. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15588
- Voysest, O. (Agosto 1982). Recomendaciones prácticas de selección y producción para el agricultor que guarda su propia semilla. En CIAT (Presidencia) *Memorias de la reunión de trabajos sobre semilla Mejorada para el pequeño Agricultor*. CIAT, Cali, Colombia. Recuperado de <https://cutt.ly/TnENA8D>

CAPÍTULO V



An aerial photograph of a rural landscape, showing a mix of green fields, brown soil, and trees. The image is partially obscured by a green and grey geometric overlay on the right side of the page.

CAPÍTULO V

CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS



CAPÍTULO V CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS

5.1 Condiciones agroclimáticas del cultivo de arveja



5.1.1. Suelos

Las recomendaciones sobre suelos óptimos para el cultivo de arveja se han enfocado en la textura franco arenosa y en un buen drenaje y, aunque Faiguenbaum (1993), afirma que la arveja no es



un cultivo exigente en cuanto la calidad del suelo y prospera bien en la mayoría de ellos; Muehlbauer (1983), especifica que requiere un nivel de fertilidad fosfórica y pH que no limite la capacidad de simbiosis con *Rhizobium leguminosarum*, estableciendo un valor crítico de pH de 5.5 y de fósforo igual a 10 ppm.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2015) los suelos aptos para el cultivo de la arveja deben ser de texturas medias, franco limosas (FL) a franco-arcillo-arenosas (FarA), con profundidad efectiva de 45 a 60 centímetros, bien drenados, ricos en materia orgánica, pH o acidez de 5.5 a 6.5 y buena fertilidad natural o disponibilidad de nutrientes.

En el departamento de Nariño y en los municipios productores de arveja predominan suelos del orden Andisol e Inceptisol, subgrupos *Pachic melanudands*, *Typic Hapludands* localizados en sectores de Pupiales, Gualmatán y Puerres y *Vitrandic dystrodepts* y *Andic dystrostepts* en sectores de Ipiales y Potosí (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2004).

Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas sobre tobas de ceniza y lapilli, presentan un perfil de tipo A - B - C, son muy profundos, bien drenados y de textura franco gruesa, condiciones físicas favorables para el cultivo de arveja.

En condiciones naturales los suelos presentan pH fuerte a moderadamente ácido (entre 4.6 y 5.5), baja a moderada saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio. La principal limitación es la alta capacidad de fijar fósforo debido a la presencia de alófana, un mineral amorfo con altos contenidos de aluminio. IGAC (2004), que complica las recomendaciones de fertilización y las respuestas del cultivo.

Una vez que estos suelos han sido incorporados a la agricultura con sistemas de producción de papa, pastos y hortalizas son manejados continuamente con aplicaciones de altas cantidades de



fósforo, potasio y cal, estos elementos se acumulan en el horizonte superficial y son registrados por el análisis de suelos, pero, como en este caso, en diferentes experiencias se demuestra que su efecto residual sobre el cultivo siguiente es nulo o errático, por lo que es necesario hacer la fertilización completa para cada ciclo del cultivo (Munera y Meza, 2012).

5.1.2. Altura msnm

De acuerdo con Sañudo et al. (1999), la arveja tiene un buen rango de adaptación entre 2000 y 3000 msnm con mayores posibilidades de producción entre 2400 y 2800 msnm. Esto ha sido confirmado por diferentes experimentos de adaptabilidad y estabilidad realizados por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) en los cuales, los mejores índices ambientales para el cultivo de arveja se han expresado en los municipios de Gualmatán y Pupiales.

5.1.3. Temperatura

La arveja voluble en Nariño se cultiva en climas fríos y medios con temperatura óptima de 13 a 18 °C, con media máxima de 21 °C y mínima de 9 °C. Las flores, las vainas y los granos tiernos son fuertemente afectados cuando se presentan heladas a temperaturas de -1 a -2 °C (DANE, 2015).

La temperatura y el fotoperiodo pueden afectar un evento importante en la fenología del cultivo que es el inicio de la floración, cuyo momento puede variar de acuerdo con la susceptibilidad del material vegetal. Algunas variedades de arvejas requieren únicamente de un fotoperiodo favorable, otras de una conjugación de temperatura y fotoperiodo; incluso hay algunas que son insensibles al fotoperiodo (Arjona et al., 1977; Wilson y Robson, 2006).

En la producción de arveja destinada a consumo en verde es importante contar con una humedad relativa del aire alta y una temperatura moderada, de tal forma que, los granos se mantengan con la calidad apropiada por varios días.





Galindo y Clavijo (2009), encontraron que la temperatura bajo cubierta plástica aceleró en 10 días la emergencia de las plantas y redujo el filocrón de 3.05 a 2.72 días/nudo, lo cual a su vez adelantó el momento de floración y cosecha entre 15 y 20 días.

La tasa de aparición de nudos no varió significativamente por el cambio de la fase vegetativa a reproductiva. Los resultados contribuyeron a respaldar el modelo dentado de desarrollo vegetal en función de la temperatura para la arveja, según el cual el crecimiento es máximo en un rango de temperatura óptima, que se sugiere está entre los 14°C y 21°C (Galindo y Clavijo, 2009).

5.1.4. Brillo Solar

La arveja se adapta bien a una radiación solar elevada con rendimientos altos en zonas donde prevalece un brillo solar superior a 5 horas/día (Ligarreto, 2012). No obstante, en la Zona Andina del Sur de Nariño las horas de brillo solar no sobrepasan este límite, aun así, los rendimientos generalmente sobrepasan las 10 t.ha⁻¹

5.1.5. Requerimiento Hídrico

La arveja necesita de 250 a 380 milímetros de agua bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, con mayor demanda durante la etapa de crecimiento y floración (Buitrago et al., 2006). De acuerdo con Almansa et al. (2000) y Monsalve (1993), la arveja es muy sensible a la escasez, sobre todo en épocas de crecimiento e inicio de la floración. En sus diferentes etapas fenológicas su requerimiento hídrico es, 35.4 mm en 9 días de emergencia, 79.1 mm en 16 días de desarrollo, 53.8 mm en 24 días de floración y 38.7 mm en 47 días de llenado de vainas.

Aunque la arveja soporta mal la sequía del medio ambiente, las lluvias excesivas antes de la floración perjudican considerablemente al cultivo ocasionando un desarrollo vegetativo prolongado, retrasando y reduciendo la floración y, en casos extremos, la pérdida total de la cosecha. Una forma de disminuir este riesgo es median-



te la utilización de variedades precoces y arbustivas porque estas variedades son mejores para el cultivo, debido a que su floración suele ser más uniforme, no necesita tutores y con ello el gasto de producción es menor (Mateo, 1955).

Varios estudios sobre épocas de siembra de arveja arbustiva en municipios cerealistas de Nariño mostraron que los mejores rendimientos y la mejor calidad del grano se obtuvieron con la siembra en abril, lo cual, se explica por la mayor cantidad de precipitación en sus estados de crecimiento y menor precipitación durante la maduración y secamiento de vainas (Checa y Getial, 2019).

5.1.6. Índice Ambiental

Es una calificación del desempeño de genotipos en diferentes localidades y se estima como el promedio del rendimiento de todas las variedades en los diferentes ambientes menos la media general (Eberhart y Russell, 1966).

En trabajos de adaptabilidad de 20 líneas de arveja voluble con gen Afila en 5 municipios de Nariño se encontró que, los ambientes favorables fueron: Puerres y Gualmatán con promedios de rendimiento de 16.09 y 15.38 t.ha⁻¹ con los índices ambientales más altos de 3.92 y 3.21. Mientras que Potosí con 4.49 t.ha⁻¹ fue el ambiente menos favorable durante la evaluación alcanzando un índice ambiental de -7.67, atribuido a las bajas precipitaciones presentadas en las épocas de floración y llenado de vaina. Ipiales y Pupiales obtuvieron índices ambientales intermedios (Checa y Herrera, 2019).

En un estudio de adaptabilidad de 8 líneas de arveja con gen Afila en 4 municipios, los ambientes favorables fueron: Gualmatán con índice ambiental de 1.76, Pupiales con 0.94, Ipiales con -2.28 y Puerres con -2.43 (Checa y Herrera, 2019).





5.1.7. Aptitud de la Tierra

Los rendimientos de un cultivo por unidad de superficie dependen de la interacción de diferentes factores biofísicos, la planta y el hombre. Las tierras se pueden agrupar en aptitudes diferentes. La Aptitud A1: son tierras sin restricciones significativas para el cultivo, con pendientes bajas, no deterioro del suelo, no pedregosidad, baja fijación del fósforo, baja presencia de aluminio. La Aptitud A2: corresponde a tierras aptas, pero que presentan cualquiera de los limitantes que reducen la producción o que aumentan los costos por aplicación de insumos en cantidades mayores que las anteriores. Por último, La Aptitud A3: son tierras con mayor impacto de los limitantes en la producción y tierras no aptas con restricciones técnicas severas o con restricciones legales.

Nariño presenta 1.700 hectáreas con aptitud A1 para el cultivo de arveja localizadas en los municipios de Gualmatán, Pupiales y Contadero y 214.910 hectáreas en aptitud A2 en zonas biofísicas similares. Es importante resaltar que, la arveja sembrada en zonas A2 con la utilización apropiada de tecnología, presenta altos rendimientos y calidad competitivos en el mercado nacional (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] y Universidad de Nariño [UDENAR], 2017).

La aptitud de las tierras en Nariño se pudo establecer cruzando la oferta de las unidades de tierra con los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arveja voluble, esto se puede apreciar en la Tabla 12.



Tabla 12. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arveja por aptitudes de tierra en Nariño.

| CULTIVO: | ARVEJA | APTITUD | | | |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 | N |
| Criterios | Variables | | | | |
| Condiciones enraizamiento | Profundidad del suelo (cm) | >50 | 25 - 50 | <25 | - |
| | Textura | F, FA | FAr, FArA, FArL | Ar, ArA | A, AF |
| Disponibilidad oxígeno | Drenaje natural | Bueno | Moderado, Excesivo | Imperfecto, Pobre | Muy pobre |
| Conservación suelos | Erosión actual | Sin erosión, Ligera | Moderada | Severa | Muy Severa |
| | Pendiente (%) | 0 - 25 | 25 - 50 | 50 - 75 | >75 |
| Toxicidad suelos | Salinidad (C.eléctrica dS/m) | 0 - 1 | 1.1 - 2 | 2.1 - 4 | >4.0 |
| | Saturación de aluminio (%) | <40 | 40 - 80 | >80 | - |
| Disponibilidad nutrientes | pH -Acidez | 5.0 - 6.0 | 4.5 - 5 ; 6.1 - 7.0 | 4.0 - 4.5 | ≤4.6 y ≥7.0 |
| | %S Bases | >20 | 10 - 20 | <10 | - |
| | CIC (cmol/kg de suelo) | >20 | 10 - 20 | <10 | - |
| | M.O (%C.O) | <5 | 3 - 5 | <3 | - |
| H ₂ O Disponible | Régimen humedad del suelo | Udico | Ústico | Ústico y Ácuico | Ácuico, Údico y Ácuico |
| | Número meses secos al año | <6 | 6 - 7 | 8 - 9 | >9 |
| Clima | Altitud (msnm) | 2000 - 2900 | 1700 - 2000 ; 2800 - 3000 | 1500 - 1700 | <1500 ; >3000 |
| | Temperatura ° C) | 10 - 16 | 16 - 20 ; 8 - 10 | 20 - 21 | <8 y >21 |
| | Precipitación (mm/año) | 700 - 1500 | 1500 - 2000 | 2000 - 2500 | <700 y >2500 |
| | Brillo Solar (h/día) | 3 - 6 | 2 - 3 | 1 - 2 | >1 |
| | Humedad relativa (%) | 80 - 85 | 75 - 80 | 85 - 90 | >90 |

Fuente: Tomada del informe del proyecto UPRA y UDENAR (2017).





5.2. Bibliografía

- Almansa, E., Ramírez, J., Rodríguez, M., y Burgos. (2000). *Manual de asistencia técnica, N°5 Manejo De Cultivos Bajo Riego en Distritos de Pequeña Escala*. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16251>
- Arjona, H., Sabogal, T., y Suárez, G. (1977). *El cultivo de la arveja (Pisum sativum L.)* (2.^a ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Buitrago, J., Duarte, C., y Sarmiento, A. (Ed.). (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Checa, Ó., & Getial, J. (2019). *Evaluación agronómica de ocho líneas de arveja arbustiva (Pisum sativum L.) en tres épocas de siembra en las localidades de Yacuanquer y Guaitarilla* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- Checa, Ó., & Herrera, D. (2019). *Evaluación de 20 líneas de arveja voluble Pisum sativum L. con gen Afila en cinco municipios del departamento de Nariño* (tesis de maestría no publicada). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2015). *EL Cultivo de la Arveja Pisum Sativum L. Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria* (33). Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/7708/1/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf
- Eberhart, S., y Russell, W. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36-40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Faiguenbaum, H. (1993). Producción de arvejas y habas para la agroindustria de congelados. *Agroeconómico. Revistas de Recursos Naturales de Chile*, 15, 29-35.
- Galindo, J., y Clavijo, J. (2009). Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta



- plástica. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 5-15. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624631>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Nariño*. Recuperado de https://www.academia.edu/38164592/Estudio_General_de_suelos_y_zonificaci%C3%B3n_de_tierras_del_departamento_de_Nari%C3%B1o
- Ligarreto, G. (2012). *Arveja y guisante (Pisum sativum L.)*. Manual para el cultivo de hortalizas. Bogotá, Colombia: ProduMedios.
- Mateo, J. (1955). *Guisantes: variedades y cultivo*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura.
- Monsalve, O. (1993). *Convenio de modernización diversificación para la cebada*. Bogotá, Colombia: ICA.
- Muehlbauer, F. (1983). Eight germplasm lines of pea resistant to pea seedborne mosaic virus. *Crop Science*, 23(5), 1019-1019.
- Munera, G., y Meza, D. (2012). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Recuperado de <https://1library.co/document/zgwj316y-el-fosforo-elemento-indispensable-para-la-vida-vegetal.html>
- Sañudo, B., Checa, Ó., y Arteaga, G. (1999). *Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas*. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13447>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA y Universidad de Nariño UDE-NAR. (2017). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios para el departamento de Nariño a escala 1:100000* [Informe]. Unidad de planificación rural agropecuaria
- Wilson, D., y Robson, M. (2006). *Pea phenology responses to temperature and photoperiod* [Conferencia]. NZ Institute for Crop & Food Research Australia, New Zealand. <http://agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampled/1996/contributed/590wilson.pdf>



CAPÍTULO VI



CAPÍTULO VI



LABRANZA Y SIEMBRA



CAPÍTULO VI

LABRANZA Y SIEMBRA

6.1 Labores de manejo del cultivo de arveja

6.1.1. Preparación del Suelo

La preparación del suelo busca un equilibrio de la porosidad para lograr las óptimas proporciones de aireación y humedad del suelo. En suelos de textura franco arenosa con altos contenido de materia orgánica como los dedicados al cultivo de arveja, estas condiciones se pueden lograr con una mínima disturbación del suelo para reducir el deterioro de sus condiciones y la erosión.

Después de un cultivo de papa u hortalizas en donde hay suficiente disturbación del suelo en la cosecha, el surcado para la siembra se puede hacer luego de una rastrillada para nivelar el terreno. En cualquier condición del terreno es importante tener en cuenta el grado de deterioro de los suelos y hacer una labranza reducida o una labranza de conservación, en lo posible, utilizando un arado de cincales.

Es posible hacer una siembra directa sobre el terreno si se le ha aplicado un herbicida y se le ha hecho solo el surcado con un arado de chuzo o con surcadora si es mecanizado. Se recomienda



sembrar arveja directamente en rastrojos de papa, maíz o trigo con previa aplicación de un herbicida si la población de malezas es alta, incrementando en 10% la cantidad de semilla y la cantidad de nitrógeno. La presencia de residuos en la superficie puede incrementar la población de moluscos, por ende, es necesario hacer una aplicación oportuna de matababosa.

6.1.2. Arada

En un terreno con pasto kikuyo se puede aplicar previamente un herbicida y una vez se hayan deteriorado las partes vegetativas, un pase de rastra puede facilitar el siguiente pase de un arado de discos para completar con dos pases de rastrillo nuevamente, se recomienda hacerlo cuando el suelo tiene la humedad adecuada, generalmente en estado de friabilidad, con lo cual se logra un mayor desmenuzamiento del cespedón que facilita la siguiente labor de rastrillado.

En cualquier rastrojo localizado en zona plana o con ligera pendiente se recomienda utilizar un implemento conservacionista como el arado de cinceles. En zona de ladera se utiliza un arado de chuzo o de vertedera de tracción animal en las mismas condiciones de humedad del suelo.

6.1.3. Rastrillada

La labor de arado con discos deja un acabado del suelo con cespedones muy grandes, los cuales deben ser desmenuzados utilizando un rastrillo de discos una o dos veces, igualmente, en condiciones de friabilidad para que el suelo se divida en sus agregados naturales y sea menor el número de terrones.

6.1.4. Surcada

Se recomienda el sistema de siembra en surcos tanto para arvejas volubles como para arbustivas, porque facilita la realización de las labores que se aplican durante el cultivo como el tutorado, el mane-





jo de arvenses, y el tratamiento contra plagas y enfermedades. Es importante surcar el terreno manualmente o con un arado de chuzo de tracción animal con una pendiente favorable, para la distribución del agua de escorrentía sin erosionar el suelo o sin causar encharcamiento. La distancia entre surcos para volubles es de 1.20 m y para arbustivas 0.50 m, la profundidad del surco es de 10 - 15 cm.

6.1.5. Siembra

6.1.5.1. Épocas de siembra

La siembra debe coincidir con los periodos de lluvias. En la zona andina de Nariño la mayoría de los municipios, históricamente, presentan un comportamiento de lluvias bimodal con la mayor precipitación en los meses de marzo, abril y mayo y, en el segundo semestre, en octubre y noviembre.

La arveja es una especie cultivada muy sensible a los excesos de humedad, razón por la cual el mayor éxito del cultivo se consigue cuando la época crítica de floración llenado de vaina y grano coincide con lluvias no muy frecuentes e intensas y para el caso de producción en grano seco se prefiere que la época de cosecha coincida con los meses de verano de julio y agosto.

Para la arveja sembrada al voleo o en surcos, Sañudo et al. (1999), recomendaron la siembra en los meses de febrero hasta mediados de abril para tener vaina verde en meses de verano. En la actualidad el sistema de tutorado para arvejas volubles permite la siembra en los dos semestres del año y la disponibilidad de algunos distritos de riego facilitan a los agricultores la posibilidad de sembrar en cualquier época para satisfacer la demanda del mercado y jugar con los precios.

En el caso de arvejas arbustivas, el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) busca generar tecnología para hacer de ellas, una opción productiva viable especialmente en zonas cerealistas. En un experimento con líneas arbustivas de arveja llevado a cabo en Pasto, se encontró que las épocas de siembra de abril y





mayo, presentaron las condiciones ambientales que permitieron la mejor respuesta de las líneas estudiadas, en contraste con la época de siembra de marzo.

Se destacó la línea UN6651 por obtener los mayores promedios en rendimiento en vaina verde, sanidad, peso de vaina con grano y número de granos por vaina en las épocas de siembra de abril y mayo, en las que hubo mejor distribución de agua para el cultivo. Mientras que la línea UN5174 presentó mayor precocidad y alto rendimiento, siendo consistente a través de las tres épocas de siembra. Para rendimiento en seco, se destacaron las líneas ILS3572 e ILS3566 (Checa et al., 2017).

Experimentos con líneas de arveja arbustiva llevados a cabo en la localidades de Yacuanquer y Guaitarilla mostraron que los mayores rendimientos y calidad del grano se obtuvieron con la siembra de abril, teniendo en cuenta que debido a la mayor precipitación en ese mes hay mayor disponibilidad de agua para las primeras etapas de crecimiento del cultivo, menos cantidad de lluvia en etapas de maduración y mucho menor en la época de secamiento, lo cual conduce a una reducción de enfermedades (Checa *et.al.*, 2020). Una situación similar se presentó en las localidades de Pasto y Tangua, donde la mejor época de siembra para lograr rendimientos y calidad del grano fue la del mes de abril (Ruano, 2019).

6.1.5.2. Densidad de población

La densidad de población es la cantidad de semilla o el número de plantas por hectárea. Al incrementar el número de plantas por unidad de superficie se reduce su capacidad productiva de en forma individual (Mera et al., 1996). En Colombia se establecen las densidades de siembra para arveja, de acuerdo con el hábito de crecimiento de la variedad y con las condiciones climáticas de las zonas productoras. En Nariño, para arveja volubles en sistemas al voleo o en surcos se recomienda de 60 a 80 Kg.ha⁻¹ de semilla y en sistemas tutorados 30 a 35 Kg.ha⁻¹ (Checa, 1994).



Teniendo en cuenta que, mediante procesos de introducción del gen Afilá se ha cambiado la arquitectura de las variedades comerciales volubles y recuperado el potencial de producción de las mismas. Las plantas de arveja al haber cambiado las hojas por zarcillos, debido al retrocruzamiento, son menos frondosas y permiten incrementar la densidad de siembra para obtener mayores rendimientos.

Al respecto en un experimento realizado en Pasto se encontró que las líneas volubles con gen Afilá GR 23 y la nueva variedad UDENAR Crespa al pasar a una población de 100.000 plantas presentaron estadísticamente mayores rendimientos que la variedad comercial Andina sembrada normalmente con 80.000 plantas. (Patiño, 2018). Esta población de 100.000 plantas por hectárea puede lograrse con surcos a 1,20 metros para facilitar la ejecución de labores y distancia entre plantas a 0.08 metros.

En arvejas arbustivas se han hecho estudios para determinar la mejor opción en términos de densidad de población. Casanova et al. (2012), evaluaron en el municipio de Pasto el efecto de cuatro densidades de siembra sobre el periodo vegetativo y los componentes de rendimiento de siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) y encontraron que los genotipos estudiados presentaron mejor rendimiento en vaina verde con la densidad de 200.000 plantas.ha⁻¹. Se observó que en los genotipos evaluados, las densidades mayores de 200.000 plantas.ha⁻¹, afectaron negativamente los componentes, número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento en vaina verde, rendimiento en grano seco y peso de 100 semillas.

6.2. Sistemas de siembra

Los sistemas de siembra utilizados en el cultivo de arveja han sido tradicionalmente:





6.2.1. Siembra al voleo

Sistema de siembra poco utilizado en la actualidad para arvejas volubles. Requiere mayor cantidad de semilla, de 60 a 80 Kg.ha⁻¹ y su distribución y germinación no son uniformes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015) y en la época de llenado de grano se produce el acame de las plantas por el peso de las vainas. Sin embargo, existen regiones donde la baja capacidad económica del agricultor obliga a utilizar este sistema, por la imposibilidad de asumir los costos de tutorado en épocas o en regiones muy húmedas, la producción se afecta por las enfermedades foliares *Ascochyta* y *Antracnosis*, disminuyendo la calidad de las vainas y los granos. El rendimiento es de 4.000 Kg.ha⁻¹ en fresco y 1.000 Kg.ha⁻¹ en seco (Checa, 1994).

6.2.2. Siembra en surcos

Las siembras en surcos sin tutor en arvejas volubles son más habituales que las siembras al voleo, pero menos frecuentes que los sistemas tutorados. La distancia entre surcos es de 60 cm y de 10 cm entre plantas, siendo una alternativa para agricultores de bajos recursos al reducir los costos por no usar tutores. Sin embargo, este sistema y el sistema al voleo antes descrito, presentan el problema del acame de las plantas en época de llenado de grano, siendo viables en regiones donde se puede realizar la siembra, de tal manera que, la cosecha en vaina verde y grano seco sean en verano, para evitar las pérdidas por enfermedades foliares. En épocas o regiones húmedas, las vainas del tercio medio o inferior de la planta son atacadas por *Ascochyta pisi* y *Collectotrichum pisi*, afectando los rendimientos y calidad del grano. Una modificación de este sistema es la siembra en surcos dobles, con distancia entre pares de surcos de 85 cm y entre surcos de 30 cm. Con esta variación se busca mantener más erectas las plantas. Para el sistema de siembra en surcos el rendimiento es de 1.100 Kg.ha⁻¹ en grano seco y 4.400 kg.ha⁻¹ para cosecha en verde (Checa, 1994 y DANE, 2015).



6.2.3. Sistema de siembra con tutorado

El tutorado consiste en sostener las plantas de arveja voluble por medio de postes de madera o guadua y fibras de polipropileno o biodegradables como algodón, localizados en la misma dirección de los surcos, para lograr la mayor expresión de su potencial productivo, evitar el acame o contacto con el suelo, reducir la incidencia y facilitar el control de plagas, enfermedades y arvenses. En este sistema la distancia entre surcos es de 1.20 metros y la distancia entre sitios es de 10 cm, depositando una semilla por sitio.

En la práctica se utiliza el tutorado vertical que consiste en colocar postes o varas de 2.00 metros de altura, cada 5 metros en la dirección de los surcos, ubicando y templado una fibra de polipropileno grueso en la parte superior de los postes a lo largo del surco, sobre la cual se cuelga o amarra cada planta. Ver Figura 33.



Figura 33. Sistema de tutorado vertical para arveja de crecimiento voluble

Algunos agricultores han optado por el sistema de tutorado horizontal o encanastillado para sustituir el tutorado vertical, por encontrar menor dificultad en su implementación. Este sistema con-





siste en templar líneas de polipropileno horizontalmente a lo largo del surco, cada 25 o 30 centímetros de altura soportadas en cada uno de los tutores verticales. El número de líneas o canastillas depende de la altura de las plantas.

En suelos fértiles donde las plantas de las variedades comerciales logran mayor altura y frondosidad, los agricultores complementan el tutorado vertical con el tutorado horizontal o encanastillando haciendo una combinación de los dos sistemas. Ver Figura 34.



Figura 34. Sistema de tutorado vertical combinado con el tutorado horizontal

Los diferentes sistemas de tutorado que utilizan postes de madera y fibra de polipropileno presentan unos costos que en promedio representan el 52% de los costos totales de la producción (Checa y Rodríguez, 2015). Es importante señalar también que se han realizado diferentes trabajos para analizar su efectividad en el cultivo de arvejas, costos y duración.

Checa y Delgado (2016), notaron en arvejas volubles que el tutorado combinado horizontal más vertical, presentó el mayor número de vaina por planta y mayor rendimiento. Sin embargo, el tutorado solo vertical fue el tratamiento económicamente más



viable con una tasa de retorno marginal de 84%. Además, es un sistema sencillo que facilita las labores agronómicas y disminuye el uso de fibras de polipropileno que son contaminantes para el medio ambiente.

Con arvejas arbustivas se pueden hacer tutorados bajos. Al respecto (Checa et al., 2017), encontraron que, en este tipo de arvejas, los sistemas de tutorado horizontal y vertical si bien no incrementaron los rendimientos, sí presentaron los mayores promedios de sanidad y calidad de vainas. Igualmente, la tasa de retorno marginal de los tutorados vertical y horizontal, fue favorable para el agricultor en la época de siembra de abril.

6.3. Fibras Biodegradables

Para los sistemas de siembra con tutorado se utilizan fibras sintéticas no degradables que a través de los años se pueden constituir en un problema ambiental serio. Por lo tanto, el Grupo de Investigación GAIDA de la Universidad de Nariño, realizó estudios para recubrir fibras naturales de algodón y fique, utilizando un polímero natural, constituido por componentes importantes como la cera de laurel (Material Lipídico), el glicerol (Plastificante), mono-diglicerido (Tensoactivo) y Tween (Emulsificante), evaluando tres tipos de materias primas para constituir la matriz estructural del polímero, estas fueron hidroxipropil-metilcelulosa, alginato y resinas.

Se estudiaron las propiedades mecánicas, se hicieron pruebas de resistencia física, y pruebas de degradabilidad en condiciones de laboratorio y de campo. Se encontró que la fibra de algodón sin tratamiento puede tener resistencia para el tutorado en un ciclo vegetativo de la arveja voluble, de hecho, fue utilizada antes de poner las fibras de polipropileno en el mercado y sigue siendo una opción para cultivos limpios. Con el cubrimiento de los polímeros biodegradables de fibra de algodón, se resisten las condiciones adversas del campo, pero se incrementan los costos de producción del cultivo de arveja.





La fibra de fique con la aplicación de un revestimiento basado en pectina como material bioplástico puede sostener cada planta en tutorado vertical y resistir un ciclo vegetativo. Si bien, se logró la obtención de esta fibra orgánica con revestimiento biodegradable, su viabilidad en el momento es reducida debido a que es costosa elaborarla, ya que no existe la empresa ni las herramientas que optimicen su producción comercialmente (López y Osorio, 2019).

6.4 Bibliografía

- Casanova, L., Solarte, J., y Checa, Ó. (2012). Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 129-140. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104145>
- Checa, Ó., Bastidas, J., y Narváez, O. (2017). Evaluación agronómica y económica de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 279–288. doi: 10.31910/rudca.v20.n2.2017.380
- Checa, Ó., y Delgado, A. (2016). *Evaluación de sistemas de tutorado en líneas de arveja (Pisum sativum L.) con gen Afila en el departamento de Nariño*. (Informe proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño). Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.
- Checa, Ó., Getial, J., y Rodríguez, D. (2020). Evaluación de ocho líneas de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en seis ambientes de la zona cerealista de Nariño. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1). Doi: 10.31910/rudca.v23.n1.2020.1211
- Checa, Ó., y Rodríguez, M. (2015). Resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja Afila (*Pisum sativum* L.). *Temas Agrarios*, 20(2), 58-71. doi: 10.21897/rta.v20i2.759



- Ruano, S. (2019). Evaluación agronómica de ocho líneas de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en tres épocas de siembra en localidades de Pasto y Tangua (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2015). *EL Cultivo de la Arveja Pisum Sativum L. Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria* (33). Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/7708/1/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf
- López, D., y Osorio, Ó. (2019). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento biopolimérico a base de pectina sobre las propiedades de fibra de fique como alternativa para el tutorado de arveja (Pisum sativum L.)* (Informe proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño). Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.
- Mera, M., Levío, J., Alcalde, J., Morales, M., y Galdames, R. (1996). Brisca-INIA, Primera variedad de arveja áfila obtenida en Chile. *Agricultura técnica*, 56(4), 282-286. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/38881>
- Ministerio de Agricultura. (1994). *La arveja y sus sistemas de cultivo* (Boletín divulgativo No.104). Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/>
- Patiño, K. (2018). *Evaluación de densidades de siembra en líneas de arveja voluble con gen Afila en Obonuco* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Sañudo, B., Checa, Ó., y Arteaga, G. (1999). *Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas*. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13447>



CAPÍTULO VII



CAPÍTULO VII

FERTILIZACIÓN





CAPÍTULO VII

FERTILIZACIÓN

7.1 Fertilización en el cultivo de arveja en Nariño

7.1.1. Suelos dedicados al cultivo de arveja

La arveja en Nariño se cultiva en la zona andina, específicamente, en los municipios de Pupiales, Gualmatán, Ipiales, Puerres y Potosí, en los que predominan suelos del orden Andisol e Inceptisol procedentes de cenizas volcánicas, con texturas franco arenosas, alto contenido de materia orgánica y una fertilidad de moderada a alta, que le confieren unas condiciones físicas y químicas muy favorables para el cultivo.

En condiciones naturales estos suelos presentan pH fuerte a moderadamente ácido (entre 5.1 a 6.0), saturación de bases baja a moderada, altos contenidos de carbono orgánico y medianos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio (Castro y Gómez, 2010). La principal limitante en estos suelos es la alta capacidad de fijar fósforo debido a la presencia de alófana, un mineral amorfo con altos contenidos de aluminio (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2004). Estas condiciones les restan precisión a las recomendaciones de fertilización y a la eficacia esperada en términos fisiológicos y de rendimiento en los cultivos.



Con relación a la acidez de los suelos, Molina (1998) manifiesta que, constituye un gran problema porque ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como fósforo, calcio, magnesio y potasio y, el incremento de algunos elementos que causan problemas de toxicidad como el aluminio y el manganeso. Méndez (1981), encontró una tendencia cronológica en el aumento de fósforo en los suelos de clima frío de Nariño, dedicados a la agricultura, debida a los altos niveles de fertilización fosfórica.

Una vez que estos suelos se incorporaron a la agricultura con cultivos de papa y hortalizas, fueron manejados continuamente con altos niveles de fósforo, potasio y cal, estos elementos se acumularon en el horizonte superficial y fueron registrados por el análisis de suelos. Sin embargo, diferentes experiencias demuestran que su efecto residual sobre el cultivo siguiente es nulo o errático y, generalmente, siempre hay respuesta del cultivo a la fertilización.

7.1.2. Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas

Dentro de la nutrición de las plantas existen 17 elementos esenciales, que para ser considerados en esta clasificación deben cumplir tres condiciones fundamentales: 1. Que la deficiencia de este elemento le impida a la planta cumplir su ciclo vital; 2. El elemento no puede ser sustituido por otro elemento con propiedades similares; 3. El elemento debe participar directamente en el metabolismo de la planta (Dechen y Nachtigall, 2007).

Los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, provienen del aire, el agua y del suelo. Dentro de éstos, el nitrógeno, el fósforo y el potasio son los de mayor consumo por la planta y, los demás elementos como el calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro complementan el proceso nutricional de los cultivos. Las plantas leguminosas pueden obtener el nitrógeno del aire, con la ayuda de bacterias del género *Rhizobium* formando nódulos en las raíces y haciendo una fijación del N-atmosférico al suelo (Dechen y Nachtigall, 2007).



7.1.3. Disponibilidad de los nutrientes en el suelo

Para que los elementos esenciales del suelo sean absorbidos por las plantas, deben estar en la solución del suelo en la forma asimilable. La mayor parte de los nutrientes del suelo están en los componentes minerales y orgánicos del mismo, generalmente, en estados no aprovechables.

La disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la capacidad de proporcionarlos a la planta dependen de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, destacándose dentro de ellas, el pH, la capacidad de intercambio catiónico CIC, la saturación de bases y factores limitantes como la presencia de alúmina, complejos de humus, aluminio y la alta capacidad de fijación del fósforo (IGAC, 2004), características inherentes a los suelos Andisoles dedicados al cultivo de arveja.

Además, existe una gran dinámica en la interacción del suelo, del clima y del cultivo que ocasiona cambios drásticos de la fertilidad en períodos de tiempo, relativamente, cortos debido a la extracción de nutrientes por los cultivos y al deterioro acelerado; por lo tanto, el suelo en su condición natural no es capaz de proporcionar toda la cantidad de nutrimentos requeridos por los cultivos y se hace necesario suministrarlos en los fertilizantes (Epstein y Bloom, 2006; Guerrero, 1998).

7.1.4. La fertilización

La fertilización, es el proceso por el cual se aumenta artificialmente la oferta natural de nutrientes del suelo, a través de la aplicación de residuos orgánicos y productos de síntesis con altos contenidos de elementos esenciales para lograr los rendimientos deseados de un cultivo.

Según García y Pantoja (1993), el alto costo de la fertilización, la incidencia en la producción y la variabilidad de las respuestas en las diferentes zonas productoras, son factores que indican la nece-





sidad de una permanente actualización de las recomendaciones en los diferentes cultivos de acuerdo con el clima, suelos, variedades y manejo, entre otros factores.

7.1.5. Eficiencia de la fertilización

La eficiencia en el uso de los fertilizantes es la capacidad de la planta para la recuperación de los nutrientes después de aplicados al suelo, depende de diversos factores, entre ellos: el suelo, la planta, las condiciones climáticas, el manejo, el riego, la época, la localización, la fuente o tipo de fertilizante y, principalmente, la dinámica de los elementos en el suelo (Sierra, 2018).

La cantidad total de nutrientes aplicados en la fertilización, no es aprovechada por la planta debido a que algunos nutrientes no alcanzan a tener contacto con las raíces del cultivo por su baja movilidad, la retención de las arcillas, la fijación del fósforo por el aluminio y el hierro, y por el lavado o la lixiviación que producen las lluvias o las exageradas cantidades de agua de riego. En esto influyen marcadamente las cargas catiónicas o aniónicas del suelo que, junto con la fotosíntesis son considerados los dos fenómenos más importantes para la existencia de la vida en la tierra (Novais y Vargas de Mello, 2007).

El nitrógeno aplicado sufre inmovilización temporal por la microflora bacteriana y pronto es recuperado e incorporado al suelo, pero posteriormente puede perderse por lixiviación o lavado en forma de Nitrato (NO_3) en un proceso cuya intensidad depende de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica; también se pierde por gasificación o desnitrificación en forma de NH_2 cuando hay mal drenaje (Celaya y Castellanos, 2011; Cristóbal et al., 2011). En estas condiciones se considera que se pierde hasta un 40% y, por lo tanto, la eficiencia del nitrógeno puede estar alrededor del 60% dependiendo de la zona climática y las condiciones del suelo.



El fósforo es el nutriente menos recuperado por las raíces de las plantas, debido a que es fijado gracias a los óxidos de hierro y aluminio o retenido por la matriz arcillosa del suelo a un pH bajo menor de 5.8 o por los carbonatos del suelo a un pH mayor de 7.8. El fósforo, al ser incorporado al suelo, precipita rápidamente y es fijado por el aluminio y el hierro en un 70 a 90% en suelos procedentes de cenizas volcánicas como los Andisoles, formando compuestos insolubles (Espinoza, 2007; Sierra, 2018). Además, está directamente influenciado por su muy bajo valor de coeficiente de difusión próximo de 2.0 a 4.0×10^{-11} (Novais y Vargas de Melo, 2007). Presentando baja movilidad que varía según el contenido de arcilla y en suelos Andisoles, por los altos contenidos de alófa-na, lo cual hace que su eficiencia sea menor del 10%.

Fassbender y Bornemisza (1994), mencionan que la eficiencia del fósforo depende del tipo de suelo y para el caso de los Andisoles es apenas de 5 a 10%; de acuerdo con Alcalá et al. (2009), los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen fijaciones hasta del 90% del fósforo agregado al suelo.

El Potasio es el nutriente más recuperado por las raíces de las plantas, debido a que es poco retenido o fijado, la máxima retención se produce a mayor cantidad de arcilla. Con un valor de coeficiente de difusión de 2.3×10^{-7} (Novais y Vargas de Melo, 2007). Lo cual indica baja movilidad y presenta una pérdida del 40%, por lo tanto, presenta una eficiencia del 60%. Sin embargo, en el caso del potasio, la eficiencia de los fertilizantes potásicos se estima en promedio en un 50% (Arias et al., 2007). El calcio, el magnesio en forma iónica y el azufre en forma de SO_4 , se pierden igualmente por lixiviación.

Además, definitivamente, se debe considerar que debido al geotropismo de las raíces en el suelo se desarrollan una gran cantidad de procesos bioquímicos que crean un ambiente único, en el cual continuamente ocurren un innumerable número de reacciones





químicas, bioquímicas, físico-químicas y biológicas cuya calidad e intensidad, determinan la capacidad del suelo para suplir las necesidades nutritivas de las plantas (Amézquita, 2001).

Igualmente, el suelo pierde la capacidad de proporcionar nutrientes a la planta, si las condiciones físicas como la estructura se deteriora, principalmente, por causa de la compactación de este recurso, lo cual hace que la proporción adecuada de macro-poros para aireación, meso y micro-poros para retención de agua aprovechable para las plantas, sea desbalanceada incrementándose sustancialmente los micro-poros y disminuyendo considerablemente los meso-poros. Situación que es consecuencia de la labranza exagerada con implementos no adecuados en la zona y que no responden a un diagnóstico previo para la preparación del suelo (Amézquita, 2001), o en ocasiones este endurecimiento puede ser fruto de la pedogénesis del suelo que se presenta como suelos endurecidos en forma natural, siendo la fertilidad física del suelo un factor fundamental en la eficiencia de la fertilización.

7.1.6. Oferta ambiental

El suelo no es el único factor responsable de la producción de un cultivo, sino la interacción con otros factores como el clima, la planta y el manejo. Las horas de brillo solar para la fotosíntesis, la temperatura para la velocidad de las reacciones, la cantidad y oportunidad de las lluvias son determinantes para una alta producción, por esta razón, la verdadera respuesta a la fertilización solo es evidente si los aspectos tecnológicos como el uso de variedades mejoradas con alto potencial de producción, semilla certificada y/o seleccionada, densidad de siembra adecuada y el control oportuno de arvenses, plagas y enfermedades es óptimo (Guerrero, 1998).

7.1.7. Funciones de los elementos NPK

El Nitrógeno forma parte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, favorece el crecimiento del follaje, tallos y vigor de la planta, su deficiencia muestra plantas de poco crecimiento y amarillas.



El Fósforo forma ácidos nucleicos, vitaminas y participa en la distribución de la energía en la planta, en la formación de raíces, órganos de reproducción y frutos. Su deficiencia forma plantas de pocas raíces y frutos. Es el elemento de más bajo requerimiento por las plantas, pero su baja disponibilidad en el suelo y su baja eficiencia, hace que se deba aplicar en mayores cantidades.

El Potasio participa en diferentes procesos de metabolismo de los carbohidratos, proteínas y enzimas, en el control de la transpiración y en la resistencia de plantas a fenómenos adversos especialmente a la sequía (Guerrero, 1998).

El Calcio actúa sobre la asimilación del nitrógeno es esencial para el llenado de vainas. El Magnesio es constituyente del núcleo central de la molécula de la clorofila y clave para la fotosíntesis. El Azufre participa en la actividad enzimática celular, componente de proteínas, vitaminas, responsable del sabor y olor de algunas hortalizas.

7.1.8. Requerimientos nutricionales de la arveja

Las especies cultivadas no tienen los mismos requerimientos nutricionales y aún dentro de la misma especie hay diferencias entre hábitos de crecimiento y capacidad productiva. Por lo anterior, las necesidades nutricionales de la arveja reportadas en la literatura son demasiado dispersas, probablemente, debido a los diferentes tipos de crecimiento de la arveja, como arbustivas y volubles.

De acuerdo con Gómez (2006), la arveja necesita 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, 30 de P₂O₅, 70 kg.ha⁻¹ de K₂O, 90 de Calcio, 40 de Magnesio, 21 de Azufre, 2.5 a 3 de Manganeso, 4 a 8 de Zinc, 2 de Cobre y 1.5 a 2 Kg.ha⁻¹ de boro. Mientras que las necesidades nutricionales de la arveja descritas por Prieto y Salvagiotti (2010), en kg.ha⁻¹ son de 42 de nitrógeno, 5 de fósforo, 24 de potasio, 4 de magnesio y 2 de azufre para producir una tonelada.

Castaño (2007), recomienda 45 a 70 Kg de nitrógeno por hectárea, aplicando un tercio a la siembra y el resto después de la





emergencia, el fósforo no debe exceder los 100 Kg de P_2O_5 por hectárea, y 110 a 170 $kg \cdot ha^{-1}$ de potasio. Con variedades de arveja Piquinegra, Gorriona y Santa Isabel se recomendaron 100 a 150 $kg \cdot ha^{-1}$ de fertilizantes con alto contenido de fósforo para obtener producciones de 3 a 4 $t \cdot ha^{-1}$ en vaina verde (Sañudo et al., 1999).

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1992); Ramírez et al. (1999), se basan en un requerimiento nutricional de arveja de 125-30-75 de NPK para obtener 4 a 5 toneladas por hectárea en vaina verde. Mientras que Alarcón (1997), en Cundinamarca encontró requerimientos de 15-2-7 Kg de NPK para producir una tonelada de arveja voluble ICA Tominé.

En la actualidad debido a los procesos de mejoramiento genético de la arveja, el agricultor cuenta con las variedades: San Isidro, Andina, Sindamanoy, Sureña, Alcalá y nuevas variedades con gen Afi-la que alcanzan rendimientos mayores de 10 $t \cdot ha^{-1}$ en vaina verde, por esa razón, los productores fertilizan en cantidades que varían entre 200 a 600 $kg \cdot ha^{-1}$ de 10-30-10 o de 13-26-6, desconociendo la proporción de NPK y los niveles económicamente óptimos requeridos por el alto potencial de producción de esos genotipos mejorados.

7.1.9. Resultados de trabajos de investigación en fertilización de arveja en Nariño

En experimentos desarrollados en cinco municipios productores de arveja, se tomó como nivel medio la recomendación de Alarcón (1997) para arveja voluble de 15-2-7 de NPK en $kg \cdot ha^{-1}$ con el propósito de producir una tonelada de arveja, ajustándolo para 10 $t \cdot ha^{-1}$ basado en la capacidad productiva de las variedades mejoradas y explorando el 50% superior y el 50% inferior sobre dicha recomendación. En cada municipio, se utilizó como testigo del ensayo el nivel de fertilización determinado por los resultados del análisis de suelos.



Los análisis de suelos pueden registrar deficiencias o cantidades suficientes de macro y micro nutrientes, para satisfacer los requerimientos del cultivo en suelos Andisoles procedentes de cenizas volcánicas o de los suelos Inceptisoles ambos con pH ácido. Sin embargo, experimentos llevados a cabo en la zona productora de arveja muestran que en los dos casos hay respuesta a la fertilización.

En la Tabla 13, se muestran los resultados de cuatro experimentos llevados cabo en los cinco municipios productores que evidenciaron respuesta a la fertilización. Aunque los registros del análisis de los suelos presentaban cantidades de fósforo, potasio calcio y magnesio suficientes para satisfacer los requerimientos del cultivo de arveja, en el municipio de Ipiales se encontró un efecto deprimido de los niveles más altos de fertilización.

Tabla 13. Rendimientos de arveja por nivel de fertilización y por municipio, en t.ha⁻¹.

| Nivel de Fertilización | | Municipios | | | | |
|------------------------|------------------|------------|--------|---------|-----------|---------|
| | | Pupiales | Potosí | Puerres | Gualmatán | Ipiales |
| Muy Alto | 225-30-105 | 13.58 ab | 8.22 a | 6.85 ab | 10.41 ab | 10.37 c |
| Alto | 188-25-88 | 14.29 a | 7.64 a | 6.90 ab | 11.14 a | 12.01 b |
| Medio | 150-20-70 | 14.05 a | 7.53 a | 7.7 a | 10.25 ab | 14.61 a |
| Bajo | 113-15-53 | 12.93 ab | 8.11 a | 6.92 ab | 10.25 ab | 14.14 a |
| Muy bajo | 75-10-35 | 11.96 ab | 8.84 a | 7.7 a | 10.30 ab | 14.08 a |
| Testigo | Análisis | 11.32 b | 5.58 b | 5.96 b | 9.71 b | 13.93 a |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes. Test Tukey ($p < 0.05$)

Fuente: Informe final, GRICAND (2019). Universidad de Nariño.

En el municipio de Pupiales los niveles de fertilización (alto) 188-25-88 y (medio) 150-20-70 kg.ha⁻¹ de NPK con 14.29 y 14.05 t.ha⁻¹





respectivamente, superaron el rendimiento correspondiente al testigo o información del análisis de suelos con una probabilidad < 0.05 . El análisis estadístico de tendencia mostró una respuesta cuadrática a la fertilización con nitrógeno con un máximo en los $177 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y un óptimo económico con la aplicación de $170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, aplicado conjuntamente con fósforo y potasio, ver Figura 35.

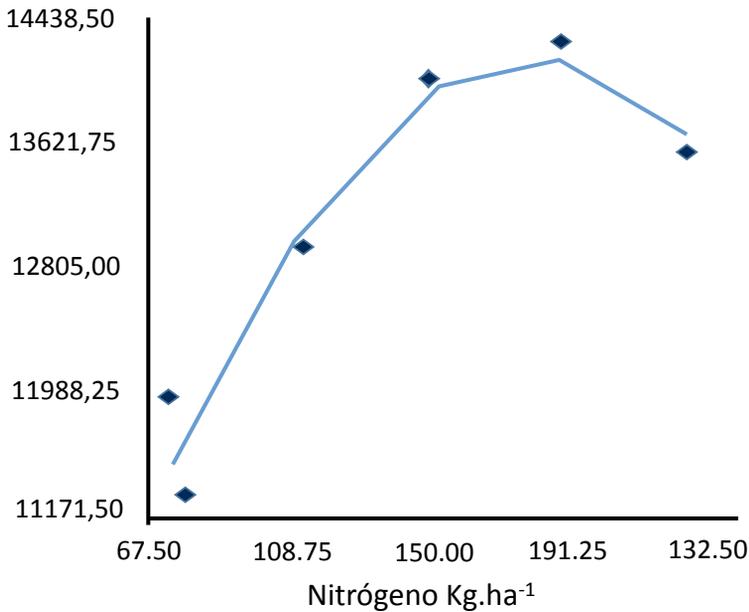


Figura 35. Respuesta de genotipos de arveja voluble a diferentes niveles de nitrógeno.

En el mismo experimento no se encontró correlación entre el contenido de fósforo del suelo registrado en el análisis ($180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y los rendimientos, similar a lo afirmado por Espinosa (2007); Masache et al. (2007); Múnera y Meza (2012). Sin embargo, el efecto de los niveles de fósforo aplicados en la fertilización conjuntamente con el nitrógeno y el potasio presenta una clara tendencia cuadrática con un máximo de rendimiento en 24 y un óptimo en $23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Espinosa (2007), afirma que, en suelos procedentes de cenizas volcánicas fijadores de fósforo, no existe correlación entre la cantidad registrada en el análisis y la respuesta del cultivo, debido a la capa-



acidad de fijación de P y su relación con la presencia de diferentes materiales en la fracción arcilla, como los complejos humus-aluminio en condiciones de meteorización de la ceniza volcánica.

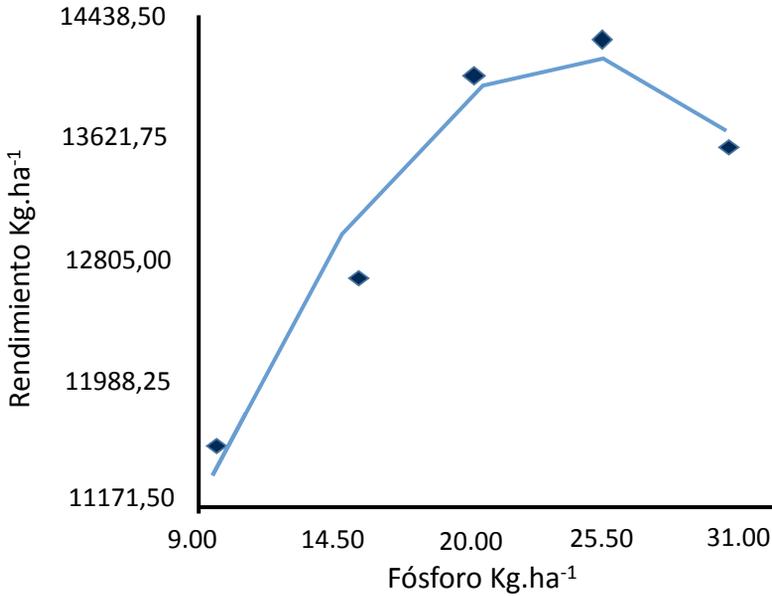


Figura 36. Respuesta de genotipos de arveja voluble a diferentes niveles de fósforo.

De acuerdo con Espinosa (2007); Múnera y Meza (2012), en estos suelos el efecto residual de fósforo es nulo o errático debido a la alta capacidad de fijación del fósforo por los Andisoles. Respecto al efecto residual del fósforo Múnera y Meza (2012), afirman que existe evidencia de que el efecto de altas aplicaciones de fósforo en Andisoles depende de varios factores, entre ellos, las diferencias en la capacidad de fijación, los niveles críticos de cada cultivo y que el análisis de suelos no predice adecuadamente el estado del fósforo.

Masache et al. (2007), en trabajos llevados a cabo en papa en Andisoles del Ecuador sostienen que existe un efecto residual y acumulativo del fósforo en la aplicación de dosis crecientes sobre el





contenido de este elemento en el suelo, aunque esta residualidad en ningún caso ha sido suficiente para no fertilizar el siguiente ciclo del cultivo aun cuando las dosis anteriores fueron altas.

En condiciones de suelos altamente buferizados como fueron los utilizados en la presente investigación, es importante mencionar que en los planes de fertilización y respuesta de cultivo incide directamente el P- lábil que hace parte del factor intensidad, el cual puede ser aprovechable para la planta en un alto porcentaje dependiendo de las condiciones físicas y ambientales del suelo. Además, está el P que hace parte del factor cantidad que es una parte del elemento que puede suplir las necesidades cuando se van agotando las reservas en el factor intensidad, pero que igualmente debe presentar un equilibrio dinámico para que esta reserva fluya con precisión hacia el factor intensidad.

Finalmente el P está influenciado por el factor capacidad que afecta en gran medida la disponibilidad de este elemento para las plantas, ya que este factor va a depender del tamponamiento del suelo (Novais y Vargas de Mello, 2007) y en suelos Andisoles, este efecto es alto constituyéndose en un factor de baja eficiencia en la aprovechabilidad del P-lábil desde el suelo y un gradiente negativo en los costos de producción para los cultivos por los altos costos de fertilización fosfatada debido a la baja eficiencia de aprovechamiento del fertilizante por la alta capacidad de fijación de este insumo en el suelo.

En las condiciones de suelos descritas anteriormente, las recomendaciones más apropiadas sobre los niveles y épocas de la fertilización para los diferentes cultivos, se deben apoyar tanto en el análisis de suelos como en las experiencias sobre las respuestas del cultivo en condiciones específicas, como lo hizo el ICA durante varios años, cuyas recomendaciones, aunque no todas, están vigentes hasta la actualidad (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 1992).



Un plan de fertilización científicamente sustentado debe tener en cuenta la información de otras variables como la capacidad máxima de adsorción de P, la textura y los contenidos de materia orgánica del suelo como factores de corrección de las recomendaciones. Igualmente, es fundamental el análisis foliar para conocer los niveles de nutrientes en la planta y correlacionar estos contenidos con lo encontrado en el suelo. Según Meléndez y Molina (2002), la demanda de nutrimentos por parte de las hojas cambia durante el ciclo de vida, y muestra una relación estrecha con la tasa y las características del crecimiento, los mismos autores anotan que la longevidad de las hojas está fuertemente determinada por el estado fisiológico de las plantas en el momento de su producción, en ese sentido se debe procurar hacer la aplicación de nutrimentos en función de la demanda.

Se debe ser muy cuidadoso con la recomendación de cualquier nutriente, ya que los fertilizantes aumentan los rendimientos de los cultivos, pero hasta cierto nivel, a partir del cual la tasa de incremento en los rendimientos disminuye o el efecto puede volverse deprimente. Por eso la recomendación se hace por el nivel óptimo económico de cada elemento.

7.1.10. Niveles de fertilización

Teniendo en cuenta la oferta natural y residual de NPK del suelo para cubrir ese requerimiento, las pérdidas por eficiencia y los porcentajes de los contenidos de las diferentes fórmulas del mercado, se recomienda 400 kg (8 bultos de 50 kg) de abono con alto contenido de fósforo (10-30-10) y 100 kg (2 bultos) de Urea para una producción promedio de 10 t.ha⁻¹ de arveja en vaina verde.

De igual manera se encontró respuesta a la aplicación de los elementos secundarios calcio, magnesio y azufre en proporciones de 68- 30- 15 kg.ha⁻¹ respectivamente. Este requerimiento se puede cubrir aplicando 2 bultos (46 kg/bulto) de Agrimins por hectárea.





7.1.11. Época de aplicación y localización del fertilizante

El fósforo por su baja movilidad debido a su mínimo valor de coeficiente de difusión, se recomienda aplicarlo en mayor porcentaje al momento de la siembra en todos los cultivos, donde la planta tiene el mayor número de probabilidades de tomarlos en la formación de las primeras raíces. Sin embargo, debido al riesgo de causar daño al cultivo, el agricultor debe hacerlo cuando haya una emergencia completa con una altura de planta de 10 a 15 cm, aplicando todo el contenido en banda en la base de las plantas para luego hacer un tapado superficial, ver Figuras 37, 38 y 39.

El potasio que es el elemento que sigue al fósforo en su movilidad por su bajo valor del coeficiente de difusión, igualmente se debe aplicar localizado buscando el mayor acercamiento con el sistema radicular para lograr una buena eficiencia de utilización del nutriente por parte del cultivo (Dechen y Nachtigall, 2007).



Figura 37. Ubicación del fertilizante en banda cerca de las plantas de arveja para su mejor aprovechamiento.



Figura 38. Aplicación de fertilizante en banda cuando las plantas de arveja alcanzan entre 10 y 15 cm de altura.



Figura 39. Tapado superficial del fertilizante luego de su aplicación en banda.

7.1.12. Fuente o tipo de fertilizante aplicado

La fuente o tipo de fertilizante aplicado es otro aspecto que afecta la disponibilidad del nutriente dependiendo del pH del suelo, la cantidad de lluvia y de las características de la fuente fertilizante empleada. En el cultivo de arveja se utilizan fertilizantes complejos, mezclas físicas de NPK y fuentes simples de N, P, K principalmente,





al igual que otras fuentes de S, Mg, Ca y de micro-elementos edáficos y foliares, con el fin de aplicar los fertilizantes requeridos para una adecuada nutrición del cultivo, buscando alta producción de acuerdo con la zona de cultivo de la arveja.

Al igual que los fertilizantes minerales, el productor de arveja, tradicionalmente, ha venido trabajando con las enmiendas orgánicas que se han convertido en un paliativo a la fertilización principal que debe ser la mineral. Es muy importante que estas enmiendas orgánicas se manejen con los respectivos cuidados de procesamiento (compostaje). Además, debe tenerse en cuenta que en clima frío las enmiendas requieren un tiempo mayor para su bio-transformación en el suelo, por lo tanto, hay que considerar que los aportes e impactos de su aplicación no se podrán observar en el corto plazo.

7.2 Bibliografía

- Alarcón, P. (1997). *Evaluación de variedades de arveja Santa Isabel e ICA Tominé con diferentes niveles de fertilización química y biofertilizantes en el Municipio de Pasca Cundinamarca* (tesis de pregrado), Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.
- Alcalá, M., Hidalgo, C., y Gutiérrez, M. (2009). Mineralogía y retención de fosfatos en Andisoles. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 275-286. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a1.pdf>
- Amézquita, C. E. (2001). Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En F. Silva (Ed.), *Fertilidad de Suelos Diagnostico y Control* (pp. 137-154). Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Arias, J., Jaramillo, M., y Rengifo, T. (2007). *Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble*. Bogotá, Colombia: CORPOICA.
- Castaño, C. (28 de febrero de 2007). Requerimientos de fertilización del cultivo de Arveja (*Pisumsativum* L.). [Mensaje en un blog Agronomía]. Recuperado de http://agroingeniero.blogspot.com/2007/08/re-querimientos-de-fertilizacin-el_28.html



- Castro, H., y Gómez, M. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En H. Burbano y F. Mojica (Eds.), *Ciencia del Suelo principios Básicos* (pp. 212-308). Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Celaya, H., y Castellanos, A. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792011000300343&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Cristóbal, D., Álvarez, M., Hernández, E., y Améndola, R. (2011). Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 325-332. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300325
- Dechen, A. R., y Nachtigall, G. R. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. En R. F. Novais., V. H. Alvarez., N. F. Barros., R. L. Fontes., R. B. Cantarutti., y J. C. Neves (Eds.), *Fertilidade do solo* (pp. 91-132). Viçosa, Brasil: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Epstein, E., y Bloom, A. J. (2006). *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas* (2ª. Ed). Recuperado de <https://www.agrolink.com.br/downloads/nutri%C3%A7%C3%A3o%20mineral%20de%20plantas%20-%20princ%C3%ADpios%20e%20conceitos.pdf>
- Espinosa, J. (2007). Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica. *Informaciones agronómicas*, 55(23), 5-8.
- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1994). *Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina*. San Jose, Costa Rica: IICA.
- García, B., y Pantoja, C. (1993). *Fertilización de cultivos de clima frío: Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño*. Barranquilla, Colombia: Monómeros.
- Gómez, S. (2006). *Manual técnico de fertilización de cultivos*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Grupo de Investigación Cultivos Andinos GRICAND. (2019). *Respuesta de genotipos de arveja (Pisum sativum L.) a diferentes niveles de fertilización*





en los municipios de Ipiales, Potosí, Puerres, Pupiales y Gualmatán del departamento de Nariño [Informe final]. Universidad de Nariño.

Guerrero, R. (1998). *Fertilización de cultivos de clima frío*. Barranquilla, Colombia: Monómeros.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (1992). *Fertilización en diversos cultivos, Quinta aproximación*. Bogotá, Colombia: AGROSAVIA.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2004). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño. Recuperado de academia.edu/38164592/Estudio_General_de_suelos_y_zonificación_de_tierras_del_departamento_de_Nariño

Masache, V., Garcés, S., Bernal, G., y Valverde, F. (2007). *Evaluación de dosis de macro nutrientes en la viabilidad de la micorriza arbuscular asociada al cultivo de papa (Solanum tuberosum) en un Andisol*. Quito, Ecuador: INIAP.

Meléndez, G., y Molina, E. (2002). *Fertilización foliar: Principios y aplicaciones*. Recuperado de https://issuu.com/alainrutti/docs/memoria_curso_fertilizaci_n_foliar

Mendez, H. (1981). *Fertilidad general de algunos suelos de la zona andina del departamento de Nariño*. Pasto, Nariño, Colombia: AGROSAVIA.

Munera, G., y Meza, D. (2012). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Recuperado de <https://1library.co/document/zgwj316y-el-fosforo-elemento-indispensable-para-la-vida-vegetal.html>

Molina, E. (1998). *Encalado para la corrección de la acidez del suelo*. Asociación costarricense de la ciencia del suelo.

Novais, R. F., y Vargas de Mello, J. W. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. En R. F. Novais, V. H. Alvarez, N. F. Barros, R. L. Fontes, R. B. Cantarutti y J. C. Neves (Eds.), *Fertilidade do solo* (pp. 91-132). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de*



extensión. Asociación Internacional de la Industria de fertilizantes IFA. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

Prieto, G., y Salvagiotti, F. (2010). *Fertilización con fósforo y azufre en arveja (Pisum sativum) en el Sudeste de Santa Fe*. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Ramírez, M., Almansa, E., y Terán, C. (1999). *Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala*. Bogotá, Colombia: INAT AGROSAVIA.

Sañudo, B., Checa, Ó., y Arteaga, G. (1999). *Manual agronómico de leguminosas en las zonas cerealistas*. Bogotá, Colombia: Produmedios.

Sierra, C. (2018). *Factores que afectan la eficiencia en el uso de fertilizantes*. El Mercurio. Recuperado de <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Redes/Detallenoticia.aspx?id=904246>



CAPÍTULO VIII



CAPÍTULO VIII



RIEGOS



CAPÍTULO VIII

RIEGOS

8.1 Requerimiento hídrico y sistemas de riego en arveja

La arveja se siembra aprovechando los dos periodos de lluvia abril y noviembre correspondientes al comportamiento bimodal de la precipitación en la zona Andina del altiplano de Nariño, donde llueve entre 800 y 1200 mm/ año, pero debido a que su distribución no coincide con algunas épocas críticas del cultivo se hace necesario la aplicación de agua de riego teniendo en cuenta el uso consuntivo (K_c) del cultivo de arveja, base fundamental para calcular la lámina de agua a aplicar.

Sin embargo, el riego sin control causa problemas en el suelo produciendo erosión en lotes con pendiente o lixiviación y lavado de los nutrientes móviles debido a su alto valor de coeficiente de difusividad. La mayor pérdida se da en los nutrientes NO_3 , SO_4 , y las bases calcio y magnesio, en zonas planas o de pendiente con textura liviana.

El exceso de lluvias en cualquier estado vegetativo, especialmente, antes de la floración perjudica considerablemente al cultivo, retrasando y reduciendo la floración y en casos extremos la pérdida total de la cosecha. Una forma de disminuir este riesgo es mediante la utilización de variedades precoces y arbustivas, estas varie-



dades son mejores para el cultivo, porque su floración y cosecha suele ser más uniforme, no necesita tutores y con ello el gasto de producción es menor (Muñoz, 2012).

La arveja necesita de 250 a 380 milímetros de agua bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, con mayor demanda durante la etapa de crecimiento y floración porque es muy sensible a la escasez, sobre todo, en épocas de crecimiento e inicio de la floración (Buitrago et al., 2006). Sin embargo, otros autores manifiestan que el cultivo de arveja puede requerir menos agua en sus diferentes estados fenológicos. (Merino, 2015) señala que, en sus diferentes etapas fenológicas la arveja requiere 17,3 mm a los 19 días de la etapa inicial, 41,93 mm a los 29 días del desarrollo, 73,02 mm a los 36 días de floración y 65,21 mm a los 34 días de la etapa final. No obstante, las cantidades son variables dependiendo del hábito de crecimiento de la arveja y de la eficiencia de utilización de agua que cada material haya desarrollado.

8.1.1. Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo K_c es el consumo de agua o evapotranspiración de un cultivo, en particular, a partir de la evapotranspiración de referencia que ocurre en una superficie cultivada y puede ser estimada con datos meteorológicos. El coeficiente de cultivo K_c describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la floración (Allen et al., 2006; Marini et al., 2017).

Bocher, citado por FAO (1974), manifiesta que la cantidad de agua usada para la producción de un cultivo se puede denominar uso consuntivo y comprende el agua transpirada por las hojas de las plantas y la evaporada del suelo húmedo. Parte de las necesidades del uso consuntivo puede satisfacerse con la lluvia caída durante la época vegetativa o las precipitaciones anteriores a la siembra que quedan retenidas en el suelo y pueden ser utilizadas posteriormente por la planta.



Según Vásquez et al. (2017), los factores que afectan los valores de Kc son principalmente: las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, condiciones edafo-climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente, durante la primera fase de crecimiento.

8.1.2. Riego por goteo

El riego por goteo, concibe un cambio profundo dentro de los modelos de aplicación de agua al suelo, que incide en las prácticas del cultivo, hasta el punto que puede considerarse como una nueva técnica de producción agrícola (Bahena y Tornero, 2009; Silva, 2001).

Al aplicar el agua por sistemas de riego por goteo, usando cualquiera de los materiales diseñados para tal fin (microgoteros, mangueras autocompensadas, exudación, etc.), la aplicación se hace directamente a un área del suelo, en donde el agua se infiltra y se mueve en dirección horizontal y vertical. Por lo tanto, al regar no es necesario humedecer la totalidad del suelo, sino una parte del mismo (que corresponde al área donde está el cultivo), que varía con las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de riego. Esta parte húmeda es donde la planta concentra sus raíces y de la que se alimentará. (León, 2003).





Figura 40. Aplicación de riego por goteo en arveja, ubicando la disponibilidad de agua en el surco junto a las plantas para su mejor aprovechamiento.



Figura 41. Ubicación de la cinta para riego por goteo a lo largo de los surcos y junto a las plantas de arveja.



El sistema de riego por goteo presenta las siguientes ventajas: ahorro importante de agua cercano al 50%, gracias a que solo se moja el área radicular del cultivo, bajo requerimiento de potencia, lo cual disminuye los costos de operación y permite mayor manejo y control de la aplicación de agua para riego. Las desventajas son pocas si el sistema es bien operado, uno de los principales inconvenientes del modelo de riego por goteo, es el alto costo de su instalación (León, 2003).

En experimentos realizados en la zona productora de arveja vobule de Nariño en los municipios de Ipiales, Puerres y Potosí se compararon las siguientes cintas de riego por goteo: cinta de riego Ro-Drip con una emisión de 0.4 L/ha^{-1} , diseñada para suministrar tasas de flujo uniformes (Rivulis Eurodrip, 2017). Cinta de riego con un diámetro de 16 mm, el espaciamiento por emisor es de 20 cm, el flujo es de 1 L/ha^{-1} , tiene un espesor de pared de 1.5 mm y, cinta autorregulada con un diámetro de 16 mm, espesor de pared de 0.6 mm, presión de trabajo de rango entre 60 a 120 bar y, caudal promedio de 2.2 L/ha^{-1} , realiza un filtrado automático, evitando bloqueos debido a su diseño de laberinto, tiene un flujo turbulento que hace que el volumen de agua aplicada en cada gota sea estable (Orientflex, 2016).

Los resultados indican que en Ipiales los factores de cultivo KC1 (1.2) y KC2 (1.0) lograron mayores rendimientos superando al KC3 (0.8). En Potosí el factor de cultivo KC1 (1.2) superó al KC3 (0.8), mientras que el KC2 (1.0) fue intermedio sin diferencias con los dos anteriores.

En Puerres el factor de cultivo KC1 con la mayor lámina de agua aplicada presentó los mayores rendimientos en vaina verde superando a KC2 y KC3, ver Tabla 14.





Tabla 14. Rendimientos de arveja variedad Andina en vaina verde por factor de cultivo y por municipio. t.ha⁻¹.

| Factor de cultivo | Municipios | | |
|-------------------|------------|----------|---------|
| | Ipiales | Potosí | Puerres |
| KC1 1.2 | 11.70 a | 14.99 a | 9.83 a |
| KC2 1.0 | 11.45 a | 14.40 ab | 7.57 b |
| KC3 0.8 | 9.02 b | 13.38 b | 5.77 b |

Promedios con letras diferentes dentro de una columna representan diferencias significativas en la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

Fuente: GRICAND (2019). Informe del proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño.

En los tres municipios el factor de cultivo KC1(1.2) con la mayor lámina de agua, sobresalió por un alto rendimiento, mientras que KC3 mostró tendencia al menor promedio. Lo anterior puede estar relacionado con la textura arenosa del suelo de los sitios experimentales, condición a la que en Puerres se suma el bajo contenido de materia orgánica, la alta capacidad de infiltración y la baja capacidad de retención de agua aprovechable para la planta.

En la interacción sistemas de riego por localidad, ver Tabla 15, se observó que en Puerres el mayor rendimiento se alcanzó con el sistema de riego por aspersion, que se caracteriza por la mayor cantidad de agua aplicada, superando a los sistemas de riego por goteo, lo cual corrobora que en esta localidad dada su baja retención de agua aprovechable hay un mayor requerimiento hídrico. En Potosí no hubo diferencias en rendimiento entre los sistemas de riego por goteo y el sistema de aspersion, lo cual sugiere mayor eficiencia en los sistemas de riego por goteo por su menor gasto de agua. En Ipiales, los sistemas de riego por goteo mostraron mayor rendimiento que el sistema de aspersion confirmando la eficiencia de dichos sistemas sobre el riego por aspersion.



En la comparación de tres tipos de cinta de riego usadas con tres diferentes factores de cultivo (Kc) o láminas de agua realizada en Ipiales, ver Tabla 16, se encontró que con una cinta de riego autorregulada y un factor de cultivo correspondiente a una baja lámina de agua de 224 mm, se obtuvieron rendimientos estadísticamente similares a los alcanzados con la misma cinta de riego autorregulada y una cinta de riego Ro-Drip, ambas con una lámina de agua de 280 mm y también similares a la cinta de riego con 336 mm.

Este resultado confirma la bondad de los sistemas de riego por goteo, que requiere menor cantidad de agua y presentan mayor eficiencia en la utilización del agua aprovechable para la planta por haberse aplicado paulatinamente y en forma localizada a la planta.

Tabla 15. Rendimientos de arveja Andina en vaina verde por sistema de riego y por municipio. t.ha⁻¹.

| Sistema de riego | Municipios | | |
|----------------------|------------|---------|---------|
| | Ipiales | Potosí | Puerres |
| Autorregulado | 10.26 a | 14.26 a | 7.40 c |
| Ro-Drip | 11.06 a | 14.42 a | 7.46 c |
| Cinta riego | 10.85 a | 14.10 a | 8.30 b |
| Aspersión | 8.41 b | 14.79 a | 11.40 a |

Promedios con letras diferentes dentro de una columna representan diferencias significativas en la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

Fuente: GRICAND (2019). Informe del proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño.





Tabla 16. Interacción del factor de cultivo y modalidades de riego para rendimiento en vaina verde (RTOV) en Ipiales. t.ha⁻¹.

| Sistema de riego | Factor de cultivo | | |
|----------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Kc1(1.2) 336mm | Kc2(1) 280 mm | Kc3(0.8) 224mm |
| Cintarriego | 14.22 a | 9.48 b | 8.85 b |
| Autorregulada | 7.70 b | 12.23 a | 10.83 ab |
| Ro-Drip | 13,16 a | 12.64 a | 7.39 b |

Promedios con letras diferentes entre y dentro de las distintas columnas, representan diferencias significativas en la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

Fuente: GRICAND (2019). Informe del proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño.

8.2. Bibliografía

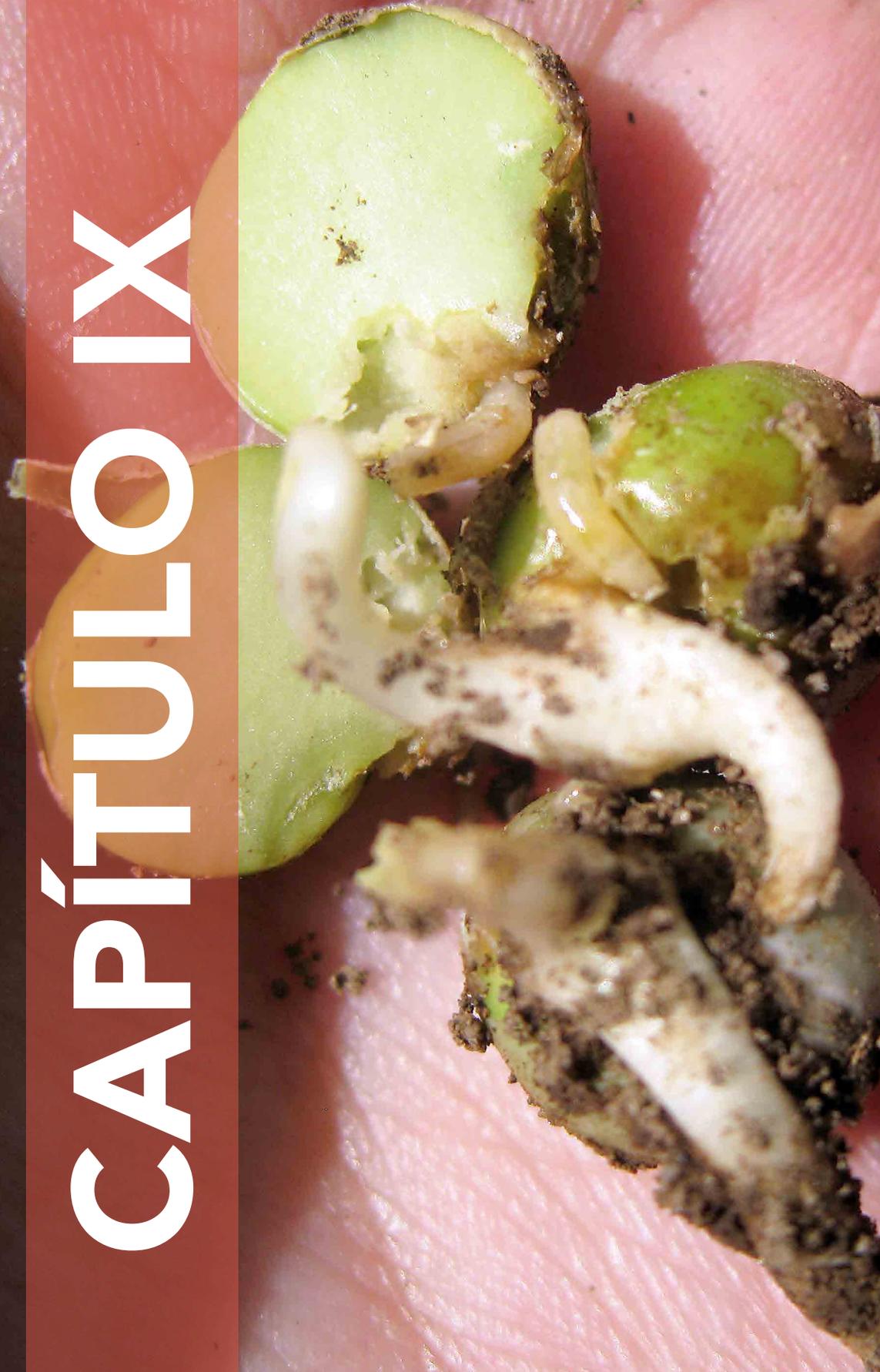
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, M. (2006). *Evaporación del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Bahena, G., y Tornero, M. (2009). Diagnóstico de las unidades de producción familiar en pequeña irrigación en la subcuenca del río Yautepec, Morelos. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(29), 165-184. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v9n29/v9n29a8.pdf>
- Buitrago, J., Duarte, C., y Sarmiento, A. (Ed.). (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Grupo de Investigación en Cultivos Andinos GRICAND. (2019). *Proyecto de investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (Pisum sativum L.) en el departamento de Nariño* (Informe). Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.
- León, P. (2003). *Riego por goteo en hortalizas*. Colombia: Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA



- Marini, F., Santamaría, M., Oricchio, P., Di Bella, C., y Basualdo, A. (2017). Estimación de evapotranspiración real (ETR) y de evapotranspiración potencial (ETP) en el sudoeste bonaerense (Argentina) a partir de imágenes MODIS. *Revista de Teledetección*, 48(5), 29-41, doi: 10.4995/raet.2017.6743
- Merino, S. (2015). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular en cultivo de arveja (Pisum Sativum L.)* (tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Muñoz, M. (2012). *Interacción genotipo ambiente de 20 líneas de arveja arbustiva Pisum sativum L. para cinco municipios de la zona sur del departamento de Nariño* (tesis de maestría). Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (1974). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia: Anuario de producción.
- Orientflex. (2016). *La norma ISO del sistema de riego por goteo laberinto cinta de goteo*. Recuperado de https://es.made-in-china.com/co_orientflex-hose/product_ISO-Standard-Drip-Irrigation-System-Labyrinth-Drip-Tape_ruoyrneyg.html
- Silva, F., y Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (Ed) (2001). *Fertilidad de suelos diagnósticos y control*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4922/1/216.1.pdf>
- Vásquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C., y Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de Ingeniería de Riego*. Recuperado de <https://infoagronomo.net/fundamentos-ingenieria-de-riego-pdf/>



CAPÍTULO IX



A close-up photograph of a plant stem, likely a tomato, showing signs of pest infestation. The stem is pinkish-red and has several small, dark, irregular holes and lesions. A small, dark, segmented insect is visible on the left side of the stem, partially obscured by a dark, textured mass that appears to be a pest or its damage. The background is a solid red color.

CAPÍTULO IX

CONTROL DE PLAGAS



CAPÍTULO IX

CONTROL DE PLAGAS

9.1 Control de arvenses

La arveja es una planta poco competitiva, por lo que requiere de un estricto control de malezas, bien sea por métodos manuales, mecánicos, químicos o de manera combinada. De hecho, se estima que las pérdidas por malezas pueden llegar a ser mayores que las causadas por plagas y enfermedades (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015).

En un lote con malezas gramíneas de difícil manejo es necesario hacer un control previo a la preparación del suelo con un herbicida no selectivo. Una vez se haya realizado la siembra se puede hacer una aplicación de un herbicida preemergente que no cause daño al emerger la planta de arveja y una tercera aplicación con un herbicida selectivo. En Nariño se ha probado con éxito el uso de Metribuzina para control de malezas de hoja ancha tanto en preemergencia como en postemergencia cuando las plantas del cultivo presentan 10 cm de altura, en dosis de 400 cc por hectárea.



Cuando el control de malezas se hace manualmente, el primer control se realiza 20 días después de la siembra y dependiendo de la abundancia de las malezas, se adelantarán periódicamente controles de entesaque o un segundo desyerbe de manera simultánea al momento del aporque del cultivo (Buitrago et al., 2006).

9.2. Enfermedades de la arveja

En la región Andina, los principales problemas fitopatológicos en el cultivo de arveja corresponden a:

9.2.1. Amarillamiento o marchitez

En Nariño, Boyacá y Cundinamarca, el amarillamiento o marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi, es considerada como un limitante de la producción con pérdidas que pueden ser entre el 50 al 100% en las áreas afectadas. Si se siembra en lotes infestados, el patógeno puede persistir como saprófito por varios años (Buitrago et al., 2006). En Nariño se ha encontrado una asociación sinérgica entre este patógeno y el barrendor del tallo *Melanagromiza lini*.

En lotes afectados se observa parches con plantas amarillas, donde se aprecia un amarillamiento uniforme de la planta en los primeros estados de desarrollo del cultivo, causando la muerte, en algunos casos, o permaneciendo parcialmente viva. La enfermedad es más severa en sitios con suelos deteriorados donde es pobre el desarrollo y producción de plantas. Los síntomas son más comunes desde la época de floración de las plantas, iniciándose con un amarillamiento de las hojas bajas que progresa de manera ascendente y, en ataques severos afecta a todos los folíolos y las plantas afectadas pronto se secan, mientras que en ataques tempranos su producción es nula (Sañudo et.al., 1999).



Figura 42. Síntomas de amarillamiento y marchitamiento en plantas de arveja afectadas por *Fusarium oxysporum* f sp. *Pisi*

En estados tempranos de la enfermedad, las plantas presentan una apariencia externa normal, observándose el mismo comportamiento en el sistema radical; sin embargo, cuando la raíz se secciona longitudinalmente, esta puede tener un color que varía de amarillo a anaranjado o rojo oscuro en el tejido vascular, que se extiende hasta el epicótilo y la parte basal del tallo de la planta infectada, ver Figura 42. A medida que la planta se desarrolla, las hojas más bajas se amarillan progresivamente desde la base hasta el ápice de la planta (Checa, 1993 y Rodríguez 2006).



Figura 43. Corte longitudinal de raíz y tallo de arveja afectados por *Fusarium oxysporum*. Obsérvese la coloración rojiza producida por las toxinas fusariales





Sánchez, et al., (2005) y Tamayo, (2000), afirman que, *F. oxysporum* f. sp. *pisi* se incrementa cuando no se rotan los lotes de siembra, cuando se produce en terrenos mal drenados (suelos pesados, arcillosos) o lotes infectados, ya que el patógeno puede persistir como saprófito por varios años.

Métodos de control como el antagonismo han sido estudiados para el control del patógeno. Según Guerra et al., (2011), cepas de *P. fluorencens* y *Trichoderma spp.* evaluadas en condiciones controladas, fueron eficientes para el control de *F. oxysporum*. Además, Checa et al., (2017), observaron que las cepas de *Trichoderma spp.* C2, C7, C12 y C21 fueron efectivas en la inhibición *F. oxysporum* f. sp. *pisi* in vitro. Sin embargo, en invernadero solo C12 y C21 mostraron su efectividad, mientras que en campo únicamente C12 presentó más baja incidencia que el testigo en dos de tres municipios afectados por el patógeno, pero sin efectos sobre el rendimiento. Aún faltan mayores estudios para mejorar la eficiencia del control de este patógeno con agentes antagónicos en condiciones de campo. La aplicación de abonos orgánicos más roca fosfórica en proporción 10:1 en cantidad de una tonelada por hectárea aumenta la fertilidad de los suelos y las poblaciones de microorganismos antagónicos de patógeno, lo cual disminuye la incidencia de la enfermedad.

El manejo de la enfermedad a nivel mundial se ha orientado al uso de variedades resistentes al patógeno, las cuales impiden el avance del hongo sellando los elementos del xilema por medio de gomas o gomas (Charchar y Kraft, 1989). La utilización de variedades resistentes es un componente primordial en el manejo integrado de enfermedades, representa menos costos de producción, bajo impacto ambiental por la menor utilización de fungicidas para el control de patógenos. Sin embargo, aún no hay reportes de variedades con resistencia a *F. oxysporum* en Colombia.



9.2.2. Mancha de *Ascochyta*, Tizón o Añublo

Es causado por *Ascochyta* (*Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes* y *Ascochyta pinodella*) cuando hay condiciones de alta humedad relativa en temporadas de invierno. Valencia et al., (2012), coinciden al afirmar que la arveja es muy sensible a tres especies de hongo que pertenecen al género *Ascochyta*: *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes* y *Ascochyta pinodella*. Este complejo adquiere importancia económica por el daño que causan a los órganos aéreos de la planta como hojas, tallos y vainas presentando un grave problema en la comercialización en vaina verde.

Ascochyta pisi produce lesiones en hojas, tallos y vainas. En las hojas provoca lesiones circulares (2 a 8 mm de diámetro) de color café claro con anillos concéntricos. La mayor incidencia de este patógeno se presenta en el tercio inferior de la planta, pero en ocasiones puede llegar a afectar severamente el tercio medio de la misma. (Tamayo, 2000 y Sañudo et al., 2001,).



Figura 44. Síntomas de ataque de *Ascochyta* o Tizón (*Ascochyta pisi*) en hojas y vainas de arveja.

M. pinodes ocasiona lesiones circulares diminutas (1 mm de diámetro), estas lesiones son de color púrpura, semicirculares y en ocasiones afectan estípulas comprometiendo el tejido foliar. La mayor parte de la infección se concentra en el tercio superior de la planta. (Tamayo, 2000).





Se recomienda realizar un control químico preventivo con un fungicida a base de Clorotalonil 40-50 g/bomba y, si hay progreso de las manchas foliares conviene alternar aspersiones de fungicidas de los grupos Benzimidazoles 25-30 cc/bomba y Triazoles 15-25 cc/bomba (Sañudo et al., 2007).

9.2.3. Mildew velloso

Causado por el hongo (*Peronospora pisi*), los síntomas iniciales en la mayoría de las hortalizas consisten en la aparición de pequeños puntos amarillos de forma irregular en el haz de las hojas, mientras que en el envés aparecen las estructuras del hongo, de color gris azulado. Las manchas se unen unas a otras y van tomando una coloración parda. Su manejo se basa en el uso de densidades y distancias de siembra adecuadas, desinfección de semilla, buen drenaje y utilización de productos químicos eficaces, respetando los períodos de carencia (Moya, 2012).

9.2.4. Pudriciones radicales

Es un complejo de los hongos (*Pythium* spp., *Rhizoctonia* sp. y *Fusarium* sp.) que se presenta en suelos con mal drenaje y se manifiesta en parches sin emergencia, debido a una pudrición de semillas, las cuales se cubren con un moho de diferentes decoloraciones. En plantas jóvenes se observa flacidez de hojas y marchitamiento posterior, acompañado o no de amarillamiento de hojas. Al arrancar las plantas afectadas puede observarse un estrangulamiento necrótico y de color café en la base del tallo. Estas pudriciones, abarcan toda la raíz, la cual se torna blanda, lo que indica la presencia *Pythium* spp., también pueden ocurrir ulceraciones café rojizas en la corteza, que unen y profundizan alcanzando la medula, síntomas característicos del ataque *Rhizoctonia* sp. A veces, hay necrosis con enrojecimiento total de la corteza y la médula, después de la presencia de las manchas superficiales rojizas, indicando el ataque de *Fusarium* sp. (Sañudo et al., 1999; Seminis, 2009).



9.2.5. Cenicilla, Oídio o Mildeo Polvoso

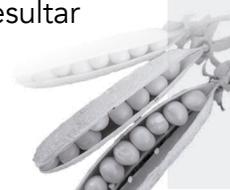
Es la enfermedad que más gastos genera en Nariño, causada por *Erysiphe pisi*, que produce daños durante las épocas de verano y con mayor severidad en las épocas de llenado de vaina. Este patógeno afecta hojas, vainas y tallos en todos los estados de desarrollo del cultivo siendo más frecuente después de la floración (Checa y Rodríguez, 2015; Velázquez et al., 2016). Se estima que el rendimiento puede ser reducido entre un 25 a 50% por causa de esta enfermedad, dependiendo de la variedad (Fondevilla y Rubiales, 2012).



Figura 45. Ataque de Oídio o Cenicilla (*Erysiphe pisi*) en un genotipo de arveja altamente susceptible.

En épocas secas prolongadas se recomienda una aspersión de productos a base de azufre micronizado 50-60cc/bomba. Si la enfermedad aparece y hay riesgos de dispersión rápida, se hacen rotaciones de fungicidas de grupo de los Triazoles 15-25cc/bomba con los grupos de los Benzimidazoles 20-30 cc/bomba (Sañudo et al., 2007).

En trabajos de mejoramiento del Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño (GRICAND) se han encontrado materiales arbustivos y volubles con resistencia que puede resultar





una alternativa para el manejo de esta enfermedad. Los estudios de herencia de la resistencia a Oídio (*Erysiphe pisi*) en dos líneas de arveja identificadas como ILS6527 y UN6651, mostraron que la resistencia de ILS6527 es completa, monogénica, recesiva y asociada al gen *er-1*, mientras que la resistencia de UN6651 se presenta solo en vainas y también es monogénica y recesiva (León, et al., 2020).



Figura 46. Líneas UN5173 susceptible e ILS6527 resistente a Oídio (*Erysiphe pisi*)



Figura 47. Línea UN6651 con resistencia en vainas al ataque de Oídio (*Erysiphe pisi*)



El grupo Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño, utilizando las líneas ILS6527 y UN6651 ha introgresado la resistencia a Oídio en variedades comerciales como Sureña, Andina, San Isidro y Sindamanoy. En el proceso se han generado 180 líneas con resistencia y características comerciales, que serán evaluadas por sus componentes de rendimiento para seleccionar las 20 superiores que se probarán en las zonas productoras con miras a obtener una nueva variedad resistente a este patógeno y de alto rendimiento.

9.2.6. Moho gris

Enfermedad causada por el hongo *Botrytis cinerea*, la cual se encuentra en las diferentes zonas productoras de arveja del país, ocasionando pérdidas del 20 al 30% de la producción por el pegado de la flor y la pudrición de la vaina. (Buitrago et al., 2016). Condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre 10 y 13°C favorecen la dispersión y el desarrollo de la enfermedad (Tamayo, 2000). Entre los síntomas más relevantes se observa una quemadura marrón en el tallo, enrrollamiento o acucharamiento parcial de las hojas y estípulas con bordes de color café claro (Figura 48). El hongo afecta también los pétalos de las flores, los cuales se pegan al extremo de las vainas permitiendo al patógeno su colonización. En ambientes con alta humedad relativa, las vainas son cubiertas por una masa afelpada marrón oscuro. (Tamayo 2000) En el control de la enfermedad se incluyen medidas culturales como, homogeneidad en épocas de siembra, uso de semilla de calidad, control de malezas, cosechas oportunas y rotación de cultivos. En condiciones de alta humedad es necesaria la aplicación periódica de fungicidas en época de floración y formación de vainas cuando las plantas son más susceptibles al patógeno. Entre los fungicidas que han mostrado resultados favorables se pueden mencionar: Propineb; la rotación de Procloraz con Iprodión; Iprodione + Pirimetanil; Iprodione + carbendazim, entre otros.





Figura 48. Síntomas del daño en hojas y estípulas producido por *Botrytis cinerea*

9.3. Plagas

9.3.1. Mosca de las semillas (*Delia platyura*)

Las larvas de esta mosca atacan las semillas de arveja desde la siembra, produciendo la perforación de los cotiledones y la muerte del embrión, con lo cual se afecta la germinación reduciéndose la población de plantas en el cultivo, ver Figura 49. Las larvas también pueden atacar plantas germinadas y recién emergidas afectando el brote terminal o barrenando los tallitos incipientes y produciendo su marchitamiento. La plaga se ve atraída por los suelos recién preparados, por lo que la realización de los surcos al momento de la siembra favorece su presencia, más aún si el tapado de la semilla no se hace rápidamente. Además, se ha observado que cuando se desarrolla el cultivo bajo condiciones de labranza mínima se reduce la presencia de esta plaga. Se recomienda para evitar daños



por las larvas de la mosca (*Delia platura*) se debe evitar el uso de materia orgánica sin compostar y realizar el surcado del suelo con uno o dos días de antelación. Para su control se recomienda aplicar un insecticida en polvo sobre las semillas antes de la siembra o en espolvoreo sobre los surcos, después de haber colocado en ellos las semillas, también es posible el uso de insecticidas líquidos. Entre los productos recomendados se pueden mencionar, Clorpirifos, Lambda-cihalotrina, Methomyl, Tiametoxam, Cipermetrina.



Figura 49. Daño en la semilla de arveja producido por *Delia platura*

9.3.2. Barrenador del tallo (*Melanagromyza lini*)

Corresponde a larvas de mosca que barrenan los tallos después de la emergencia de la planta hasta la floración, ocasionando un amarillamiento y secamiento total antes de que alcance a producir vainas. El insecto empupa dentro del tallo de la planta (Figura 50). El daño puede ser esporádico, pero se incrementa en épocas secas y cuando se hacen deshieras que provocan un cambio de color en los suelos, lo cual atrae a las moscas, que ponen sus huevos en la base del tallo (Sañudo et al., 1999; Villavicencio y Vásquez, 2008).





Entre las medidas de control cultural está el uso de semillas sanas y bien desinfectadas, la preparación del suelo con suficiente antelación a la siembra y la rotación de cultivos. El control químico debe dirigirse al estado adulto de la plaga para evitar la oviposición, realizando aplicaciones a la parte inferior del tallo, cuando la planta tiene entre 10 y 20 cm de altura. Existen diferentes productos que pueden ser utilizados para el control, entre los que se pueden mencionar Ciromazina, Methomyl, imidacloprid, Thiocyclam hidrogenoxalato.



Figura 50. Pupa del barrenador dentro del tallo de arveja (*Melanagromyza lini*)

9.3.3. Pulgón verde (*Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*)

Los insectos son de cuerpo blando y forma globosa que succionan la savia de las plantas, causando encrespamiento de las hojas, amarillamiento y muerte de plantas. Favorecen, además, la presencia del hongo de la Fumagina, *Capnodium* sp., sobre las secreciones azucaradas que producen y son vectores de los virus causantes de enfermedades como el mosaico de la arveja. En épocas de más baja precipitación se incrementa la población de la plaga la cual se comporta de manera gregaria formando colonias sobre las plantas de arveja. En condiciones tropicales, la reproducción es solo partenogenética; solo se producen hembras vivíparas (Moya, 2012). Existen controladores biológicos como los coccinellidos,



entre ellos: *Hippodamia convergens* y *Cycloneda sanguínea*. El control más eficaz es efectuar tratamientos precoces, para ello, es recomendable la utilización de aficidas sistémicos.

9.3.4. Trips (*Thrips palmi*)

Son insectos chupadores pequeños de color café, alargados, de 1 a 2 mm, que abundan durante las épocas secas y se ubican principalmente dentro de la flor o sobre los frutos en formación. El daño lo ocasionan raspando para romper el tejido y luego chupar el líquido que sale de la herida hasta causar la caída de las flores y de las vainas o la deformación de las mismas. Ataques severos, pueden causar ligeros moteados cloróticos y ampollamiento de folíolos y estípulas, ver Figura 51.

El control de la plaga parte de un eficiente manejo de malezas, dado que muchas de ellas son hospederas del insecto, además, como medidas preventivas se recomienda el uso de controladores biológicos como *Chrysoperla externa*, *Trichograma* y *Verticullium lecanii*. Ahora bien, en el control químico, se recomienda la aplicación de productos insecticidas como Fipronil, Imidacloprid, Clorfenapir y Espinad (DANE, 2015).



Figura 51. Daño en folíolos de arveja producido por ataque severo de Trips (*Thrips palmi*)





9.4. Bibliografía

- Buitrago, J., Duarte, C., y Sarmiento, A. (Ed.). (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Charchar M. y Kraft, M. (1989). RESPONSE OF NEAR- ISOGENIC PEA CULTIVARS TO INFECTION BY *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi RACES 1 AND 5. *Canadian Journal of Plant Science*, 69, 1335-1346. doi: 10.4141/cjps89-161
- Checa, Ó., y Rodríguez, M. (2015). Resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja Afila (*Pisum sativum* L.). *Temas Agrarios*, 20(2), 58-71. doi: 10.21897/rta.v20i2.759
- Checa, Ó., Toro, M., y Descanse J. (2017). Antagonism of *Trichoderma* spp. strains against pea (*Pisum sativum* L.) Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi. *Acta Agron*, 66(3), 442-448. doi: 10.15446/acag.v66n3.54038
- Checa, Ó. (1993). *Determinación de razas del hongo Fusarium oxysporum f. sp. pisi y su efecto en materiales de arveja en el departamento de Nariño*. (tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colombia.
- Checa, Ó. (1995). ICA-CORPOICA Sindamanoy variedad mejorada de arveja para clima frío, Plegable divulgativo. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia: CORPOICA- LEA-FENALCE CORPOCEBADA.
- Checa, Ó., y Alpala, F. (2016). Reacción de 18 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) a tres cepas de *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi en Nariño, Colombia. *Temas Agrarios*, 21(1), 28-43. doi: 10.21897/rta.v21i1.868
- Cuca, J. (2008). *Fortalecimiento de la cadena productiva de arveja china (Pisum sativum L.), con énfasis en la sanidad de la semilla, en el altiplano central de Guatemala* (tesis de Maestría), Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2015). *El Cultivo de la Arveja Pisum Sativum L. Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria* (33). Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/7708/1/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf



- Fondevilla, S., y Rubiales, D. (2012). Powdery mildew control in pea. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 401-409. doi: 10.1007/s13593-011-0033-1
- Guerra, G., Betancourth, C., y Salazar, C. (2011). Antagonism of *Pseudomonas fluorescens* Migula facing *Fusarium oxysporum* fsp. pisi Schtdl on pea *Pisum sativum* L. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 33-42. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a04.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2006b, 10 de octubre). *Resolución N°. 002736, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Obonuco Andina* (Especialistas: Checa, Ó. Campuzano, F. Benavides, P. y Yepes, B.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.
- León, D., Checa, Ó., y Obando, P. (2020). Inheritance of resistance of two pea lines to powdery mildew. *Agronomy Journal*, 112(4), 2466-2471. doi: 10.1002/agj2.20253
- Moya, H. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas. Medidas para la temporada invernal*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx>
- Rodríguez, M. (2006). *Determinación de razas fisiológicas de Fusarium Oxysporum f. sp. pisi en las principales zonas productoras de arveja de Cundinamarca y Boyacá* (tesis de Maestría). Universidad Nacional De Colombia, Bogotá, Colombia.
- Sánchez, E., y Mosquera, T. (2006). Establecimiento de una metodología para la inducción de regenerantes de arveja *Pisum sativum* L. *Agronomía Colombia*, 24(1), 17–26. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20004/21139>
- Sañudo, B., Arteaga, G., Betancourth, C., Coral, S., y Orozco, C. (2007). *La arveja como opción competitiva en la Región Andina*. San Juan de pasto, Colombia: Universidad de Nariño.





- Sañudo, B., Checa, Ó., y Arteaga, G. (1999). *Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas*. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13447>
- Seminis. (15 de marzo de 2009). Marchitamiento fúngico (Damping-Off) y podredumbre de raíces. [Mensaje en un blog, Bayer]. Recuperado de <https://www.seminis.mx/recursos/guia-de-enfermedades/pimientos/potato-y/>
- Tamayo, P. (2000). *Enfermedades del cultivo de la arveja en Colombia: guía de reconocimiento y control*. Boletín Técnico. Regional 4, Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA.
- Valencia, A., Timaná, Y., y Checa, Ó. (2012). Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) y su reacción al complejo de *Ascochyta*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 39-52. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104146>
- Velázquez, P., Vallejos, M., y Brassesco, R. (2016). Evaluación de genotipos de arveja frente al Oídio (*Erysiphe polygoni*). Año 2015. *Ediciones INTA*, 79, 43-50. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_ser_exten_79_2016_velazquez_p_et_al_43-50.pdf
- Villavicencio, A., y Vásquez, W. (2008). *Guía técnica de cultivos*. Recuperado de INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/851>
- Watson, A., Yousi, A., Liew, E., y Duff, J. (2009). Management options for Fusarium wilt of snow peas. *Primefact*, 971, 1-3.



Créditos de Figuras

Achicanoy A.J.: Figuras 30, 32.

Alpala, F.: Figuras 43, 44.

Checa, C. O.: Figuras 1, 8, 11, 12, 14, 15, 21, 25, 49, Foto capítulo III.

Grupo de Investigación Cultivos Andinos (GRICAND): Portada, Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 33, 34. Foto capítulo V, Foto capítulo IX.

Herrera, P. D.: Figuras 22, 37, 41, 44, 48, 51.

León, D. y Obando, P: Figuras 23, 45, 46, 47.

Muriel F.J.: Figuras 24, 26, 27, 28, 29, 31 Foto capítulo VI.

Rodríguez, R. M.: Figuras 35, 36, 38, 39, Foto capítulo V, Foto capítulo VII.

Ruano, G. J.: Figuras 7, 10.

Toro, M.: Figura 42.





Gobernación
de Nariño
OFICINA DE CALIDAD



Editorial
Universidad de Nariño