

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro variedades  
de Arveja (*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de invernadero en  
Puellaró, Pichincha.**

**Joaquín Homero Castanier Polit**

**Ingeniería en Agroempresas**

Trabajo de Fin de Carrera presentado como requisito para  
la obtención del título de  
Ingeniero en Agroempresas

Quito, 29 de Agosto de 2020

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro variedades de Arveja (*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de invernadero en Puellaró, Pichincha.**

**Joaquin Homero Castanier Polit**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Mario Caviedes, PhD.**

**Firma del profesor:**

---

Quito, 29 de Agosto de 2020

## **DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Joaquin Homero Castanier Polit

Código: 00129110

Cédula de identidad: 1716137250

Lugar y fecha: Quito, 29 de Agosto de 2020.

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los principales y más sinceros agradecimientos son dedicados a mis padres Homero y María Augusta, y a mi hermana María Cristina, por su cariño y apoyo incondicional y por ser los más grandes ejemplos de vida. Agradezco mucho a todos mis maestros y profesores, especialmente a Mario Caviedes, Antonio León y Carlos Rúaes, por todas las valiosas enseñanzas en el camino de la Agronomía.

## RESUMEN

La Arveja (*Pisum sativum* L.) es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial, es un cultivo de buenas propiedades y potencial agronómico, sin embargo la productividad y el rendimiento nacional son considerablemente bajos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de arveja bajo condiciones de invernadero en Puellaro, Pichincha. El ensayo se llevó a cabo considerando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) de cuatro tratamientos y cuatro bloques o repeticiones, con dieciséis Unidades Experimentales. Los tratamientos estuvieron constituidos por variedades de Arveja; Arvejón Mata Grande (AMG), Arveja Mata Pequeña (AMP), Arvejón Punto Negro (APN) y Quantum (QTM). Se estimaron nueve variables de respuesta: Peso de mil semillas (P1000), Porcentaje de Emergencia (PE), Días a Floración (DF), Numero de Vainas por Planta (NVP), Longitud de Vaina (LV), Diámetro de Vaina (DV), Numero de Granos por Vaina (NGV), Peso Promedio de Vaina (PPV), y Rendimiento Estimado (RE). Con los datos registrados se llevó a cabo el análisis de varianza ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de separación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para cada variable, en base a las cuales se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, en ocho de nueve variables. El rendimiento en vaina estimado fue mayor en las variedades decumbentes AMG y APN (7.1 y 6.8 t/ha), que en las variedades erectas AMP y QTM (5.0 y 4.5 t/ha), siendo el promedio general de 5.8 t/ha. En cuanto al periodo de floración, resultaron significativamente más precoces las variedades erectas AMP y QTM (46 y 44 dds), que las variedades decumbentes AMG y APN (61 y 54 dds), siendo el promedio general de 51 dds. Adicionalmente, las variedades en promedio presentaron un 86% de emergencia, 17 vainas por planta, 6 granos por vaina, entre otros resultados. Con la información obtenida se puede concluir que las variedades decumbentes AMG y APN son la mejor alternativa para la producción de arveja bajo condiciones de invernadero. Por otra parte se recomiendan las variedades erectas AMP y QTM si lo que se busca es la precocidad de la producción.

**Palabras clave:** Arveja, , decumbentes, erectas, rendimiento estimado, variables de respuesta, variedades.

## ABSTRACT

Green Pea (*Pisum sativum* L.) is one of the most important legumes worldwide, it is a crop with good properties and agricultural potential, however, national productivity and yields are considerably low. The objective of this study is to assess the agronomic behavior of four pea cultivars-varieties under greenhouse conditions in Puellaro, Pichincha. The essay was executed considering a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four treatments, four blocks or repetitions, and sixteen experimental units. Treatments were constituted by pea cultivars: Arvejon Mata Grande (AMG), Arveja Mata Pequeña (AMP), Arvejon Punto Negro (APN) y Quantum (QTM). Nine response variables were estimated: Weight of one thousand seeds (P1000), Emergency percentage (PE), Days until flowering (DF), Number of pods per plant (NVP), Pod length (LV), Pod diameter (DV), Number of grains per pod (NGV), Average pod weight (PPV), and Estimated yield (RE). With the registered data, the Analysis of Variance ANOVA ( $p < 0.05$ ) and Tukey's HSD test ( $p < 0.05$ ) were executed for each variable, based on which highly significant differences were detected between treatments, in eight of nine variables. Estimated yield of green pods was higher in climbing varieties AMG (7.1 t/ha) and APN (6.8 t/ha), than in dwarf varieties AMP (5.0 t/ha) and QTM (4.5 t/ha), with 5.8 t/ha as the general average. On the other hand, days to flowering were significantly lower in dwarf varieties AMP (46 dtf) and QTM (44 dtf), than in climbing varieties AMG (61 dtf) and APN (54 dtf), with a general average of 51 days to flowering. Additionally, the assessed varieties presented, in average, an emergency percentage of 86%, 17 pods per plant, 6 grains per pod, and other results. With the obtained information, the conclusion is that climbing varieties AMG and APN are the best alternative for pea production under greenhouse conditions, while dwarf varieties AMP and QTM are a very good option if the goal is an early production cycle.

**Key words:** Green pea, climbing, dwarf, estimated yield, response variables, varieties.

## TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	12
1.1. Antecedentes .....	12
1.2. Justificación.....	16
II. MARCO TEORICO .....	18
2.1. Introducción al cultivo de Arveja.....	18
2.1.1. Descripción botánica. ....	18
2.1.2. Origen y distribución.....	19
2.1.3. Importancia mundial.....	20
2.1.4. El cultivo en Ecuador. ....	20
2.1.5. Ciclo de cultivo.....	21
2.1.6. Condiciones edafoclimáticas. ....	22
2.2. Manejo Agronómico .....	23
2.2.1. Preparación de suelo.....	23
2.2.2. Siembra.....	23
2.2.3. Riego.....	24
2.2.4. Fertilización.....	25
2.2.5. Plagas y enfermedades.....	26
2.2.6. Cosecha y rendimientos.....	28
2.2.7. Valor nutricional.....	29
2.2.8. Costos y precios.....	30
2.3. Variedades.....	31
2.3.1. Clasificación general. ....	31
2.3.2. Variedades en Ecuador. ....	32
2.3.3. Variedades en otros países.....	34
III. OBJETIVOS .....	35
3.1. Objetivo general .....	35
3.2. Objetivos específicos.....	35
3.3. Hipótesis.....	35
IV. MATERIALES Y METODOS .....	35
4.1. Localización del estudio.....	35
4.2. Material experimental .....	35
4.3. Manejo agronómico del cultivo.....	36
4.3.1. Preparación de terreno. ....	36



4.3.2. Camas de siembra y unidades experimentales. ....	36
4.3.3. Siembra, distancias y densidades.....	36
4.3.4. Sistema de riego.....	37
4.3.5. Control fitosanitario.....	38
4.3.6. Fertilización. ....	38
4.3.7. Tutorado y aporque.....	39
4.3.8. Cosecha y toma de datos. ....	39
4.4. Métodos estadísticos .....	40
4.4.1. Factor en estudio.....	40
4.4.2. Tratamientos .....	40
4.4.3. Diseño experimental .....	40
4.4.4. Variables de respuesta .....	41
4.4.5. Cuantificación de variables .....	41
V. RESULTADOS .....	43
5.1. Peso de mil semillas (P1000) .....	43
5.2. Porcentaje de emergencia (PE) .....	44
5.3. Días a floración (DF).....	45
5.4. Numero de vainas por planta (NVP).....	46
5.5. Longitud de vaina (LV).....	47
5.6. Diámetro de vaina (DV).....	48
5.7. Numero de granos por vaina (NGV).....	49
5.8. Peso promedio de vaina (PPV).....	50
5.9. Rendimiento estimado (RE).....	51
5.10. Resumen de resultados .....	52
VI. DISCUSION .....	54
VII. CONCLUSIONES .....	59
VIII. REFERENCIAS.....	61
IX. ANEXOS .....	68
9.1. ANEXO A. Registro fotográfico del ensayo.....	68
9.2. ANEXO B. Datos registrados para cada variable. ....	72
9.3. ANEXO C. Pruebas de comparación de medias de Tukey.....	74
9.4. ANEXO D. Análisis estadístico complementario con SPSS v22. ....	75

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción mundial de arveja.....	13
Tabla 2. Superficie y producción de arveja en Ecuador .....	14
Tabla 3. Superficie cultivada con arveja y tipos de semilla.....	15
Tabla 4. Productos químicos para el control de plagas y enfermedades .....	27
Tabla 5. Valor nutricional de granos frescos y secos de arveja .....	29
Tabla 6. Composición de granos frescos de arveja.....	29
Tabla 7. Características de variedades nacionales de arveja.....	33
Tabla 8. Características técnicas del ensayo .....	37
Tabla 9. Análisis de varianza ANOVA para variable P1000.....	43
Tabla 10. Prueba de separación de medias de Tukey para variable P1000 .....	44
Tabla 11. Análisis de varianza ANOVA para variable PE .....	44
Tabla 12. Análisis de varianza ANOVA para variable DF.....	45
Tabla 13. Prueba de separación de medias de Tukey para variable DF .....	45
Tabla 14. Análisis de varianza ANOVA para variable NVP.....	46
Tabla 15. Prueba de separación de medias de Tukey para variable NVP.....	46
Tabla 16. Análisis de varianza ANOVA para variable LV .....	47
Tabla 17. Prueba de separación de medias de Tukey para variable LV .....	47
Tabla 18. Análisis de varianza ANOVA para variable DV .....	48
Tabla 19. Prueba de separación de medias de Tukey para variable DV .....	48
Tabla 20. Análisis de varianza ANOVA para variable NGV .....	49
Tabla 21. Prueba de separación de medias de Tukey para variable NGV .....	49
Tabla 22. Análisis de varianza ANOVA para variable PPV .....	50
Tabla 23. Prueba de separación de medias de Tukey para variable PPV .....	50
Tabla 24. Análisis de varianza ANOVA para variable RE.....	51
Tabla 25. Prueba de separación de medias de Tukey para variable RE .....	51
Tabla 26. Resumen de resultados.....	53

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Esquema de distribución del ensayo en campo. ....	40
Figura 2. Esquema de UE y distribución de la toma de datos. ....	42
Figura 3. Peso de mil semillas (P1000). ....	43
Figura 4. Porcentaje de emergencia (PE).....	44
Figura 5. Días a floración (DF).....	45
Figura 6. Numero de vainas por planta (NVP). ....	46
Figura 7. Longitud de vaina (LV).....	47
Figura 8. Diámetro de vaina (DV).....	48
Figura 9. Numero de granos por vaina (NGV). ....	49
Figura 10. Peso promedio de vaina (PPV).....	50
Figura 11. Rendimiento estimado (RE). ....	51
Figura 12. Resumen de resultados. ....	52

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Antecedentes

La Arveja (*Pisum sativum* L.) es una planta herbácea anual de ciclo corto perteneciente a la familia Fabaceae (Leguminosas). Esta especie es ampliamente cultivada en todo el mundo, siendo principalmente aprovechada por sus vainas y granos de buen contenido nutricional. Las Leguminosas incluyen también a la Soya (*Glycine max*), Frejol (*Phaseolus vulgaris*), Garbanzo (*Cicer arietinum*), Lenteja (*Lens culinaris*), Maní (*Arachis hypogaea*), Haba (*Vicia faba*), Chocho (*Lupinus mutabilis*), entre otras. Dentro de este gran grupo, la Arveja es el segundo cultivo de mayor importancia a nivel mundial, después de la Soya.

Estas especies se destacan por su capacidad característica de fijar nitrógeno atmosférico para producir sus propios compuestos proteicos. Esto es gracias a la asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno, como *Rhizobium leguminosarum*, que habitan en los nódulos de sus raíces. Como consecuencia favorable de esto, sus granos presentan un alto contenido de proteína en comparación con otros cultivos y pueden ser utilizados para mejorar el estado nutricional de productos alimenticios (González y Arellano, 2009; Tulbek y otros, 2017).

Adicionalmente la fijación de nitrógeno en el suelo le confiere una considerable importancia en la rotación de cultivos y en el valor general del sistema de producción (Khan y otros, 2016), como resultado de lo cual la arveja puede considerarse como un cultivo atractivo dentro de la agricultura.

La Arveja es demandada en numerosas presentaciones. Sus granos pueden ser consumidos tanto en fresco como en seco; es utilizada en enlatados, congelados, harinas, deshidratados y otros procesados. También puede ser utilizada como forraje y como cultivo de cobertura o abono verde. Sus granos o semillas son una importante fuente de proteína, desde 20-22 hasta 25-26%, además de aminoácidos, azúcares, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales. Es un producto de amplio consumo en todos los estratos sociales de la población e

importante componente de la nutrición humana (Petruzzello, 2020; INTA, 2014; Peralta y otros, 2011).

Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT), en el 2018 los principales productores de arveja en vaina o grano fresco fueron China, India, Francia, Estados Unidos y Egipto; y los de grano seco fueron Canadá, Rusia, China, India y Ucrania.

Tabla 1  
*Producción mundial de arveja*

	Superficie (ha)	Producción (t/año)	Rendimiento (t/ha)
<b>Grano fresco</b>			
1. China	1,615,083	12,960,844	8,03
2. India	543,000	5,430,000	10,00
3. Francia	39,076	251,082	6,43
4. Estados Unidos	53,054	230,048	4,34
5. Egipto	20,592	200,000	9,85
...Ecuador	4,930	13,986	2,84
<b>Grano seco</b>			
1. Canadá	1,431,200	3,580,700	2,50
2. Rusia	1,385,555	2,304,432	1,66
3. China	1,000,094	1,525,476	1,53
4. India	997,735	920,473	0,92
5. Ucrania	426,100	775,600	1,82
...Ecuador	1,512	592	0,39

La Tabla 1 muestra los datos de superficie, producción y rendimiento de los cinco principales países productores de arveja en grano fresco y grano seco durante el año 2018. También se incluye datos de Ecuador. Fuente: (FAO, 2018).

Los exportadores con mayor participación en el mercado global son Holanda (19%), Guatemala, Estados Unidos, Perú y China (7.2%); e importadores fueron Estados Unidos (17.5%), Holanda, Reino Unido, Canadá y Bélgica (10.4%) (International Trade Centre ITC, 2019).

Dentro de las leguminosas de grano cultivadas en Ecuador, la arveja ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie sembrada y nivel de producción, después del fréjol y el haba. Se cultiva principalmente en la región Sierra, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja. Se siembra en un rango altitudinal de aproximadamente 1500-3000 msnm (Peralta y otros, 2011; Villavicencio y Vásquez, 2008). La mayor parte de la superficie sembrada es destinada a la producción de arveja en vaina o grano fresco.

Tabla 2  
*Superficie y producción de arveja en Ecuador*

	Año	2016	2018
<b>Superficie sembrada (has)</b>			
Total		9224	7088
Grano seco		2327	1676
Vaina tierna		5514	5412
<b>Superficie cosechada (has)</b>			
Total		7947	6442
Grano seco		1913	1512
Vaina tierna		4942	4930
<b>Producción (t/año)</b>			
Total		10577	14578
Grano seco		825	592
Vaina tierna		8955	13986

La Tabla 2 muestra las cifras de superficie y producción de arveja en Ecuador (total, grano seco y vaina tierna) durante los años 2016 y 2018. Fuente: (Encuesta de Superficie y Producción Agrícola Continua ESPAC, 2018; FAO, 2018; Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, 2016).

Las cifras reflejan que tanto la productividad como los rendimientos a nivel nacional son bajos, considerablemente menores que en otros países productores. Esto se debe principalmente a un bajo nivel de tecnificación en el cultivo. Solamente un 28% de la superficie es cultivada con riego y un 25% con aplicación de fertilizantes. Adicionalmente un 24% del área sembrada se pierde por inundaciones, plagas-enfermedades, sequía, o precios bajos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2004). Otro factor de importancia

es el uso predominante de semilla común, no mejorada. Alrededor del 78% de la superficie fue sembrada con semilla común, 18% con semilla mejorada, 2% con semilla certificada, y 2% con semilla híbrida (INEC, 2016). Todos estos factores influyen en el bajo rendimiento a nivel país.

Tabla 3  
*Superficie cultivada con arveja y tipos de semilla*

		Común	Mejorada	Certificada	Híbrida Nacional	Híbrida Internacional
Arveja grano seco	solo	2156	139	24	7	-
	asociado	448	104	-	-	-
Arveja en vaina	solo	3885	1308	163	6	153
	asociado	757	66	-	7	-
Total		7246	1617	187	20	153

La Tabla 3 muestra la superficie (ha) destinada al cultivo de arveja en Ecuador, ya sea solo o asociado, y a los diferentes tipos de semilla (común, mejorada, certificada, híbrida nacional e híbrida internacional). Fuente: (INEC, 2016).

El Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha desarrollado algunos materiales mejorados de arveja, incluyendo dos variedades enanas erectas INIAP-431 (I-431) *Andina* e I-432 *Lojanita* y cuatro variedades decumbentes I-433 *Roxana* e I-434 *Esmeralda*, I-435 *Blanquita* e I-436 *Liliana*. Estas variedades fueron obtenidas por selección intravarietal simple, siendo mejoradas desde 1990, evaluadas desde 1994, y liberadas en 1997 para las condiciones de la sierra ecuatoriana.

En relación con el cultivo de arveja, se han venido desarrollando numerosas investigaciones, a nivel nacional, regional y mundial, en múltiples aspectos de su producción, incluyendo la evaluación de las características agronómicas y el rendimiento de diversos materiales vegetales.

En la provincia de Carchi, Paspuel (2013) evaluó la adaptabilidad de cuatro variedades de arveja de tutoreo, Ayala (2012) estudió la respuesta de tres variedades a biofertilizantes, bacterias y micorrizas. En la provincia de Chimborazo, Muñoz (2013) evaluó las características agronómicas de quince cultivares de arveja. En la provincia de Pichincha, Arévalo (2013) evaluó cinco variedades de arveja bajo condiciones de invernadero. De igual manera, en otros países de la región, como Argentina, Chile, Colombia y Perú, se han venido realizando numerosos ensayos e investigaciones relacionadas con las características agronómicas y el rendimiento de diversas variedades de arveja.

## **1.2. Justificación**

Los procesos de cultivo y consumo de alimentos, así como las interrelaciones socioeconómicas y ambientales de la producción agrícola, demandan la mejora continua de las características agronómicas del material vegetal, y de la calidad de los insumos agrícolas (suelo, semilla, agroquímicos, agua, invernaderos y otros). Esto con el fin de incrementar su productividad, con calidad bajo los mejores estándares, manteniendo los costos en rangos que permitan su sostenibilidad, ante lo cual es preciso la investigación, innovación y desarrollo permanentes. En este sentido, es relevante la experimentación agrícola en cultivos como la arveja y otras leguminosas.

Estas especies constituyen cultivos de importancia económica y social con características agronómicas favorables. Sin embargo, la productividad y rendimiento nacional de arveja son bajos, esto debido principalmente al bajo nivel de tecnificación en su cultivo, como consecuencia del reducido uso de riego y fertilizantes, así como el uso predominante de semilla común, no mejorada (INEC, 2016; INIAP, 2004).



Resulta de importancia mejorar la productividad y rendimientos a nivel nacional, mediante el desarrollo tecnológico del cultivo, incluyendo el área de material vegetal. Siendo un campo de investigación que puede mejorar los sistemas productivos de los agricultores de las zonas productoras. Al buscar mejores alternativas en cuanto a material vegetal, es necesario identificar genotipos de alto rendimiento, así como determinar sus características agronómicas (Checa y otros, 2017).

Es importante contar con resultados de investigaciones que contribuyan a incrementar el rendimiento y la productividad en el cultivo de arveja, así como a promover el cultivo de la arveja a nivel de país, aprovechando su potencialidad agrícola y socioeconómica. Los estudios llevados a cabo por las universidades, centros académicos, institutos de investigación agrícola, contribuyen a lograr estos propósitos, mediante la obtención de resultados que eventualmente son llevados a la práctica y aplicados por los agricultores.

En este contexto, el presente trabajo se enfoca particularmente en aportar nueva información respecto a las variedades de arveja disponibles localmente para el futuro uso de semillas mejoradas con mayor productividad y rendimientos. El estudio también se relaciona con la tecnificación de las condiciones del cultivo, tal como el uso de invernaderos y sistema de riego por goteo. Los resultados de la investigación pueden beneficiar tanto a productores locales de arveja como a futuros investigadores.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Introducción al cultivo de Arveja

#### 2.1.1. Descripción botánica.

##### *Taxonomía*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Pisum
Especie	sativum
Nombre científico	<i>Pisum sativum</i> L.
2n = 14 cromosomas	

Fuente: Integrated Taxonomy Information System (ITIS, 2020).

##### *Descripción morfológica*

*Raíz.* Presenta un sistema radicular pivotante, con una raíz principal y numerosas raíces secundarias y terciarias. Generalmente no son muy desarrolladas, llegando a 50 cm de profundidad (Ruiz, 2019). Las raíces secundarias presentan nódulos que contienen bacterias fijadoras de nitrógeno. Estas ingresan por los pelos absorbentes, se reproducen abundantemente y llegan hasta el periciclo, donde forman una masa o sobrecrecimiento que se agranda hasta formar un nódulo (Casa, 2014). Este es un fenómeno ventajoso que caracteriza a el sistema radicular de la arveja y otras leguminosas.

*Tallo.* El tallo es trepador, angulado y hueco, siendo frágil o susceptible a ruptura. Puede presentar hábito de crecimiento determinado o indeterminado, dando lugar a variedades enanas, de medio enrame, y de enrame; con alturas aproximadas de 15-90 cm, 80-150 cm y 150-200 cm, respectivamente (Suquillo, 2019; INIAF, 2015; Muñoz, 2013).

*Hojas.* Las hojas son compuestas e imparipinadas, con folíolos opuestos elípticos de márgenes ondulados. Las estipulas son foliáceas y están insertadas en la base del peciolo,

siendo de igual o mayor tamaño que los foliolos (Suquillo, 2019; Casa, 2014). Los foliolos apicales u hojas superiores terminan en zarcillos simples o ramificados (3-5). Estos sirven como soporte y guía, confiriendo un hábito de crecimiento trepador y facilitando su crecimiento vertical (Petruzzello, 2020; INIAF, 2015).

*Flores.* Las flores son papilionadas, de forma mariposada, zigomorfas o de simetría bilateral. Generalmente son de color blanco, purpuras o moradas. Están presentes de forma individual o en racimos de 2-3 piezas (Petruzzello, 2020). El cáliz es gamosépalo de color verde pálido y muy persistente. La corola está formada por pétalos irregulares llamados alas, estandarte y quilla. El ovario es unilocular, unicarpelar, alargado y supero (Muñoz, 2013). La arveja es una planta autógama debido a la cleistogamia de las flores, estas permanecen cerradas después de la fecundación, haciendo que se autopolinize y auto fecunde (Camarena, 2003).

*Frutos.* El fruto es una vaina o legumbre de forma recta o ligeramente curva y alargada. Tiene una longitud en el rango de 5-10 cm (Muñoz, 2013). Las vainas son lisas, ligeramente onduladas, casi siempre de colores verdes. En su interior contiene desde 4 hasta 10 granos o semillas de forma esférica o redondeada, de color verde cuando frescos (INIAF, 2015; Muñoz, 2013). El fruto seco presenta dehiscencia, y cuando secos, los granos o semillas son esféricos o achatados, de color blanco, crema o verde y de superficie lisa o rugosa (INIAF, 2015).

### **2.1.2. Origen y distribución.**

La planta silvestre de Arveja (*Pisum sativum* L.) tiene como centros de origen el Mediterráneo, Asia y Etiopia. Se considera como una de las especies más antiguas en ser cultivadas, iniciándose en el oeste de Asia y difundiéndose hacia Europa, China, India, y demás regiones del mundo (Petruzzello, 2020; De Bernardi, 2017; DAFF, 2011). Actualmente las distintas subespecies, variedades e híbridos de arveja se distribuyen y se producen de manera significativa a nivel global.

### **2.1.3. Importancia mundial.**

Las estadísticas de la FAO indican que durante el 2018 los principales cinco productores de grano fresco de arveja (millones de toneladas anuales) fueron China (12.96), India (5.43), Francia (0.251), Estados Unidos (0.230) y Egipto (0.202). De acuerdo con esta fuente, los mayores rendimientos (t/ha) corresponden a Tailandia (13.87), Chipre (11.66), Jordania (11.28), Albania (10.85) e India (10.00). En el Ecuador la producción oscila las 14,000 toneladas anuales, con un rendimiento promedio de 2.85 t/ha. En cuanto a arveja en grano seco, los principales países productores son Canadá (3,580,700 t/año en 1,431,200 has), Rusia, China, India y Australia (317,209 t/año en 291,489 has).

Según el International Trade Centre (ITC), en el año 2019 los cinco principales exportadores de arveja en vaina o grano fresco (participación en mercado global) fueron Holanda (19%), Guatemala (17.8%), Estados Unidos (13.9%), Perú (8.1%), y China (7.2%). Por otro lado, los principales importadores de arveja fueron Estados Unidos (17.5%), Holanda (16%), Reino Unido (14%), Canadá (12.6%), y Bélgica (10.4%).

### **2.1.4. El cultivo en Ecuador.**

En el Ecuador la arveja es sembrada principalmente en la región Sierra. Las variedades enanas se distribuyen en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo, y Bolívar; y las variedades decumbentes se siembran, además de las provincias anteriores, en Cotopaxi, Tungurahua, Cañar, Azuay y Loja (Peralta y otros, 2013; Villavicencio y Vásquez, 2008).

En 2015-2016 la superficie sembrada con arveja fue de 9224 has, con 7947 has cosechadas y una producción total de 10577 t/año. La superficie sembrada para grano seco fue de 2327 has, con 1913 has cosechadas y una producción de 825 t/año. La superficie sembrada para arveja en vaina fue de 5514 has, con 4942 has cosechadas y una producción de 8955 t/año (INEC, 2016).

En el 2018 la superficie sembrada con arveja fue de 7088 has, con 6442 has cosechadas y una producción total de 14578 t/año. Superficie sembrada para grano seco fue de 1676 has, con 1512 has cosechadas y una producción de 592 t/año. La superficie sembrada para arveja en vaina fue de 5412 has, con 4930 has cosechadas y una producción de 13986 t/año; con un rendimiento promedio nacional de 2.85 t/ha (ESPAC, 2018; FAOSTAT, 2018).

El gran mercado potencial de la arveja es en grano tierno ya que es un producto de consumo masivo en Ecuador. El 96% de familias en la Sierra, 82% en la Costa y 94% en el Oriente, consumen esta leguminosa en estado tierno. En consumo per cápita no varía entre las regiones y es de 0.40 kg/mes. La arveja en 1999 tuvo una demanda de 26,368 toneladas (51% Sierra, 47% Costa, 2% Oriente). Para el año 2003 se estimó una demanda de 28,596 toneladas (Caicedo y otros, 1999).

#### **2.1.5. Ciclo de cultivo.**

Las etapas y periodos generales de cultivo son: 0.-Establecimiento (10-15 días). 1.-Vegetativo (25-30 días). 2.-Floración y formación de vaina (15-20 días). 3.-Formación y llenado de granos (15-20 días). 4.-Maduración (0-5 días). Esto resulta en un total de 65-100 días para arveja en fresco, con 20 días adicionales para la obtención de grano seco (FAO, 2020).

El periodo de crecimiento y tiempo hasta la cosecha depende del ambiente, y puede extenderse o acortarse según la temperatura ambiental, variando entre 110-120 días con bajas temperaturas, y 70-90 días en condiciones más cálidas (South África Department of Agriculture and Rural Development, KZNDARD, 2016; Greenwood y otros, 2008). Según la duración del ciclo de cultivo las variedades cultivadas pueden ser precoces, intermedias o tardías; con un tiempo hasta la cosecha de grano seco de 100 días en las más precoces, hasta 133 días en las más tardías (IICA-BID-PROCIANDINO, 1989).

El ciclo de cultivo reportado en la sierra ecuatoriana es de 85-100 días para variedades enanas y 105-115 días para decumbentes, mientras que el ciclo de cultivo en seco es de 115-

120 días para enanas y de 130-135 días para decumbentes (Peralta y otros, 2013). Al ser una especie de crecimiento rápido, se pueden llevar a cabo hasta 3 ciclos por año.

#### **2.1.6. Condiciones edafoclimáticas.**

En cuanto a la altitud del cultivo, como mínimo se recomiendan 1300-1500 msnm, y como máximo 3200-3400 msnm. La altitud óptima en general puede encontrarse dentro del rango de 1800-2000 hasta 2800-3000 msnm (Peralta y otros, 2013; Villavicencio y Vásquez, 2008; Alvino y Paucar, 2018).

La temperatura anual media óptima se encuentra en el rango de 13-15°C hasta 18°C. La temperatura mínima es de 7-10 °C. En algunas regiones es sembrada como cultivo de invierno, siendo moderadamente resistente a bajas temperaturas. Por otro lado la temperatura máxima es alrededor de 23-24 °C. Temperaturas excesivas pueden causar malformación de frutos y agravar enfermedades (FAO, 2020; Checa y otros, 2017; KZNDARD, 2016).

La precipitación anual media requerida es de 400-600 mm/año (Villavicencio y Vásquez, 2008). Se requieren como mínimo 250-380 mm de agua bien distribuidos durante el ciclo de cultivo, con mayor demanda durante la etapa de crecimiento y de floración (Checa y otros, 2017).

El suelo en lo posible debe ser franco arenoso, con buen drenaje, y un pH en el rango de 5.5-6.0, hasta 7.5 (Peralta y otros, 2013; Villavicencio y Vásquez, 2008). Según (INIA, 2015), un pH muy bajo puede inhibir la nodulación en raíces y la fijación de nitrógeno.

## **2.2. Manejo Agronómico**

### **2.2.1. Preparación de suelo.**

Realizar una arada, una rastrada y una surcada, ya sea de forma manual o mecánica. La rotación de cultivos puede hacerse con cereales como maíz, trigo, cebada, avena o quinua para reducir la presencia de hongos y la consecuente pudrición de raíces (Peralta y otros, 2013).

El suelo debe ser bien preparado con dos o tres aradas. No debe quedar demasiado fino o pulverizado, debe estar libre de malezas y remanentes de cultivo. Durante la última arada se puede realizar un abonado inicial, incorporando abono bien descompuesto y alguna fuente de Ca-Mg. Posteriormente el terreno debe ser rastrado o nivelado para una correcta distribución del agua de riego o de precipitaciones (DAFF, 2011).

Se pueden tomar en cuenta otras estrategias y realizar prácticas adicionales durante la preparación del suelo, como la desinfección por solarización, biosolarización, y/o la inoculación de suelo con bacterias fijadoras de nitrógeno.

### **2.2.2. Siembra.**

*Tratamiento de semilla.* La semilla puede ser tratada con fungicidas e inoculada previo a la siembra con bacterias fijadoras de nitrógeno (INTA, 2015) como el caso de *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium* spp., práctica que contribuye a la fijación de nitrógeno en la planta y reduce el requerimiento de abono o fertilizantes (DAFF, 2011).

*Época de siembra.* En el Ecuador se siembra aproximadamente desde marzo-abril hasta julio (Villavicencio y Vásquez, 2008; INIAP, 1987). En otros países, de cuatro estaciones, es utilizada como cultivo de invierno. *Métodos de siembra.* Se puede realizar de forma manual con ayuda de jornales o mecánicamente con implementos, como sembradora de granos.

*Cantidad de semilla.* La cantidad de semilla a utilizar es de 120-180 kg/ha para variedades enanas, o 120-140 kg/ha en el caso de variedades decumbentes o de tutoreo (Villavicencio y Vásquez, 2008).

*Distancias.* En el caso de arveja para grano fresco, las distancias de siembra más comunes son de 60 cm entre surcos y 25-30 cm entre sitios. Se recomiendan 80 cm entre surcos en el caso de variedades decumbentes (Villavicencio y Vásquez, 2008). También se puede realizar la siembra en filas dobles distanciadas a 20 cm con caminos de 60 cm (KZNDARD, 2016). La distancia entre sitios puede ser de 10 cm (1 semilla/sitio), de 20 cm (2 semillas/sitio), o de 30 cm (3 semillas/sitio) (INIAP, 1987). Una mayor distancia entre sitios-plantas facilita el control manual de malezas en lugar de utilizar herbicidas.

*Densidades.* Las densidades de siembra y poblaciones obtenidas son variables, dependen de la variedad, de las distancias de siembra, y del número de semillas por sitio. Como mínimo se deben obtener entre 166,000 y 250,000 plantas/ha (INIAP, 1987). En ensayos de (Burbano y otros, 2018) evaluaron densidades de 50,000 - 200,000 plantas/ha, y en el caso de (Casanova y otros, 2012) obtuvieron buenos resultados con 200,000 plantas/ha. Por otra parte (KZNDARD, 2016) recomienda la siembra de 33 semillas/m<sup>2</sup> en filas simples o de 50 semillas/m<sup>2</sup> en filas dobles, obteniendo poblaciones de 330,000 hasta 500,000 plantas/ha.

Al realizar los cálculos con diferentes distancias de siembra y número semillas por sitio, se cuenta con lo siguiente: Con 50 cm entre filas, 30 cm entre sitios, y 3 semillas/sitio, se obtienen 200,000 plantas/ha (densidad del presente ensayo). Con 50 cm entre filas, 30 cm entre sitios, y 5 semillas/sitio, se obtienen 333,333 plantas/ha. Con 60 cm entre filas, 25 cm entre sitios, y 5 semillas/sitio, se obtiene una población de 334,000 plantas/ha.

### **2.2.3. Riego.**

El cultivo de arveja puede llevarse a cabo en seco, sin riego, siempre y cuando se cumpla con los requerimientos mínimos de precipitación,  $\pm 350$  mm/año (Checa y otros, 2017). Esta especie no responde bien al exceso de agua, si se cuenta con riego, no debe ser excesivo (Peralta y otros, 2013; USA Pulses, 2020). Sin embargo, el rendimiento del cultivo puede asegurarse o incrementarse al contar con un sistema de riego independiente de la oferta pluvial.



Si se cuenta con riego por surcos debe procurarse la distribución uniforme de agua, evitando encharcamientos. El número y la frecuencia de riegos depende del suelo, la variedad, y las condiciones climáticas. En ausencia de precipitación, pueden ser necesarios de 5 a 6 riegos por ciclo, un riego cada 15 días aproximadamente (Peralta y otros, 2013).

Los periodos más sensibles al déficit hídrico son durante la floración y el llenado de granos o vainas, en los cuales debe enfatizarse el riego. Una adecuada oferta de agua durante floración incrementa el número de vainas comerciales y el número de granos por vaina. Una adecuada oferta durante formación de granos aumenta el peso de estos. Los riegos ligeros y frecuentes pueden causar maduración desuniforme de granos (FAO, 2020).

#### **2.2.4. Fertilización.**

Los requerimientos nutricionales de la arveja (N-P-K) son alrededor de 20-40 kg-N/ha, 40-60 kg-P/ha, y 80-160 kg-K/ha. Aunque la arveja es capaz de fijar una cierta cantidad de nitrógeno atmosférico, una dosis inicial de 20-40 kg-N/ha siempre contribuye al crecimiento inicial de plantas (FAO, 2020). Las leguminosas como la arveja tienen una alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. La cantidad promedio de nitrógeno fijado por la arveja es de 75 kg-N/ha/año. Se encuentra en un nivel intermedio de fijación (kg-N/ha/año) en comparación con otras leguminosas como: Haba (114), Maní (109), Soya (88), Lenteja (83), y Frejol (49) (INIA, 2015).

La mejor fertilización es la realizada en función del análisis de suelo y de la fertilidad de este. Como una recomendación general, se sugiere aplicar 100-200 kg/ha de Fosfato diamónico (DAP: 18-46-00) o de (10-30-10) al momento de la siembra (Villavicencio y Vásquez, 2008). También se pueden aplicar de forma fraccionada en dos momentos. Para el caso de fertilización orgánica, se recomienda incorporar como mínimo 2-3 t/ha de abono bien descompuesto, junto con 100 kg/ha de alguna fuente de Ca-Mg como dolomita, durante la última arada en la preparación de suelo (DAFF, 2011). La fertilización utilizada en el INTA es

de 70 kg/ha de DAP (18-46-00) aplicado al voleo pre-siembra, y 90 kg/ha de DAP (18-46-00) durante la siembra (INTA, 2015). Esta dosis de DAP (160 kg/ha) concuerda con el rango de 100-200 kg/ha sugerida por (Villavicencio y Vásquez, 2008).

### **2.2.5. Plagas y enfermedades.**

Las principales plagas son Trozadores (*Agrotis* sp., *Spodoptera* sp.), Pulgones o áfidos (*Macrosiphum* sp.) y Barrenador del tallo (*Melanagromyza* sp.). Las principales enfermedades son Oidio (*Erysiphe polygoni*), Ascochyta (*Ascochyta pisi*), Antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y Alternaria (*Alternaria* sp.) (Minchala y Guamán, 2016; Peralta y otros, 2013; Villavicencio y Vásquez, 2008).

Se recomienda llevar a cabo un Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), incorporando múltiples estrategias y componentes (*genético, cultural, mecánico, biológico, químico*) dentro del plan de control fitosanitario.

*Genético*: utilizar variedades resistentes a enfermedades, adaptadas condiciones locales, de buen rendimiento y vigor. Las variedades mejoradas INIAP *Andina* y *Lojanita* son tolerantes a Oidio, Alternaria y Pudrición radicular; y las variedades *Roxana* y *Esmeralda* son tolerantes, además, a Ascoquita y Antracnosis (INIAP, 1997). *Quantum* es una variedad de buen vigor y rusticidad con tolerancia a Fusarium y Mildiu (Seminis, 2012).

*Cultural*: adecuado manejo del cultivo, rotación de cultivos, uso de semilla certificada, preparación de suelo, distancias y densidades de siembra, control de malezas, sistema de riego, utilización de trampas, entre otras. *Mecánico*: correcta preparación y limpieza mecánica de terreno, implementos de deshierba, sopladora, aspiradora, entre otras herramientas mecánicas.

*Biológico*: el control biológico se puede llevar a cabo considerando diferentes organismos que pueden llegar a mitigar o controlar la presencia de plagas o enfermedades en el cultivo. Algunos de los controladores más comunes son Parasitoides (*Aphelinus*, *Aphidioletes*, *Aphidius*, *Diaretiella*, *Encarsia*, *Lysiphlebus*, *Trichogramma*); Depredadores

(*Adalia*, *Coccinella*, *Chrysopa*, *Chrysoperla*, *Hippodamia*, *Orius*) (Koppert Biological Systems, 2018); Hongos (*Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Verticillium*); Bacterias (*Bacillus*) y Nematodos (*Steinermena*). Existen otros productos semi biológicos que se pueden utilizar, incluyendo extractos de Neem (*Azadiractina*), Spinosad, Extractos vegetales (ají, ajo, mostaza), entre otros.

*Químico*: insecticidas, fungicidas y herbicidas.

Tabla 4

*Productos químicos para el control de plagas y enfermedades*

Plagas	Producto (I.A.)	Dosis/ha (200L)
Tierrezos o trozadores ( <i>Agrotis</i> sp., <i>Spodoptera</i> sp.)	KSI	800 cc
	Carbaryl 800 PM	500 g
	Deltametrina, piretroide	40 g
Pulgones o afidos ( <i>Macrosiphum pisi</i> )	Diazinon 600 EC	300 cc
	Clorpirifos 480 EC	350-400 cc
Barrenador de tallo ( <i>Melanagromyza</i> )	Clorpirifos 480 EC	350-400 cc
<b>Enfermedades</b>		
Oidio ( <i>Erysiphe polygoni</i> D.C.)	Azufre 850	550 cc
	Penconazol 100 EC	100 cc
	Hexaconazol	200 cc
Ascochyta ( <i>Ascochyta pisi</i> Lib.)	Azufre	600 cc
	Clorotalonil W-750 PM	250 g
	Hexaconazol	200 cc
Antracnosis ( <i>Colletotrichum pisi</i> )	Carbendazim	120-240 cc
	Propineb 700 PM	500 cc
	Carbendazim 500 FL	200 cc
Alternaria ( <i>Alternaria</i> spp.)	Benomil	250 g
	Clorotalonil	800 cc
	Clorotalonil W-750 PM	250 g
	Clorotalonil	700-1000 cc
	Mancozeb + Caldo bordeles30	500 g

(Minchala y Guamán, 2016; Peralta y otros, 2013; Villavicencio y Vásquez, 2008).

### 2.2.6. Cosecha y rendimientos.

*Cosecha.* Durante las últimas etapas del cultivo, las vainas deben ser monitoreadas para determinar el momento óptimo de cosecha. La cosecha de grano seco se realiza en una sola pasada, y la cosecha en fresco se realiza con múltiples pasadas (Peralta y otros, 2013). La cosecha para mercado en fresco inicia cuando las vainas se encuentran completamente desarrolladas, verdes y redondeadas. Generalmente las vainas inferiores maduran primero, y se deben ir recolectando progresivamente a medida que maduran, procurando mantener la calidad y uniformidad de la producción y estimulando la producción de nuevas vainas. Dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo, la cosecha puede extenderse por un periodo de 45-70 días. Normalmente se realizan 3 cosechas a lo largo de 3 semanas (DAFF, 2011; USA Pulses, 2020).

*Rendimientos. Internacional grano fresco:* El rendimiento de arveja en vaina tierna a nivel internacional se encuentra en el rango de 3-10 t/ha, con promedios de 5-6 t/ha (KZNDARD, 2016). Según (FAOSTAT, 2018) pueden llegar hasta las 13 t/ha. *Nacional grano fresco:* El rendimiento nacional de arveja en vaina tierna es de 2.85 t/ha (2,850 kg/ha) (FAOSTAT, 2018). A nivel experimental el promedio de cosecha es de 84 bultos (50kg), es decir 4.20 t/ha (4,200 kg/ha) (Villavicencio y Vásquez, 2008; Peralta y otros, 2013).

*Internacional grano seco:* El rendimiento de grano seco suele encontrarse en el rango de 1.0 - 5.0 t/ha. Un rendimiento de 4 o 5 t/ha en adelante, es considerado como muy bueno. Rendimientos moderadamente buenos son de 2.5 - 3.5 t/ha. El promedio mundial es de 1.62 t/ha (Khan y otros, 2016). Ensayos en Argentina y Chile muestran rendimientos en el rango de 1.6 - 4.0 t/ha (INTA, 2010; INIA, 2015). *Nacional grano seco:* En cuanto a rendimiento en grano seco, el promedio de cosecha a nivel experimental es de 30 quintales (45kg), es decir 1.35 t/ha (1,350 kg/ha) (Villavicencio y Vásquez, 2008; Peralta y otros, 2013).

### 2.2.7. Valor nutricional.

Tabla 5

*Valor nutricional de granos frescos y secos de arveja*

Componente	Grano fresco %	Grano seco %
Agua	70 - 75	10 - 12
Proteína	5.0 - 7.0	20 - 23
Carbohidratos	14 - 18	61 - 63
Grasa	0.2 - 0.4	1.5 - 2.0
Fibra	2.0 - 3.0	5.0 - 7.0
Cenizas	0.5 - 1.0	2.5 - 3.0

(INIA, 2008 en Ruiz, 2019 ; Prado, 2008 en Casa, 2014).

Tabla 6

*Composición de granos frescos de arveja*

Valor nutricional de granos frescos (100 g)		
Energía	81	Kcal
Grasas totales	0.4	g
proteínas	5.4	g
Carbohidratos	14.5	g
Fibra	5.1	g
Vitamina C	40	mg
Folato	65	mg
Niacina	2.1	mg
Magnesio	33	mg
Potasio	244	mg
Hierro	1.5	mg
Calcio	56	mg
Zinc	1.2	mg

(De Bernardi, 2017).

La arveja es uno de los alimentos que mayor cantidad de carbohidratos y proteínas posee por unidad de peso. Es una importante fuente de sacarosa, aminoácidos, vitaminas (A, B, C), fibra y nutrientes; además presenta un bajo porcentaje de grasas (De Bernardi, 2017). El contenido de proteína en los granos de arveja es del 20-25%. Es una buena fuente de aminoácidos esenciales, con alto contenido de lisina (González y Arellano, 2009).

### 2.2.8. Costos y precios.

*Costos de producción.* Los costos de producción estimados son de 2,540 USD/ha en el caso de grano seco, y de 2,434 USD/ha en el caso de arveja en vaina o grano fresco. Considerando rendimientos de 1350 kg/ha y 4200 kg/ha, respectivamente (Villavicencio y Vásquez, 2008; Peralta y otros, 2013). Estos costos se encuentran sobrevalorados en comparación con el reportado por (Arévalo, 2013), que es de 1,443 USD/ha en caso de grano seco. El promedio entre estos dos es de 1,965 (2,000) USD/ha.

*Precios de venta.* Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), el precio promedio de arveja tierna en vaina (var. *Quantum*) en los mercados mayoristas del Distrito Metropolitano de Quito, es de 0.675 USD/kg (mínimo 0.63-0.66, máximo 0.70-0.72). El precio más reciente es de 0.66 USD/kg (30/06/2020), con tendencia a mantenerse así (SIPA, 2020). Los precios a nivel de país varían desde 0.59 USD/kg en Bolívar-Carchi, hasta 1.62 USD/kg en Machala. En cuanto a grano seco, el precio es de 0.77 USD/kg en Quito, y 0.88 USD/kg en Cuenca (SIPA, 2020).

*Análisis breve de rentabilidad.* Considerando datos anteriores, si se cuenta con un rendimiento de 4.2 t/ha (4,200 kg/ha) de arveja en vaina, como el indicado por (Peralta y otros, 2013), y con un precio de venta de 0.67 USD/kg como el reportado en (SIPA, 2020), se obtendría un ingreso neto de 2,814 USD/ha. Al restar los costos de producción (2,434 USD/ha), la utilidad sería de tan solo 380 USD/ha. Esto puede ser debido a una sobreestimación de los costos de producción. Si se considera un costo de producción más moderado (2,000 USD/ha), la utilidad sería de 814 USD/ha; y si adicionalmente se considera un mayor rendimiento promedio (5.83 t/ha), las utilidades pueden rondar los 1,906 USD/ha. Hay que considerar que se puede realizar hasta tres ciclos anuales, especialmente en grano fresco, por lo tanto la rentabilidad podría incrementarse.

## 2.3. Variedades

### 2.3.1. Clasificación general.

La arveja es una especie con elevada variación genética, existen cientos de variedades a nivel mundial, y estas se pueden clasificar o dividir en función de algunas características diferenciadoras. Las variedades también pueden diferir en cuanto a requerimientos edafoclimáticos y manejo agronómico. En una variedad de arveja se toman en cuenta algunas características como las que siguen.

*Habito de crecimiento y tamaño.* De acuerdo a su hábito de crecimiento pueden ser enanas erectas, o decumbentes (Villavicencio y Vásquez, 2008; Peralta y otros, 2013), también conocidas como semiafilas y foliosas, respectivamente (INTA, 2015). El tamaño o altura de planta (m) puede ser enano (0.4), semitrepador (0.8-1.0), o trepador (1.5-2.0) (De Bernardi, 2017). Las variedades decumbentes, de amarre, o trepadoras, requieren ser guiadas mediante un sistema de tutorado, mientras que las variedades enanas-erectas no lo necesitan.

*Color y forma del grano.* Los granos en estado fresco casi siempre son verdes, pero al secarse pueden cambiar de color y/o textura. Estos pueden ser de color verde, amarillo o crema. Generalmente los granos verdes son más pequeños que los amarillos (USA Pulses, 2020; INTA, 2015). La forma o textura del grano en estado seco puede ser liso o rugoso. Los granos rugosos generalmente se consumen en fresco por ser más dulces, mientras que los granos lisos son más valorados en seco, para la elaboración de harinas o arveja partida (Camarena, 2003).

*Ciclo de cultivo.* Dependiendo del tiempo hasta floración y cosecha, las variedades se clasifican como precoces o tempranas; intermedias o semi-tardías; y variedades tardías. Las variedades precoces inician floración a los 30-50 días después de siembra (dds), inician cosecha de grano verde a los 69-84 dds, e inician cosecha de grano seco a los 100-111 dds. En el caso de las intermedias, los periodos son de 51-80, 85-100 y 112-123 dds, respectivamente; y en variedades tardías, de 81-100, 101-115 y 124-133 dds (IICA-BID-PROCIANDINO, 1989).

*Destino de la cosecha.* Según el destino específico de la cosecha, las variedades de arveja pueden ser de grano fresco, de grano seco, de vaina, o forrajeras.

*Variedades botánicas.* Las variedades botánicas, hijas directas de *Pisum sativum*, son *P. sativum* var. *arvense*, *P. sativum* var. *elatius*, *P. sativum* var. *macrocarpon*, *P. sativum* var. *pumilio* y *P. sativum* var. *sativum* (ITIS, 2020). La variedad *arvense* es aprovechada por sus granos secos, para alimentación humana o con fines forrajeros para alimentación animal. Generalmente presentan flores purpuras y es conocida también como arveja de campo, arveja seca, arveja forrajera, field pea (Krarup, 1993). La variedad *macrocarpon* produce vainas comestibles, estas son aplanadas, no contienen fibra en la unión de sus valvas, y carecen de endocarpio. Generalmente presentan flores blancas o purpuras y es conocida también como arveja china (Camarena, 2003; Krarup, 1993). La variedad *sativum* es cultivada para la obtención de granos tiernos para consumo en fresco o para enlatados y congelados. Presenta mayormente flores de color blanco, y es conocida también como arveja, guisante, green pea, canning pea (Krarup, 1993).

### **2.3.2. Variedades en Ecuador.**

Las variedades de arveja desarrolladas para la región Sierra en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), y en la Estación Experimental del Austro (EEA), del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) son: INIAP-431 *Andina*, INIAP-432 *Lojanita*, INIAP-433 *Roxana*, INIAP-434 *Esmeralda*, INIAP-435 *Blanquita*, e INIAP-436 *Liliana* (Villavicencio y Vásquez, 2008; Peralta y otros, 2013).

INIAP-431 *Andina* e INIAP-432 *Lojanita* son variedades enanas erectas. La primera es originada en la línea E-134 Maxi proveniente del INTA (Argentina), y la segunda en la línea E-150 de Imbabura (Pimampiro). Las dos fueron colectadas en 1989 y evaluadas a nivel de la sierra a partir de 1994. Por otro lado, INIAP-433 *Roxana* e INIAP-434 *Esmeralda* son variedades decumbentes. La primera se origina en la línea E-145 de Imbabura (Cotacachi), y



la segunda en la línea E-175 proveniente del ICA (Colombia). La primera ingreso al país en 1990 y fue evaluada desde 1995 en la sierra, mientras que la segunda ingreso en 1982 y fue evaluada desde 1992. El mejoramiento de estas cuatro variedades se realizó a través de selección intravarietal simple (INIAP, 1997).

Tabla 7  
*Características de variedades nacionales de arveja*

	INIAP-431 Andina	INIAP-432 Lojanita	INIAP-433 Roxana	INIAP-434 Esmeralda
Habito de crecimiento	erecta	erecta	decumbente	decumbente
Color de flor	blanca	blanca	blanca	blanca
Color de grano seco	verde oscuro	crema	crema	verde claro
Tipo de grano	liso	liso	liso-hoyuelos	liso
Tamaño de grano seco	mediano	mediano	grande	grande
Tamaño de grano tierno	mediano	mediano	grande	grande
Altura de la planta (cm)	42	51	123	126
Largo de la vaina (cm)	7	7	8	8
Días a floración	70	68	75	70
Días a cosecha -verde	87-100	85-95	105-115	105-110
Días a cosecha -seco	115-120	115-120	130-135	125-130
P1000 granos secos (g)	320	340	330	340
P1000 granos tiernos (g)	550	520	550	640
Numero de granos/vaina	5	5	6	4
Numero de vainas/planta	11	10	12	12
Rend. en seco (kg/ha)	1833	2140	1973	1640
Rend. vaina verde (kg/ha)	4462	5038	6866	4971
Rend. grano tierno (kg/ha)	2098	2496	3570	2436

La Tabla 7 muestra algunas de las características morfológicas y agronómicas de cuatro variedades de arveja mejoradas por el INIAP para la sierra ecuatoriana (INIAP, 1997).

Otras variedades utilizadas y evaluadas en Ecuador incluyen: *Legacy*, *Temparana*, *Kelma*, PLS-183, *Alexandra* (Arévalo, 2013). *Lojanita*, *Temprana Perfecta*, *Híbrida* (Ayala, 2012). *San Isidro*, *Andina*, *Piquinegra*, *Sindamanoy* (Paspuel, 2013). INIAP-433 *Roxana*, INIAP-434 *Esmeralda*, INIAP-435 *Blanquita* e INIAP-436 *Liliana*, *Legacy*, PLS-150, PLS-182, PLS-183, *Alexandra*, *Early Perfection*, *Quantum*, *Televisión*, *Arveja Ojo Negro*, *Arvejón Peruano*, *Arvejón* (Muñoz, 2013).

### 2.3.3. Variedades en otros países.

En cuanto a material internacional, cada país productor cuenta con su respectiva colección o grupo de variedades disponibles, ya sean comerciales o experimentales. El conocimiento de variedades extranjeras y el potencial del intercambio de germoplasma son una importante contribución en el desarrollo del cultivo a nivel regional.

En Argentina algunas de las variedades más comunes de grano verde son *Facon*, *Viper*, *Pampa* y *Bluestar*. Las de grano amarillo son *Reussite*, *Yams* y *Navarro* (INTA, 2015). Otros materiales incluyen *Cobri*, *Mikado*, *Florette*, *Spiket*, *Target*, *Kwartella*, *Puget*, *Early Perfection*, *Bolero*, *Profino*, *Banquet*, *Duet*, *Pania*, *Frizette*, *Puget*, *Dark Skin Perfection*, *Numero 40*, *Jof*, *Onward* (SINAVIMO, 2016).

En Colombia las variedades más utilizadas incluyen *Obonuco Andina*, *San Isidro*, *Sureña* y *Sindamanoy* (Checa y otros, 2017). Variedades introducidas y evaluadas para uso industrial incluyen *Aim*, *Alsweet*, *Flair*, *Kriter*, *Marifon*, *Payload*, *Pronto*, *Rondifon* y *Trend* (Patiño y otros, 1997).

En Chile, variedades producidas y estudiadas incluyen *Televisión*, *Utrillo*, *Perfect Freezer*, *Ambassador*, *Solara*, *Catrico SS*, *Lebu Loma 13*, *Bolero*, *Progeta*, *Arvejas de vaca* y *Variedades INIA: Amarilla*, *Botánica*, *Feyal*, *Brisca* (INIA, 2015).

En Perú, variedades utilizadas y evaluadas incluyen *Blanco Churcampa*, *Remate*, *Alderman* y *Usui* (Alvino y Paucar, 2018); *Boca Negra*, *Blanquita* y *Verde Rugosa* (Silva y otros, 2018); *Alderman*, *Quantum*, *Rondo*, *Hibrido*, *Utrillo* y *Remate* (Barzola y Hermitaño, 2018); *Usui*, *Remate*, *Alderman*, *PI6751*, *Atena*, *Bolero*, *Tonic*, *Primos*, *Early Perfection* y *Quantum* (Ruiz, 2019).

### III. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de Arveja (*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de invernadero en Puellaro, Pichincha.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Comparar características agronómicas de rendimiento en cuatro variedades de arveja.
- Determinar si existen diferencias significativas entre las variedades estudiadas.
- Evaluar la respuesta de los diferentes materiales a las condiciones de cultivo.

#### 3.3. Hipótesis

Las variedades presentan características diferenciadas en cuanto a su comportamiento agronómico.

### IV. MATERIALES Y METODOS

#### 4.1. Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en la parroquia de Puellaro, provincia de Pichincha, Ecuador. El sitio está localizado en 0°00'44"N 78°23'47"W, a una altitud de 2,063 msnm. El ensayo se realizó en una parcela dentro de un invernadero tipo capilla de plástico y metal. El área experimental total fue de 190 m<sup>2</sup>, con 160 m<sup>2</sup> de área estimada neta. El suelo es franco-arenoso con pH de 6.9. La temperatura media dentro del invernadero es de 20°C, con mínima de 11°C, máxima de 31°C, y humedad relativa de ±70%.

#### 4.2. Material experimental

El material vegetal utilizado estuvo constituido por 4 variedades de Arveja (*Pisum sativum* L.): Arvejón Mata Grande (AMG), Arveja Mata Pequeña (AMP), Arvejón Punto Negro (APN) y Quantum (QTM). Las semillas fueron adquiridas en El Quinche, Pichincha, y presentan las siguientes características de textura, color y tamaño. AMG: grano liso, color

crema, tamaño mediano-grande. AMP: grano liso, color crema, tamaño mediano. APN: grano liso, color crema con punto negro, tamaño mediano-grande. QTM: grano rugoso, color verde, tamaño pequeño. Las variedades AMG y APN son decumbentes o de amarre, y las variedades AMP y QTM son enanas erectas.

### **4.3. Manejo agronómico del cultivo**

#### **4.3.1. Preparación de terreno.**

Se realizó una limpieza general del sitio y el arado de suelo con motocultor (Goldoni special lux 140). La última fertilización en la parcela del invernadero se llevó a cabo hace  $\pm 6$  meses con gallinaza descompuesta a razón  $\pm 15$  sacos por cama de siembra.

#### **4.3.2. Camas de siembra y unidades experimentales.**

Se armaron 4 camas de siembra ( $2.0 \text{ m} \times 20.0 \text{ m} = 40.0 \text{ m}^2$ ) separadas a 0.50 m entre sí. La superficie total del ensayo fue de  $190 \text{ m}^2$ ;  $160 \text{ m}^2$  correspondientes a camas de siembra, y  $128 \text{ m}^2$  de área agrícola neta (UE). La eficiencia en el uso de suelo fue de 84% para camas de siembra y de 67.4% para UE. Cada cama se dividió mediante estacas y piola en 4 partes iguales, obteniendo un total de 16 UE, cada una de  $2.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m} = 8 \text{ m}^2$ . Se contó con una distancia de bloqueo de 1.0 m entre UE.

#### **4.3.3. Siembra, distancias y densidades.**

La siembra se llevó a cabo en 4 filas por variedad por bloque, con 16 líneas por bloque y un total de 64 líneas en el ensayo. Las distancias fueron de 0.50 m entre filas y 0.30 m entre sitios. Se sembraron 13 sitios/línea, 52 sitios/UE y un total de 832 sitios en el ensayo. Se colocaron 3 semillas por sitio de siembra. La densidad de siembra en las UE fue de 6.5 sitios/ $\text{m}^2$ , con una densidad final de plantación de 19.5,  $\sim 20 \text{ pl./m}^2$ , considerando la presencia de 3 plantas por sitio. La fecha de siembra fue el 15/02/2020, y la fecha de resiembra el 03/03/2020.

#### 4.3.4. Sistema de riego.

Se implemento un sistema de riego por goteo. Se colocaron 4 cintas de riego de 20.0 m en longitud por cada cama de siembra, un total de 16 líneas o cintas de riego. Las distancias utilizadas fueron de 0.5 m entre cintas, y 0.2 m entre goteros. Se contó con 5 goteros por metro lineal, 20 goteros por fila de UE, 100 goteros por fila, y 1600 goteros en total. El caudal máximo de los goteros es de 2.1 L/h y el caudal estimado en los goteros fue de 0.15 L/h. Adicionalmente se colocaron sujetadores metálicos en los extremos de cada cinta para fijar la línea de goteo. El riego fue suministrado por alrededor de 1 h cada 2 días. El agua fue suministrada por medio del sistema de riego y reservorio local.

Tabla 8  
*Características técnicas del ensayo*

Camas de Siembra		Distancias, Densidades, Siembra	
Número de camas	4	Filas por cama	4
Ancho de cama	2.0 m	Distancia entre filas	0.50 m
Largo de cama	20.0 m	Distancia entre plantas	0.30 m
Área de camas	40 m <sup>2</sup>	Plantas por fila	52
Distancia entre camas	0.50 m	Semillas por sitio	3
Área total de ensayo	190 m <sup>2</sup>	Densidad de siembra	20 pl./m <sup>2</sup>
Área agrícola neta	160 m <sup>2</sup>	Fecha de siembra	15/2/2020
Eficiencia uso suelo	0.84	Fecha de resiembra	28/2/2020
Unidades Experimentales		Sistema de Riego	
Numero de UE	16	Cintas de riego por cama	4
Ancho de UE	2.0 m	Distancia entre cintas	0.50 m
Largo de UE	4.0 m	Distancia entre goteros	0.20 m
Área de UE	8.0 m <sup>2</sup>	Goteros por metro lineal	5
Distancia entre UEs	1.0 m	Goteros por fila	100
Sitios por UE	52	Goteros por fila UE	20
Sitios total	832	Goteros total	1600

La Tabla 8 muestra un resumen de las características del ensayo, incluyendo datos de superficie, camas de siembra, siembra, unidades experimentales y sistema de riego.

#### 4.3.5. Control fitosanitario.

Para el control de gusano trozador (*Agrotis* sp.) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*) se preparó una mezcla con *Bacillus thuringiensis* (2-2.5 cc/L), Neem (2 cc/L), Fertilizante foliar (0.5 cc/L) y Fijador agrícola (1 cc/L), con una bomba mochila con 12L de agua. Se realizó un total de (3) aplicaciones, en intervalos de 7-15 (10) días.

Posteriormente se realizó una aplicación general en el invernadero (02/04, 47 dds); para esto se preparó una mezcla de Abamectina (0.6 cc/L), Sulfoxaflor (0.6 cc/L), Fertilizante foliar (2 cc/L) y Fijador agrícola (1 cc/L) en un tanque de 160 L, aplicado con fumigadora.

Durante las últimas etapas del cultivo se realizó una aplicación de Azufre micronizado en dosis de 2.5 cc/L para el control de Oídio (*Erysiphe polygoni*). El control de malezas se realizó de forma manual, con un implemento de deshierba, o azadón. Las deshierbas se realizaron aproximadamente cada ~14 días.

#### 4.3.6. Fertilización.

Los resultados del análisis de suelo mostraron un nivel medio-alto de fertilidad, con disponibilidad aceptable de NPK. La fertilización del ensayo se llevó a cabo con una serie de aplicaciones vía riego por goteo y vía aspersión de algunos productos orgánicos, microbiológicos y foliares.

Fertilización foliar: la mezcla se hizo en un tanque mochila de 20L para su posterior aspersión. Se realizaron  $\pm$  4 aplicaciones de Fertilizante foliar I (1-3 cc/L); Fertilizante foliar II (3-18-18) (2 cc/L); Fijador agrícola (1 cc/L).

Fertilización vía riego: se realizó la mezcla en un tanque de 120L para ser suministrada por el sistema de riego cada 7-10 días a partir de los 45 dds. Se aplicaron ácidos húmicos y fúlvicos + K<sub>2</sub>O (2 g/L); *Bacillus* spp. (4 cc/L); *Trichoderma*, *Paecilomyces* y *Arthrobotrys* spp. con ácidos húmicos (4 cc/L); Regulador de pH (5 cc/L).

#### **4.3.7. Tutorado y aporque.**

Se llevo a cabo el tutorado en dos variedades: arvejón Mata Grande (AMG) y arvejón Punto Negro (APN). Esta labor se realizó en forma de cajón; primero se colocaron 4 estacas de madera (3x3cm x 1.25m) en las esquinas de cada surco o fila de siembra, distanciadas a 25 cm entre sí. Posteriormente se colocó y tensó una piola alrededor de las estacas, trazando 3 rectángulos o niveles por surco. Finalmente se guiaron los tallos de cada planta, colocándolos sobre las líneas de soporte. Las variedades más pequeñas que no requieren tutorado (AMP y QTM) fueron aporcadas aproximadamente a los 45 días después de siembra.

#### **4.3.8. Cosecha y toma de datos.**

La cosecha de vainas inicio a los 63 dds (23/04) con la recolección de vainas maduras, las cuales se presentaron primero en la variedad QTM. A esta variedad le siguieron AMP, APN y AMG. Para la toma de datos se seleccionaron plantas ubicadas en las 2 filas centrales de la UE, evitando muestras perimetrales influenciadas por el efecto borde o efecto competencia. Se seleccionaron 5 plantas al azar para contabilizar el número de vainas por planta (NVP) y un mínimo 25 vainas maduras por UE, con las cuales se analizó el peso promedio de vaina (PPV), longitud de vaina (LV), diámetro de vaina (DV) y número de granos por vaina (NGV). Las vainas recolectadas en campo fueron colocadas en bolsas de papel adecuadamente marcadas e identificadas para su posterior análisis.

#### 4.4. Métodos estadísticos

##### 4.4.1. Factor en estudio

Variedades de Arveja (*Pisum sativum* L.).

##### 4.4.2. Tratamientos

- Tratamiento 1 (T1): Arvejón Mata Grande (AMG).
- Tratamiento 2 (T2): Arveja Mata Pequeña (AMP).
- Tratamiento 3 (T3): Arvejón Punto Negro (APN).
- Tratamiento 4 (T4): Quantum (QTM).

##### 4.4.3. Diseño experimental

Las variedades fueron evaluadas en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) de 4 Tratamientos (AMG, AMP, APN, QTM) y 4 Bloques o repeticiones (I, II, III, IV), con un total de 16 Unidades Experimentales (UE), cada UE está constituida por una superficie de 8 m<sup>2</sup> con 52 sitios de siembra.

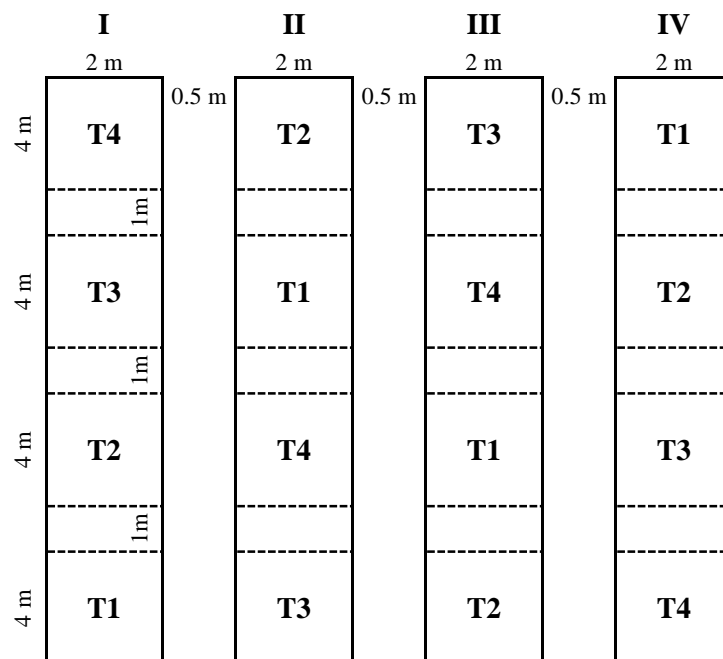


Figura 1. Esquema de distribución del ensayo en campo.



#### 4.4.4. Variables de respuesta

- P1000: Peso de mil semillas (g)
- PE: Porcentaje de emergencia (%)
- DF: Días a floración (dds)
- NVP: Numero de vainas por planta (#V)
- LV: Longitud de vaina (mm)
- DV: Diámetro de vaina (mm)
- NGV: Numero de granos por vaina (#G)
- PPV: Peso promedio de vaina (g)
- RE: Rendimiento estimado (kg/ha)

#### 4.4.5. Cuantificación de variables

El peso de mil semillas (P1000) fue determinado con balanza electrónica. El porcentaje de emergencia (PE) fue evaluado mediante el conteo de plantas en relación a la totalidad de plantas sembradas en cada UE. Los días hasta floración (DF) fueron determinados por monitoreo y observación, verificando que el 50% de las plantas establecidas presenten flores.

Al momento de cosecha se contabilizó el número de vainas por planta (NVP) y de granos por vaina (NGV). La longitud de vaina (LV) y el diámetro de vaina (DV) fueron medidos con regla graduada en milímetros (mm). El peso promedio de vainas (PPV) y el peso de vainas por planta (PVP) fueron medidos en gramos (g) con balanza electrónica. El rendimiento estimado (RE) se calculó tomando en cuenta el número de plantas establecidas (NPE), el peso de vainas por planta (PVP), y el peso total de vainas por UE (PTUE), para obtener una estimación de la producción total por hectárea (PTHA) en expresada en kg/ha.

$$NPE = \frac{52 \times PE}{100}$$

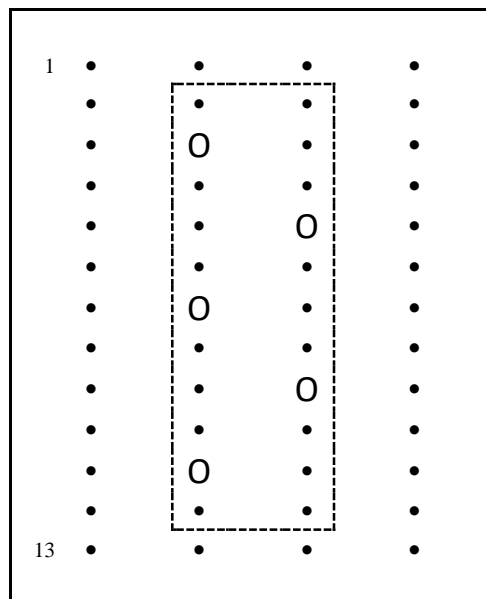
$$PVP = NVP \times PPV$$

$$PTUE = NPE \times PVP$$

$$PTHA (kg/ha) = \frac{PTUE \times 10}{8}$$

Donde: NPE = Numero de Plantas Establecidas. PE = Porcentaje de Emergencia. 52 = sitios de siembra por UE. PVP = Peso de Vainas por Planta. NVP = Numero de Vainas por Planta. PPV = Peso Promedio de Vaina. PTUE = Peso Total por UE (8 m<sup>2</sup>). PTHA = Peso Total por Hectárea (10,000 m<sup>2</sup>).

Todos los datos fueron registrados, ya sea con cuaderno o directamente en computadora, para luego ser analizados con Excel, y adicionalmente con el programa SPSS v22. Se llevó a cabo el análisis de varianza ANOVA ( $p < 0.05$  y  $0.01$ ) y la prueba de separación de medias de Tukey al ( $p < 0.05$ ) para determinar rangos de significancia o subconjuntos homogéneos.



*Figura 2.* Esquema de UE y distribución de la toma de datos.

Puntos negros representan sitios de siembra, círculos representan la distribución de la toma de datos, realizada en zigzag dentro de las dos filas internas de la UE no influenciadas por el efecto borde.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Peso de mil semillas (P1000)

La variedad que presento el mayor P1000 fue APN, con un promedio de 317.7 g; seguida por AMG (290.7 g), AMP (270.0 g) y QTM (179.4 g). Las variedades presentaron un promedio general de 264.4 g, con un error estándar (SE) de 4.5 g, y un coeficiente de variación (CV) de 1.71 %.

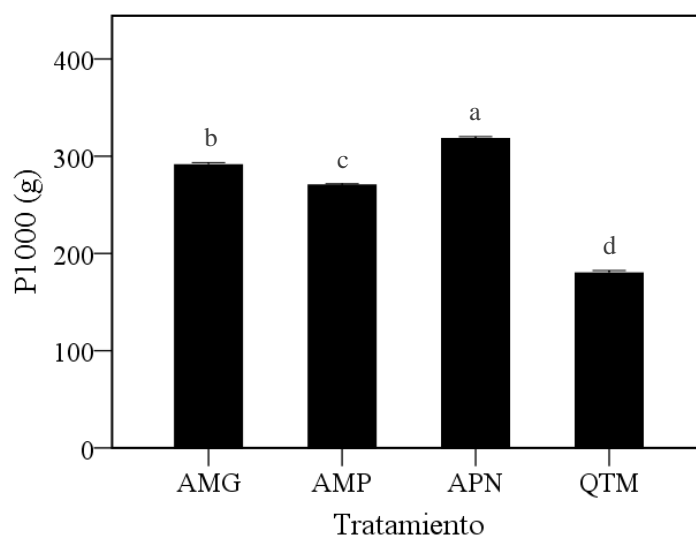


Figura 3. Peso de mil semillas (P1000).

Barras de error:  $\pm 1$  SD, valores detallados en Anexo B.  
abcd: rango de significancia de acuerdo con prueba Tukey.

Tabla 9

*Análisis de varianza ANOVA para variable P1000*

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	43474,85			(0,05) (0,01)
Bloques	3	132,66	44,22	2,17	3,86 6,99
Tratamientos	3	43158,76	14386,25	705,88	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	183,43	20,38		

La Tabla 9 muestra el ANOVA para el peso de mil semillas (P1000), en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 10  
Prueba de separación de medias de Tukey para variable P1000

Media (g)	179,4	269,9	290,7	317,7
Tratamiento	QTM	AMP	AMG	APN
Rango	d	c	b	a
Valor Tukey	8,93			

La Tabla 10 muestra la prueba de separación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la variable P1000, se identificaron cuatro subconjuntos homogéneos, con diferencias significativas entre todos los tratamientos.

## 5.2. Porcentaje de emergencia (PE)

El mayor porcentaje de emergencia (15 dds) se observó en la variedad AMP, con un promedio de 92.8%; seguida por APN (87.5%), AMG (87.0%) y QTM (76.4%). El promedio de las 4 variedades fue de 85.94%. Se obtuvo un error estándar (SE) de 8.86%, y un coeficiente de variación (CV) de 10.31%.

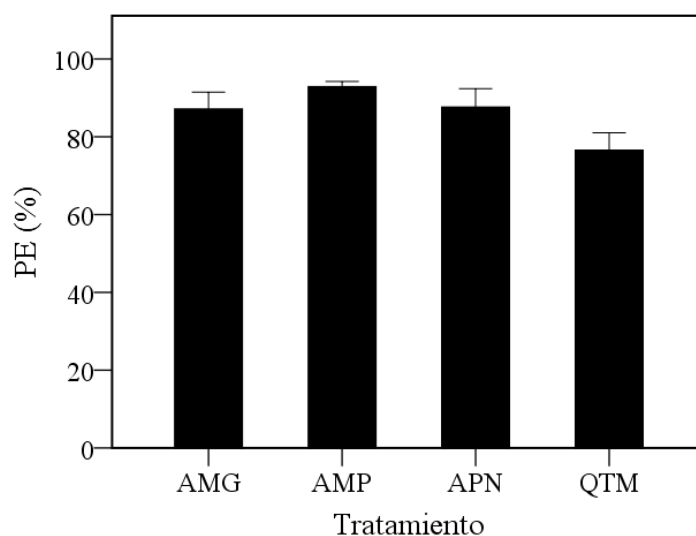


Figura 4. Porcentaje de emergencia (PE).

Tabla 11  
Análisis de varianza ANOVA para variable PE

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	1365,95			(0,05) (0,01)
Bloques	3	96,89	32,30	0,41	3,86 6,99
Tratamientos	3	562,63	187,54	2,39	3,86 6,99
Error experimental	9	706,43	78,49		

La Tabla 11 muestra el ANOVA para porcentaje de emergencia (PE). No se detectaron diferencias significativas ni entre bloques, ni entre tratamientos.

### 5.3. Días a floración (DF)

La variedad más precoz fue QTM, presentando un 50% de floración a los 44.0 dds en promedio, seguido por AMP (46.0 dds), APN (54.3 dds) y AMG (61.0 dds). Las variedades florecieron en promedio a los 51.3 días después de siembra (dds), con un error estándar (SE) de 1.6 dds, y un coeficiente de variación (CV) de 3.15%.

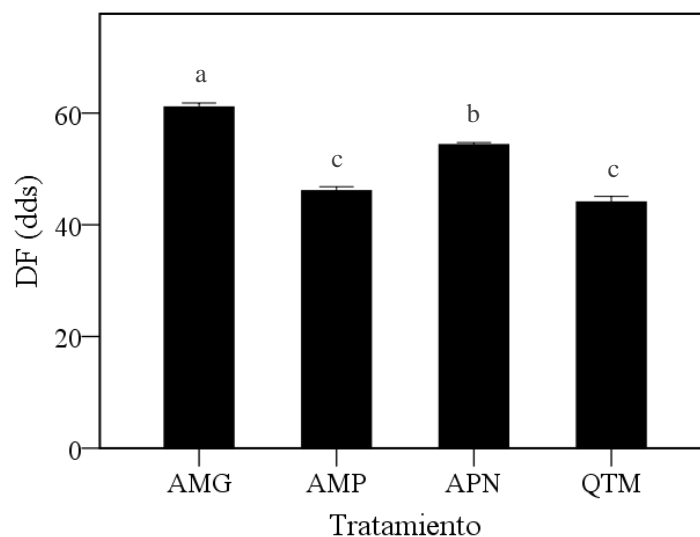


Figura 5. Días a floración (DF).

Tabla 12  
Análisis de varianza ANOVA para variable DF

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	769,44			(0,05) (0,01)
Bloques	3	9,19	3,06	1,17	3,86 6,99
Tratamientos	3	736,69	245,56	93,80	3,86 * 6,99 **
Error experimental	9	23,56	2,62		

La Tabla 12 muestra el ANOVA para días a floración (DF) en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 13  
Prueba de separación de medias de Tukey para variable DF

Media (dds)	44,0	46,0	54,3	61,0
Tratamiento	QTM	AMP	APN	AMG
Rango	c	c	b	a
Valor Tukey	3,20			

La Tabla 13 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable DF. Se identificaron dos subconjuntos homogéneos, AMP y QTM resultaron ser significativamente más precoces que AMG y APN.

#### 5.4. Numero de vainas por planta (NVP)

La variedad con más vainas por planta fue AMG con un promedio de 21.0 vainas, seguido por APN (17.1), AMP (15.7) y QTM (14.8). El promedio general de las variedades fue de 17.1 vainas por planta, con un error estándar (SE) de 1.3, y un coeficiente de variación (CV) de 7.50%.

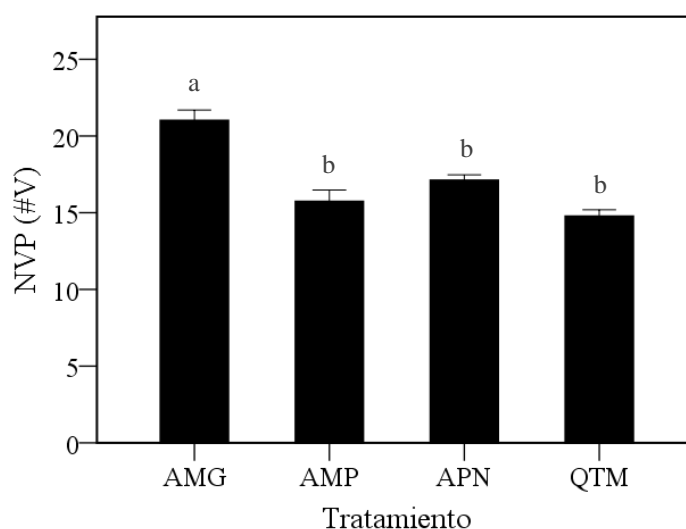


Figura 6. Numero de vainas por planta (NVP).

Tabla 14  
Análisis de varianza ANOVA para variable NVP

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	107,05			(0,05) (0,01)
Bloques	3	1,83	0,61	0,37	3,86 6,99
Tratamientos	3	90,36	30,12	18,23	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	14,87	1,65		

La Tabla 14 muestra el ANOVA para número de vainas por planta (NVP). Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 15  
Prueba de separación de medias de Tukey para variable NVP

Media (#V)	14,8	15,7	17,1	21,0
Tratamiento	QTM	AMP	APN	AMG
Rango	b	b	b	a
Valor Tukey	2,53			

La Tabla 15 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable NVP. Se identificaron dos subconjuntos homogéneos, AMG presentó significativamente mayor NVP que las demás variedades.

### 5.5. Longitud de vaina (LV)

La variedad con mayor longitud de vaina fue APN, con un promedio de 83.8 mm (8.4 cm); seguida por AMG (81.5 mm), AMP (73.1 mm) y QTM (70.5 mm). La longitud de vaina promedio de las variedades fue de 77.2 mm, con un error estándar (SE) de 1.4 mm, y un coeficiente de variación (CV) de 1.77%.

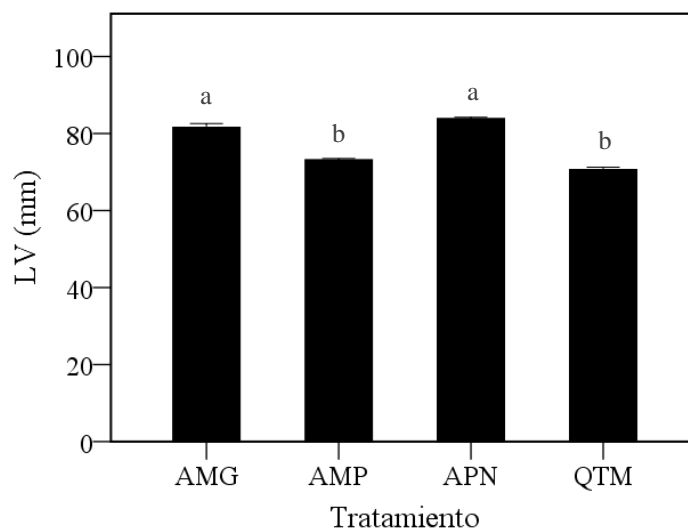


Figura 7. Longitud de vaina (LV).

Tabla 16  
Análisis de varianza ANOVA para variable LV

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	520,05			(0,05) (0,01)
Bloques	3	8,67	2,89	1,55	3,86 6,99
Tratamientos	3	494,59	164,86	88,34	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	16,80	1,87		

La Tabla 16 muestra el ANOVA para longitud de vaina (LV) en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 17  
Prueba de separación de medias de Tukey para variable LV

Media (mm)	70,5	73,1	81,5	83,8
Tratamiento	QTM	AMP	AMG	APN
Rango	b	b	a	a
Valor Tukey	2,69			

La Tabla 17 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable LV. Se identificaron dos subconjuntos homogéneos, no existen diferencias significativas entre APN y AMG, y tampoco entre AMP y QTM.

### 5.6. Diámetro de vaina (DV)

La variedad de mayor diámetro de vaina fue AMG, con un promedio de 13.1 mm (1.3 cm); seguida por APN (12.5 mm), AMP (11.4 mm) y QTM (10.9 mm). En promedio las variedades presentaron un diámetro de 12.0 mm (1.2 cm), con un error estándar (SE) de 0.2 mm, y un coeficiente de variación (CV) de 1.93%.

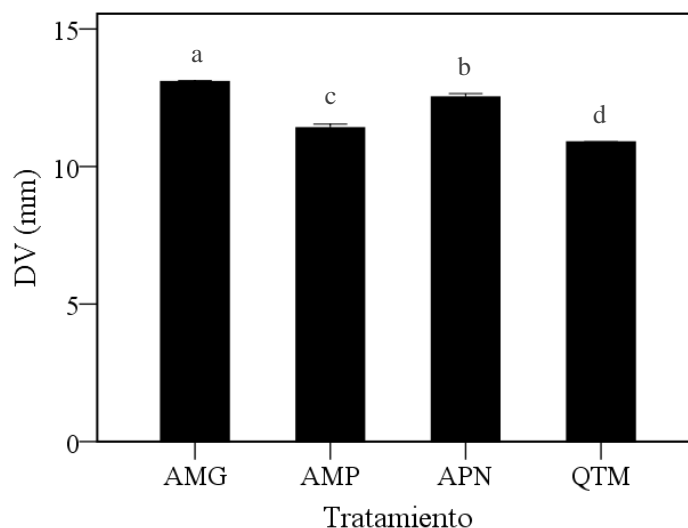


Figura 8. Diámetro de vaina (DV).

Tabla 18

Análisis de varianza ANOVA para variable DV

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	12,66			(0,05) (0,01)
Bloques	3	0,08	0,03	0,51	3,86 6,99
Tratamientos	3	12,10	4,03	75,88	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	0,48	0,05		

La Tabla 18 muestra el ANOVA para diámetro de vaina (DV) en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 19

Prueba de separación de medias de Tukey para variable DV

Media (mm)	10,9	11,4	12,5	13,1
Tratamiento	QTM	AMP	APN	AMG
Rango	d	c	b	a
Valor Tukey	0,43			

La Tabla 19 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable DV. Se identificaron cuatro subconjuntos homogéneos, existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos.



### 5.7. Numero de granos por vaina (NGV)

La variedad con más granos por vaina fue APN (6.4), seguida por AMG (6.1), QTM (6.0), y AMP (5.6). Las variedades presentaron un promedio general de 6.0 granos por vaina, con un error estándar (SE) de 0.2, y un coeficiente de variación (CV) de 3.74%.

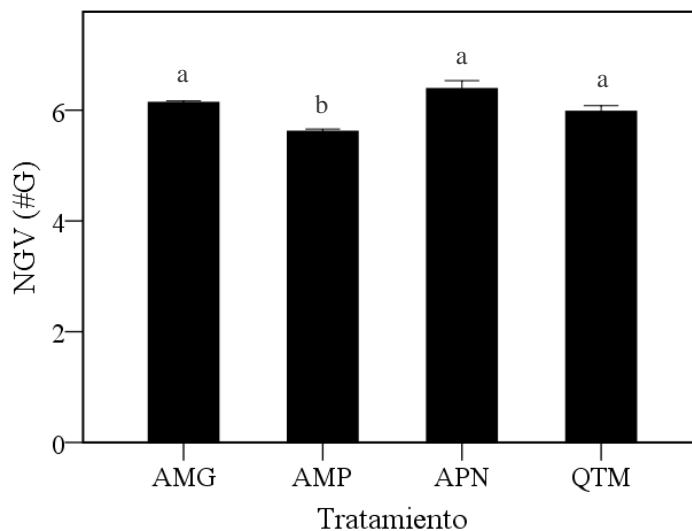


Figura 9. Numero de granos por vaina (NGV).

Tabla 20

*Análisis de varianza ANOVA para variable NGV*

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	1,73			(0,05) (0,01)
Bloques	3	0,02	0,01	0,14	3,86 6,99
Tratamientos	3	1,25	0,42	8,19	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	0,46	0,05		

La Tabla 20 muestra el ANOVA para número de granos por vaina (NGV). Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 21

*Prueba de separación de medias de Tukey para variable NGV*

Media (mm)	5,6	6,0	6,1	6,4
Tratamiento	AMP	QTM	AMG	APN
Rango	b	a	a	a
Valor Tukey	0,43			

La Tabla 21 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable NGV. Las variedades AMG, APN y QTM pertenecen al mismo rango de significancia, AMP presento diferencias significativas con respecto a las demás.

### 5.8. Peso promedio de vaina (PPV)

El mayor peso promedio de vaina se observó en la variedad APN (6.7 g), seguida por AMG (6.5 g), AMP (5.2 g) y QTM (4.7 g). El peso promedio de vainas en las variedades fue de 5.8 g, con un error estándar (SE) de 0.4, y un coeficiente de variación (CV) de 6.61%.

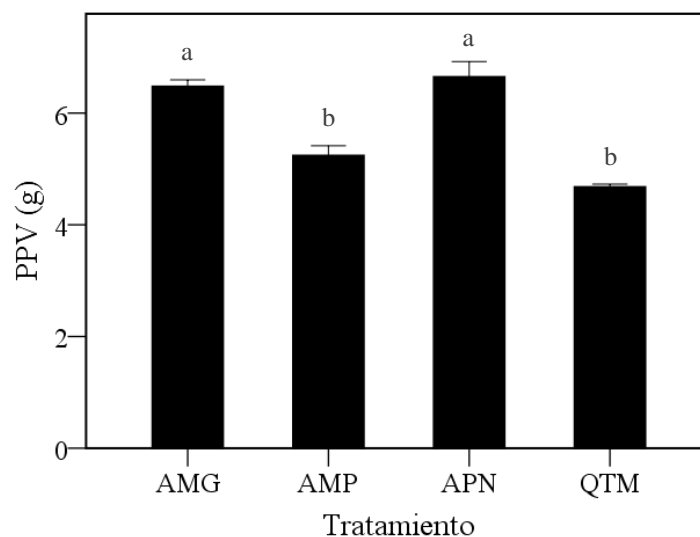


Figura 10. Peso promedio de vaina (PPV).

Tabla 22

Análisis de varianza ANOVA para variable PPV

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	12,49			(0,05) (0,01)
Bloques	3	0,22	0,07	0,50	3,86 6,99
Tratamientos	3	10,96	3,65	25,24	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	1,30	0,14		

La Tabla 22 muestra el ANOVA para peso promedio de vaina (PPV) en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 23

Prueba de separación de medias de Tukey para variable PPV

Media (g)	4,7	5,2	6,5	6,7
Tratamiento	QTM	AMP	AMG	APN
Rango	b	b	a	a
Valor Tukey	0,75			

La Tabla 23 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable PPV. Se identificaron dos rangos o subconjuntos homogéneos. No existen diferencias significativas entre los tratamientos APN-AMG, y tampoco entre AMP-QTM.

### 5.9. Rendimiento estimado (RE)

El mayor rendimiento se observó en la variedad AMG, con un promedio de 7,088 kg/ha; seguida por APN (6,807 kg/ha), AMP (4,978 kg/ha) y QTM (4,500 kg/ha). El rendimiento promedio de las variedades fue de 5,843 kg/ha (5.8 t/ha), con un error estándar (SE) de 394,4 y un coeficiente de variación (CV) de 6.75%.

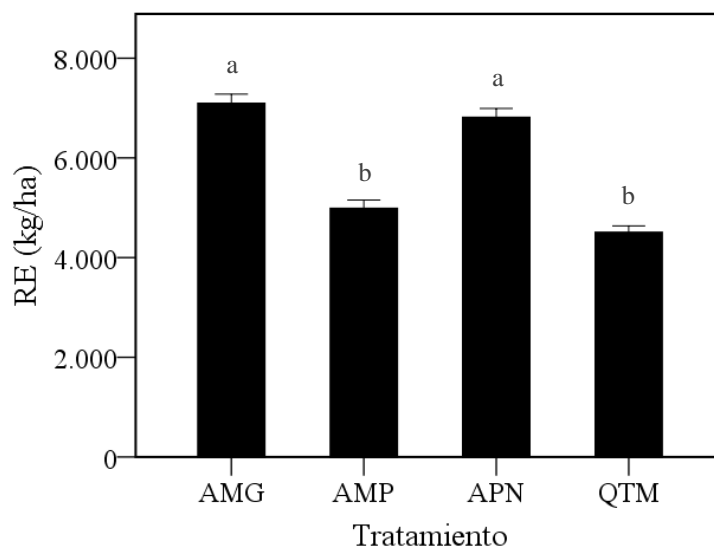


Figura 11. Rendimiento estimado (RE).

Tabla 24  
Análisis de varianza ANOVA para variable RE

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Total	15	21564339,4			(0,05) (0,01)
Bloques	3	51211,5	17070,5	0,11	3,86 6,99
Tratamientos	3	20113231,0	6704410,3	43,10	3,86 * 6,99 **
Error Experimental	9	1399896,9	155544,1		

La Tabla 24 muestra el ANOVA para rendimiento estimado (RE) en el cual se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3,9}=6.99$ ;  $p<0.01$ ), y no entre bloques.

Tabla 25  
Prueba de separación de medias de Tukey para variable RE

Media (kg/ha)	4500,0	4978,4	6806,5	7087,5
Tratamiento	QTM	AMP	APN	AMG
Rango	b	b	a	a
Valor Tukey	778,94			

La Tabla 25 muestra la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para la variable RE. Se identificaron dos subconjuntos homogéneos. No existen diferencias significativas entre AMG-APN, y tampoco entre AMP-QTM.

## 5.10. Resumen de resultados

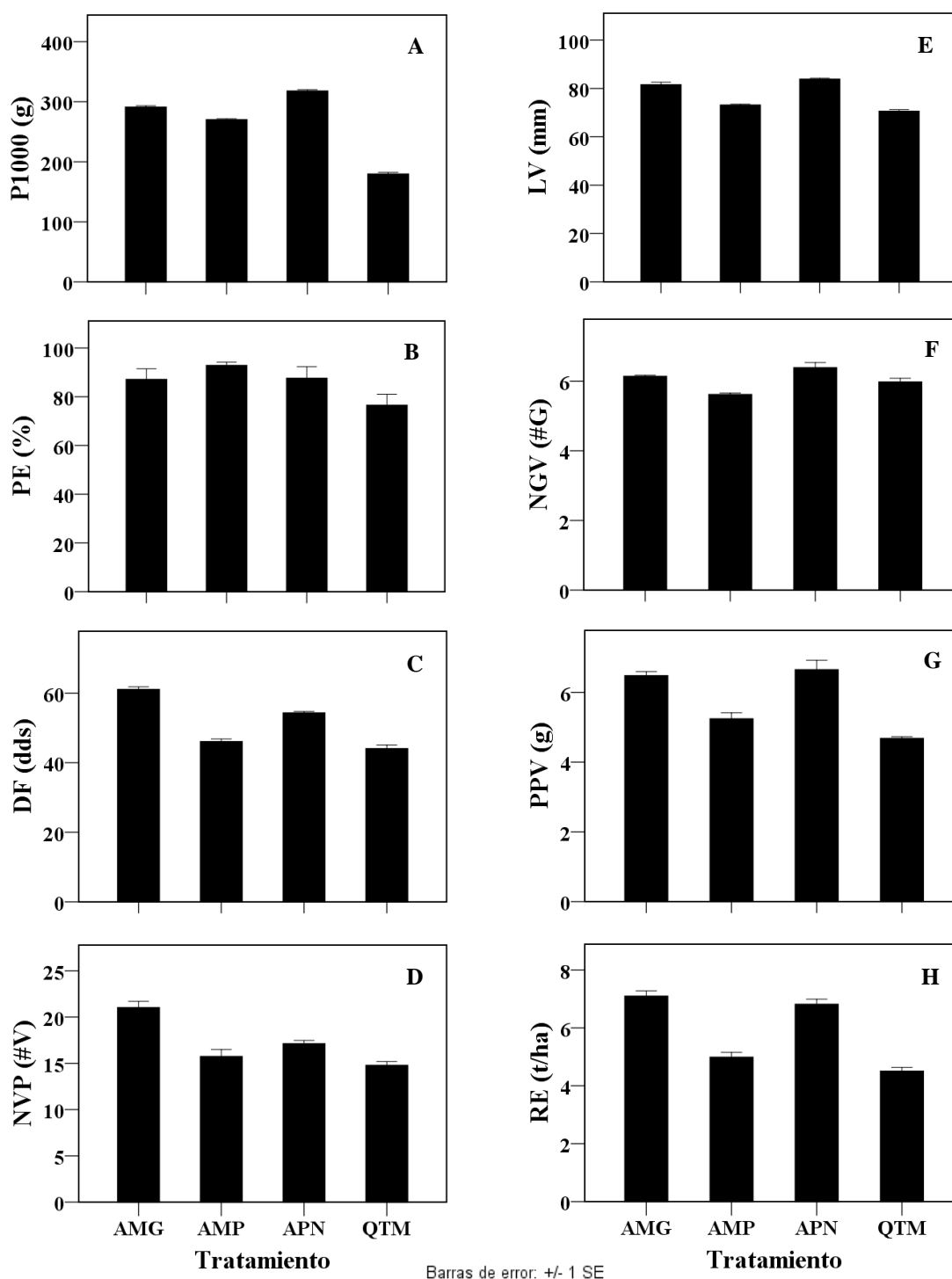


Figura 12. Resumen de resultados.

(A) Peso de mil semillas, P1000 (g). (B) Porcentaje de emergencia, PE (%). (C) Días a floración, DF (dds). (D) Numero de vainas por planta, NVP (#V). (E) Longitud de vaina, LV (mm). (F) Numero de granos por vaina, NGV (#G). (G) Peso promedio de vaina, PPV (g). (H) Rendimiento estimado, RE (t/ha). \*Diámetro de Vaina (DV) no incluida.

Tabla 26  
Resumen de resultados

	<b>P1000 (g)</b>	<b>PE (%)</b>	<b>DF (dds)</b>	<b>NVP (#V)</b>	<b>LV (mm)</b>	<b>DV (mm)</b>	<b>NGV (#G)</b>	<b>PPV (g)</b>	<b>RE (kg/ha)</b>
<b>T1. AMG</b>	290.7 <sup>b</sup>	87.0 <sup>a</sup>	61.0 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	81.5 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	7087.5 <sup>a</sup>
<b>T2. AMP</b>	270.0 <sup>c</sup>	92.8 <sup>a</sup>	46.0 <sup>c</sup>	15.7 <sup>b</sup>	73.1 <sup>b</sup>	11.4 <sup>c</sup>	5.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	4978.4 <sup>b</sup>
<b>T3. APN</b>	317.7 <sup>a</sup>	87.5 <sup>a</sup>	54.3 <sup>b</sup>	17.1 <sup>b</sup>	83.8 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6806.5 <sup>a</sup>
<b>T4. QTM</b>	179.4 <sup>d</sup>	76.4 <sup>a</sup>	44.0 <sup>c</sup>	14.8 <sup>b</sup>	70.5 <sup>b</sup>	10.9 <sup>d</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4500.0 <sup>b</sup>
*, **, NS	**	NS	**	**	**	**	**	**	**
MEDIA	264.4	85.9	51.3	17.1	77.2	12.0	6.0	5.8	5843.1
SE	4.5	8.9	1.6	1.3	1.4	0.2	0.2	0.4	394.4
CV (%)	1.71	10.31	3.15	7.50	1.77	1.93	3.74	6.61	6.75

La Tabla 26 muestra un resumen de los resultados obtenidos al evaluar 4 variedades de arveja (AMG, AMP, APN, QTM) mediante 9 variables de respuesta (P1000, PE, DF, NVP, LV, DV, NGV, PPV, RE). Se incluye el nivel de significancia estadística (\*, \*\*, NS), media general, rangos de significancia (abcd), error estándar (SE), y coeficiente de variación (CV).

## VI. DISCUSION

### *Peso de mil semillas (P1000)*

Los resultados de P1000 (g) obtenidos fueron de APN (317.7), AMG (290.7), AMP (270.0), QTM (179.4), Media (264.4). En los ensayos del INTA (2015) los P1000 más altos fueron de 279, 254, 250 y 230 g, observados en las variedades *Yams*, *Bluestar*, *Navarro* y *Resusitte*, respectivamente; y los menores fueron 159 y 130 g en *Facon* y *Viper* (INTA, 2015a). Los valores del presente ensayo son mayores, esta diferencia podría atribuirse al componente genético. Generalmente los granos verdes son más pequeños que los amarillos (INTA, 2015b). En los resultados del presente ensayo, 3/4 de los tratamientos (AMG, AMP, APN) estuvieron constituidos por variedades de grano amarillo cuando seco, con un P1000 promedio de 292.8 g. Por otro lado, la única variedad de grano verde (QTM), presentó el menor P1000 (179.4 g.); este resultado coincide con el reportado por (Muñoz, 2013) el cual obtuvo un P1000 con la misma variedad, de 190g.

### *Porcentaje de Emergencia (PE)*

Los resultados de PE (%) fueron AMP (92.8), APN (87.5), AMG (87.0), QTM (76.4), Media (85.9). La variedad QTM presentó el menor número de plantas establecidas a los 15 dds (76.4%), siendo sus semillas las de menor tamaño entre las variedades evaluadas. Se requiere una mayor densidad poblacional de plantas para las variedades tipo erectas. Esto concuerda con la recomendación de (Villavicencio y Vásquez, 2008), de utilizar mayor cantidad de semilla al momento de sembrar variedades erectas (150 kg/ha), en comparación con decumbentes (130 kg /ha). La variedad QTM ha sido evaluada en múltiples ensayos en los cuales se ha reportado un PE de 78.1%, (Muñoz, 2013), 91.25% (Barzola y Hermitaño, 2018), y 98.57% (Ruiz, 2019). Por otra parte, en el estudio (Barzola y Hermitaño, 2018) obtuvieron un PE promedio de 87.9%. Este promedio resulta bastante cercano al obtenido en el presente

ensayo, de 85.9%, un PE aceptable, promovido en cierto grado por las condiciones de cultivo bajo invernadero.

#### *Días a Floración (DF)*

Los resultados obtenidos para DF (dds) fueron QTM (44.0), AMP (46.0), APN (54.3), AMG (61.0), Media (51.3). Las variedades de tipo erecto QTM y AMP florecieron primero (44-46 dds), resultando ser precoces. Las variedades de tutoreo APN y AMG requirieron más tiempo para florecer (54-61 dds), siendo de precocidad intermedia. De acuerdo con los parámetros de IICA-BID-PROCIANDINO (1989) las variedades precoces florecen a los 30-50 dds, las intermedias a los 51-80 dds, y las tardías a los 81-100 dds. Según (DAFF, 2011) la floración usualmente ocurre entre los 40-50 dds. (Ayala, 2012) observo los DF en el rango de 55-64 dds. Mientras que en variedades mejoradas INIAP son de 68-75 dds (INIAP, 1997). Por otra parte (Galindo y Clavijo, 2009) observaron el inicio de la floración a los 70-77 dds. En el estudio de (Muñoz, 2013), la variedad QTM inicio floración a los 55 dds e inicio cosecha en verde a los 85 dds, resultando ser el material más precoz dentro de las 15 variedades evaluadas. Según (Checa y otros, 2017), la precocidad es una de las características varietales más sensibles a las condiciones climáticas del sitio de cultivo. El corto tiempo a floración fue en gran parte debido a las condiciones cálidas del invernadero y su localización. Aunque QTM y AMP pertenecen a un mismo rango de significancia, se observó que QTM desarrollo frutos de forma más precoz que las demás variedades, incluso antes que AMP.

#### *Numero de Vainas por Planta (NVP)*

Los resultados de NVP fueron AMG (21.0), APN (17.1), AMP (15.7), QTM (14.8), Media (17.1). Las variedades mejoradas INIAP *Andina*, *Lojanita*, *Roxana* y *Esmeralda* presentan entre 11, 10, 12 y 12 vainas por planta, respectivamente (INIAP, 1997). Al igual que en el estudio actual, las variedades decumbentes presentan un NVP ligeramente mayor que las erectas. El NGV promedio de las variedades INIAP es de 11, mientras que el del presente

ensayo es de 17, vainas por planta. El NVP obtenido por (Silva y otros, 2018) estuvo en el rango de 11-29 vainas por planta, con promedio de 17.9. Este promedio es cercano al obtenido en el presente ensayo, de 17.1 vainas por planta. El NVP observado por (Muñoz, 2013) en la variedad QTM es de 14 vainas por planta, siendo el menor entre 15 variedades evaluadas. Esto concuerda con en el presente ensayo, donde QTM presentó un promedio de 14.8 vainas por planta. Por otro lado (Ruiz, 2019) obtuvo un promedio de 20.3 en dicha variedad, y en el caso de (Barzola y Hermitaño, 2019), hasta 40 vainas por planta, aunque este último valor puede estar sobreestimado. Cabe señalar que existen notables diferencias dentro del NVP reportado por distintos autores. Esto puede deberse a la diferencia de variedades y densidades de siembra. Al colocarse múltiples semillas en cada sitio de siembra, es posible que los valores de NVP consideren a más de una planta.

#### *Longitud de Vaina (LV)*

Los resultados obtenidos para LV (mm) fueron APN (83.8), AMG (81.5), AMP (73.1), QTM (70.5), Media (77.2). Se observó que las variedades de tipo erecto AMP y QTM presentaron vainas de menor longitud, de 71-73 mm, en comparación con las variedades decumbentes AMG y APN que estuvieron entre 82-84 mm, sugiriendo una relación proporcional entre la longitud de vainas y el tamaño de planta. Estos resultados concuerdan con (INIAP, 1997), el cual indica que la LV en variedades mejoradas INIAP *Andina*, *Lojanita*, *Roxana* y *Esmeralda* es de 70, 70, 80 y 80 mm, respectivamente (INIAP, 1997). Otros rangos de LV reportados son de 63-75 mm (Casanova, 2014), 65-95 mm (Barzola y Hermitaño, 2018), 70-110 mm (INIA, 2015). La LV de la variedad QTM observada en otros estudios fue de 82 mm (Muñoz, 2013), 73 mm (Ruiz, 2019), y 71 mm (Barzola y Hermitaño, 2018). Este último valor coincide con los resultados actuales de QTM, con LV de 70.5 mm.



### *Diámetro de Vaina (DV)*

Los resultados de DV (mm) obtenidos son AMG (13.1), APN (12.5), AMP (11.4), QTM (10.9), Media (12.0). (Barzola y Hermitaño, 2018) obtuvieron DV en el rango de 11-13 mm, con un promedio general de 11.7 mm. Estos resultados son similares a los del ensayo actual, que presentó un promedio general de 12 mm. (Alvino y Paucar, 2018) obtuvieron un mayores DV, en el rango de 16-22 mm, con promedio de 18 mm. Según los resultados del presente ensayo, el orden de los tratamientos fue similar en las variables LV y DV, con la excepción de que la variedad APN presento una mayor LV, y AMG presento un mayor DV.

### *Numero de Granos por Vaina (NGV)*

Los resultados de NGV fueron APN (6.4), AMG (6.1), QTM (6.0), AMP (5.6), Media (6.0). Las variedades mejoradas INIAP *Andina*, *Lojanita*, *Roxana* y *Esmeralda* presentan 5, 5, 6 y 4 granos por vaina, respectivamente (INIAP, 1997). Estos valores con un poco menores a los obtenidos en el ensayo actual. El rango de NGV en este estudio fue de 5.6 - 6.4, concordando en cierto grado con el NGV observado por (Burbano y otros, 2018) en líneas de arveja con gen mutante *afila*, que estuvo en el rango de 5.2 - 6.3 granos por vaina. (Silva y otros, 2018) obtuvieron un NGV promedio de 5.98, coincidiendo precisamente con el promedio del presente ensayo, que fue de 6.0. Por otra parte, el NGV observado en la variedad QTM por otros autores es de 7.0 (Muñoz, 2013), 6.0 (Ruiz, 2019), y 6.5 (Barzola y Hermitaño, 2018), el de presente ensayo fue de 6.0 granos por vaina.

### *Peso Promedio de Vaina (PPV)*

Los resultados de PPV (g) obtenidos son APN (6.7), AMG (6.5), AMP (5.2), QTM (4.7), Media (5.8). El PPV observado en el estudio de (Checa y otros, 2017) es de 6.0, 6.5 y 5.8 g con siembra en marzo, abril y mayo, respectivamente. Estos resultados son comparables con los del estudio actual, con un PPV promedio de 5.8 g. Ensayos de (INIA, 2015) reportan un Peso Promedio de Vaina de 6.3 g, un poco mayor al promedio del ensayo actual.

### *Rendimiento Estimado (RE)*

Los resultados de RE (kg/ha) fueron AMG (7,088), APN (6,807), AMP (4,978), QTM (4,500), Media (5,843). Las variedades decumbentes AMG y APN presentaron un mayor rendimiento en comparación con las variedades erectas AMP y QTM, al igual que un mayor NVP y PPV. El rendimiento en vaina de variedades mejoradas INIAP *Andina*, *Lojanita*, *Roxana* y *Esmeralda* es de 4,462; 5,038; 6,866 y 4,971 kg/ha, respectivamente (INIAP, 1997). Estos valores son comparables con los resultados del presente ensayo, en el cual el menor rendimiento fue de 4,500 kg/ha en la variedad erecta QTM y el mayor rendimiento fue de 7,087 kg/ha en la variedad decumbente AMG.

En ensayos de (INTA, 2015) obtuvieron un rendimiento promedio de 4,1 t/ha, siendo los cultivares más productivos (t/ha) *Bluestar* (4.6), *Meadow* (4.4) y *Reusitte* (4.3); y el de menor rendimiento *Viper* (3.4). Este promedio de 4.1 t/ha es moderadamente menor al obtenido en el ensayo actual, que fue de 5.8 t/ha. Por otra parte, el rendimiento en los ensayos de (INIA, 2015) estuvo en el rango de 4.9-11.9 t/ha. (Silva y otros, 2018) obtuvieron rendimientos de 3,550 - 6,408 kg/ha, con un promedio de 4,404 kg/ha. Otros rangos reportados son de 5.0-8.0 t/ha (Alvino y Paucar, 2018) y 6.04-12.96 t/ha (Checa y otros, 2017). El rendimiento estimado en la variedad QTM por otros autores es de 6,361 kg/ha (Ruiz, 2019) y 6,977 kg/ha (Muñoz, 2013), considerablemente mayor al valor obtenido en el ensayo actual con esta variedad, que fue de 4,500 kg/ha.

## VII. CONCLUSIONES

### *Conclusiones*

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades evaluadas. En general el comportamiento agronómico y la respuesta de las variables analizadas fue similar entre las dos variedades decumbentes AMG y APN, y similar entre las dos variedades erectas AMP y QTM.

Las variedades decumbentes AMG y APN resultaron ser más productivas, presentando un mayor rendimiento que las variedades erectas AMP y QTM y presentando también un mayor NVP y PPV.

Las variedades erectas AMP y QTM resultaron ser bastante precoces, requiriendo significativamente menos tiempo para florecer que las variedades decumbentes AMG y APN.

Considerando las variables más relevantes (DF, NVP, PPV, RE), las variedades evaluadas en general presentaron una buena respuesta a las condiciones de cultivo bajo invernadero.

Las variedades decumbentes AMG y APN presentaron una mayor producción de vainas, sin embargo se observó también, una mayor incidencia de enfermedades, en particular Oídio, y además requieren de un sistema de tutoreo, el cual incrementa los costos de inversión-producción. Estas variedades en general presentaron más vainas por planta, mayor peso promedio de vainas.

Las variedades erectas QTM y AMP presentaron un menor rendimiento que las variedades decumbentes, y a su vez, una menor incidencia de Oídio. No requieren sistema de tutorado, lo cual implica una reducción de los costos en mano de obra, permitiendo además incrementar la densidad de plantación.

### *Recomendaciones*

El sistema de tutorado utilizado en las variedades decumbentes no fue muy eficiente durante las etapas más avanzadas del cultivo, se recomienda la instalación de un sistema más robusto con estacas de mayor tamaño, altura y profundidad a lo largo de todas las parcelas, posterior a un ligero aporque de las filas de siembra.

En el presente ensayo se evaluaron dos variedades decumbentes, y dos erectas. Se sugiere, en próximos estudios, evaluar variedades de un solo hábito de crecimiento, incluyendo también las evaluadas en este trabajo.

El tiempo hasta cosecha o desarrollo de vainas no fue determinado, recomendándose que sea evaluado en futuros estudios. Igualmente se pueden incorporar nuevas variables de respuesta como altura de planta, peso de mil granos frescos, rendimiento en grano seco, entre otras.

Otras recomendaciones incluyen la evaluación nuevas variedades de arveja u otras leguminosas, llevadas a cabo en parcelas de mayor tamaño. Además de evaluaciones relacionadas con densidades de siembra, épocas de siembra, niveles de fertilización, sistemas de tutorado en variedades decumbentes, entre otros factores de estudio.

## VIII. REFERENCIAS

- Alvino, Y., y Paucar, A. (2018). *Estudio Comparativo de Rendimiento en Vaina Verde con Cinco Variedades de Arveja (Pisum sativum L.) en la Comunidad de Yanatambon a 3,350 msnm*. Tesis de grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.
- Arévalo, H. (2013). *Evaluación de cinco variedades de arveja (Pisum sativum) bajo condiciones de invernadero en Tumbaco-Pichincha*. Tesis de grado. Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Ayala, N. (2012). *Respuesta de tres variedades de arveja (Pisum sativum L.) a cuatro aplicaciones de biofertilizantes, Rhizobium y micorrizas en Bolivar, provincia del Carchi*. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte.
- Barzola, M., y Hermitaño, Y. (2018). *Evaluación de rendimiento de variedades comerciales de grano fresco de arveja (Pisum sativum L.), en el Distrito de Paucartambo-Pasco*. Tesis de grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Perú.
- Burbano, E., Domínguez, J., y Checa, O. (2018). *Efecto de cinco densidades de siembra en líneas de arveja Pisum sativum L. con el gen mutante afila*. Investigación Agraria, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 22-29, jul. 2018. ISSN 2305-0683.
- Caicedo, C., Peralta, E., y Ayala, S. Ed. (1999). *Chocho, frejol y arveja, leguminosas de grano comestible, con un gran mercado potencial en Ecuador*. INIAP, EESC, PRONALEG. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>.
- Camarena, M. (2003). *Manual del Cultivo de Arveja*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Caritas Diocesana Huancavelina. Ed. 1. Agraf. S.R.L. Lima, Perú.
- Casa, B. (2014). *Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de Rhizobium spp. en invernadero, para arveja (Pisum sativum), chocho (Lupinus mutabilis), fréjol (Phaseolus vulgaris), haba (Vicia faba) y vicia (Vicia sp.), Cutuglagua-Pichincha*. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador.

- Casanova, E., Solarte, J., y Checa, O. (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. 2012.
- Caviedes, M. (2017). *Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) y prueba de separación de medias de Tukey*. Técnicas Experimentales. Universidad San Francisco de Quito, USFQ.
- Checa, O., 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*. Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient. 20(2): 279- 288.
- DAFF. (2011). *Garden peas (Pisum sativum) production guide*. South África Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. Recuperado de <https://www.daff.gov.za/>.
- De Bernardi, L. A. (2017). *Perfil de las arvejas (Pisum sativum)*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado de <https://www.magyp.gob.ar>.
- ESPAC. (2018). *Superficie según producción y ventas de arveja tierna (en vaina) por región y provincia*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC-2018.
- FAO. (2020). *Pea*. Land and wáter, databases and software. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/>.
- FAOSTAT. (2018). *Show data (production, yield): peas, green*. Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/>.
- Galindo, J. R., 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*. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2009) 10(1), 5-15.

- González-Pérez, S., y Arellano, J. B. (2009). *Vegetable protein isolates*. Handbook of Hydrocolloids, 383–419. DOI:10.1533/9781845695873.383.
- Greenwood, R., Aves, C., y Catherwood, D. (Eds.). (2008). *Making Peas Pay*. Pea Industry Development Group. Foundation for Arable Research, PO Box 80, Lincoln, Canterbury 7640.
- IICA-BID-PROCIANDINO. (1989). *Boletín Técnico N° 1. Investigación en los cultivos de arveja y haba*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Editado por G. Hernández-Bravo. Quito - Ecuador. PROCIANDINO. 41 p.
- INEC. (2016). *Superficie, producción y ventas, cultivos transitorios, periodo 2014-2016, arveja tierna y arveja seca*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, ESPAC. Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>.
- INIA. (2015). *Producción de Leguminosas de Invierno Prov. de Arauco*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura, Chile. Recuperado de <http://www.inia.cl/>.
- INIAF. (2015). *Manual de producción de semilla certificada de Arveja*. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, INIAF. Asistencia Técnica semillera. La Paz, Bolivia.
- INIAP. (2004). *El cultivo de la arveja en la sierra sur*. Boletín divulgativo No. 332. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2326>.
- INIAP. (1997). *Variedades mejoradas de arveja (Pisum sativum L.) de tipo enana erecta para la sierra ecuatoriana: INIAP-431 Andina e INIAP-432 Lojanita*. Plegable divulgativo No. 161. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2580>.

- INIAP. (1997). *Variedades mejoradas de arveja (Pisum sativum L.) de tipo decumbente para la sierra ecuatoriana: INIAP-433 Roxana e INIAP-434 Esmeralda*. Plegable divulgativo 162. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2581>.
- INIAP. (1987). *Manual agrícola de los principales cultivos del Ecuador; Arveja*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>.
- INTA. (2015 a). *Evaluación de Variedades de Arveja*. Cultivos de fina campaña 2014/15. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- INTA. (2015 b). *Evaluacion de cultivares de arveja. Campaña 2015. San Fabian, Departamento de San Jerónimo, provincia de Santa Fe*. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- INTA. (2014). *Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja*. Campaña 2012/13. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- INTA. (2010). *Pautas para el manejo del cultivo de arveja*. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- ITC. (2019). *List of exporters-importers for the selected product in 2019; Product: 070810 Fresh or chilled peas "Pisum sativum", shelled or unshelled*. International Trade Centre, ITC. Recuperado de <https://www.trademap.org/>.
- ITIS. (2020). *Taxonomy and Nomenclature: Pisum sativum L.* Integrated Taxonomic Information System, ITIS. Recuperado de <https://www.itis.gov/>.
- Khan, T. N., Meldrum, A., y Croser, J. S. (2016). *Pea Overview*. Reference Module in Food Science. doi:10.1016/b978-0-08-100596-5.00037-8.
- Koppert Biological Systems. (2018). *Plagas y Catálogo de productos*. Koppert Biological Systems. Recuperado de [www.koppert.es/productos-de-control-de-plagas/](http://www.koppert.es/productos-de-control-de-plagas/).



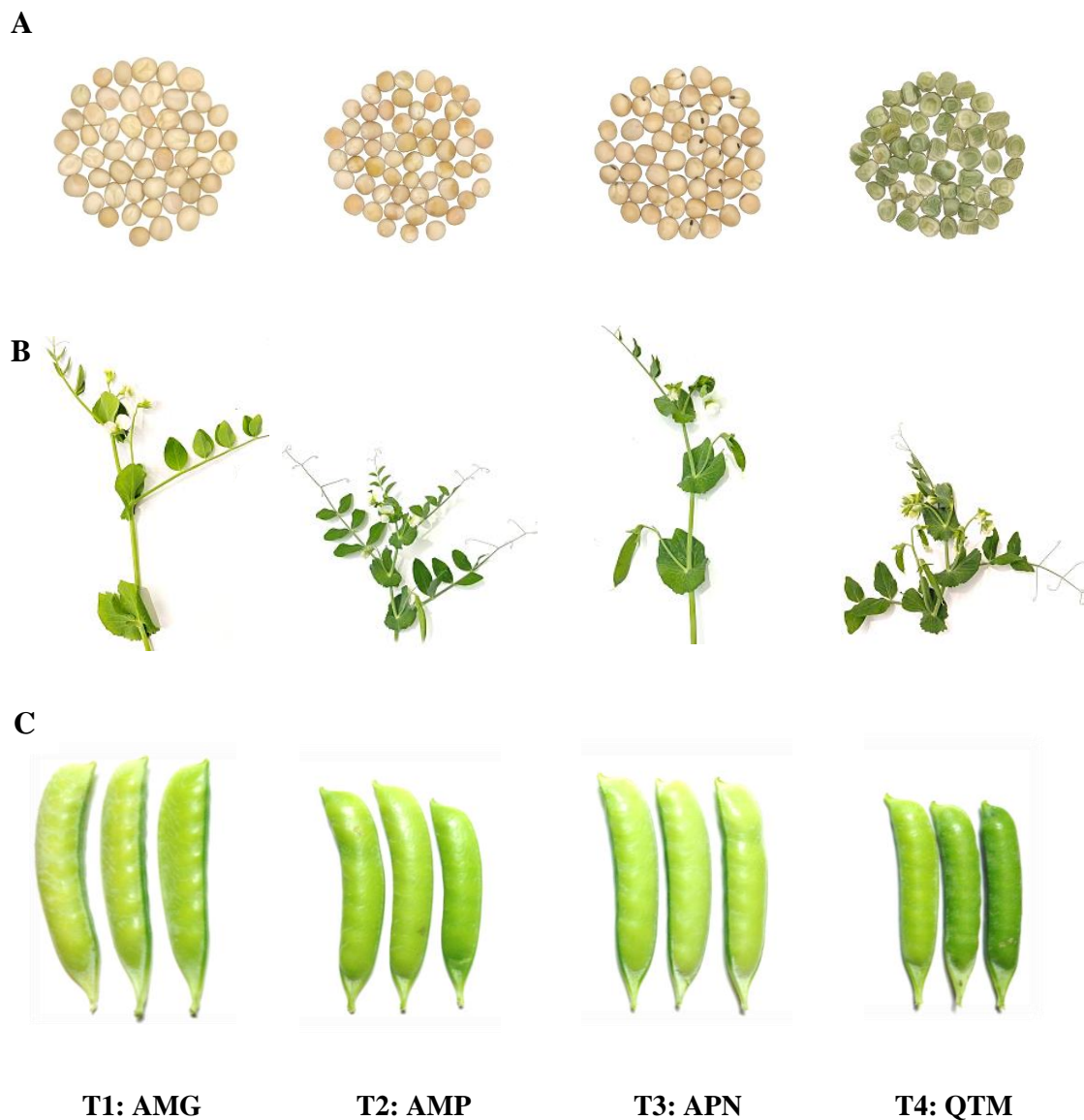
- Krarpup, C. (1993). *Cultivo de arveja china*. Producción de leguminosas hortícolas y maíz dulce. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Vegetales, Santiago, Chile. Recuperado de <http://www7.uc.cl/>.
- Kumar, A., y Choudhary, A.K. (2014). *Scientific Cultivation of Vegetable Pea (Pisum sativum L.)*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>.
- KZNDARD. (2016). *Green peas*. South África Department of Agriculture and Rural Development. Recuperado de <https://www.kzndard.gov.za/>.
- Minchala, L., y Guamán, M. (2016). *Fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) y arveja (Pisum sativum L.) en las provincias de: Cañar, Azuay y Loja – cultivo, variedades y costos de producción*. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, PRONALEG-GA. DOI: 10.13140/RG.2.2.30280.11524.
- Muñoz, S. (2013). *Evaluación agronómica de quince cultivares de arveja (Pisum sativum L.), mediante el apoyo de investigación participativa con enfoque de género en la estación experimental del austro Bullcay*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Paspuel, O. (2013). *Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de arveja de tutoreo (Pisum sativum L.) Carchi - Ecuador*. Tesis de grado. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Patiño, W., Valderrama, J., y Ñustez, C. (1997). *Evaluación de nueve variedades de arveja (Pisum sativum L.) para uso industrial, en la región de Suba, Santafé de Bogotá*.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Pinzón, J., y Villacrés, E. (2013). *Manual agrícola de frejol y otras leguminosas; cultivos, variedades, costos de producción*. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>.
- Peralta, E., Murillo, A., y Yépez, A. (2011). *Inducción de mutaciones utilizando rayos gamma en la variedad mejorada de arveja (Pisum sativum L.) INIAP 436 Liliana*,

- para identificar genotipos resistentes a Ascochyta spp.* Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>.
- Petruzzello, M., As. Ed. (2020). *Pea, legume*. Encyclopaedia Britannica. Recuperado de <https://www.britannica.com/plant/pea>.
- Proaño, J. (2007). *Respuesta de cuatro variedades de arveja (Pisum sativum L.) a la fertilización orgánica y química en la granja La Pradera*. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte.
- Ruiz, J. (2019). *Introducción de variedades mejoradas de arveja (Pisum sativum L.) en condiciones del distrito de Huando-Huancavelica*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro de Perú.
- Sánchez, O. J. (2017). *Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) y prueba de separación de medias de Tukey*. Introducción al Diseño Experimental. Giro Creativo. Ecuador. 269p.
- Seminis. (2012). *Arveja Quantum*. Seminis Vegetable Seeds, Inc. Recuperado de <https://seminisandina.s3-sa-east-1.amazonaws.com/>.
- Silva, R., Neri, J.C., y Huamán, E. (2018). *Rendimiento de tres cultivares de arveja (Pisum sativum L.) con aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el anexo de Taquia, Chachapoyas*. DOI:10.25127/aps.20182.390.
- SINAVIMO. (2016). *Pisum sativum*. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. Recuperado de <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/pisum-sativum>.
- SIPA. (2020). *Precio mayorista de Arveja Tierna en Vaina -Quantum; y arveja en grano seco*. Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Recuperado de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/precios-mayoristas>.

- Suquillo, L. (2019). *Identificación morfológica de los hongos causantes de pudrición radicular en arveja (Pisum sativum) en el valle de Tumbaco*. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador.
- Tulbek, M. C., Lam, R. S., Wang, Y. C., Asavajaru, P., y Lam, A. (2017). *Pea*. Sustainable Protein Sources, 145–164. DOI:10.1016/b978-0-12-802778-3.00009-3.
- USA Pulses. (2020). *Dry Peas*. USA Pulses. Recuperado de <https://www.usapulses.org/>.
- Villavicencio, A., Vásquez, W. Eds. (2008). *Guía técnica de cultivos*. Manual No. 73, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Quito, Ecuador: Artes Gráficas Silva.
- White, J.G., y Anderson, J.A. (1974). *Yield of green peas*. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 2:2, 159-164, DOI: 10.1080/03015521.1974.10425754.
- Zamin, M. (2005). *Hybridization of Pea Cultivars (Pisum sativum L)*. Sarhad Journal of Agriculture. 21. 558.
- Zhang, X., Wan, S., Hao, J., Hu, J., Yang, T., y Zong, X. (2016). *Large-scale evaluation of pea (Pisum sativum L.) germplasm for cold tolerance in the field during winter in Qingdao*. DOI: 10.1016/j.cj.2016.06.016.

## IX. ANEXOS

## 9.1. ANEXO A. Registro fotográfico del ensayo.



*Figura 13. Resultados visuales de las variedades evaluadas.*

(A) Grupo de 52 semillas o granos secos. (B) Muestra de sección vegetativa. (C) Vainas cerradas (3). \*En cada fila los cuatro tratamientos-variedades se muestran de izquierda a derecha en el siguiente orden; T1: Arvejón Mata Grande (AMG), T2: Arveja Mata Pequeña (AMP), T3: Arvejón Punto Negro (APN), y T4: Quantum (QTM).



**Localización y establecimiento del ensayo.** (A, B) Localización del ensayo, imágenes satelitales de GoogleEarth. (C, D) Vista de Unidades Experimentales (UE) en etapa de establecimiento. (E) Vista completa del cultivo ( $\pm 46$  dds).



**Vista completa del cultivo y Unidades Experimentales.** (A) Vista completa del cultivo ( $\pm 55$  dds). (B) Vista del completa del cultivo con Diseño Experimental. (C) Vista de UE (T1R1). (D) Vista de UE (T2R1),  $\pm 50$  dds.



**Vista in-situ de variedades evaluadas. (A)** T1: Arvejón Mata Grande, AMG. **(B)** T2: Arveja Mata Pequeña, AMP. **(C)** T3: Arvejón Punto Negro, APN. **(D)** T4: Quantum, QTM.

## 9.2. ANEXO B. Datos registrados para cada variable.

**P1000 (g)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	295,20	284,00	295,00	288,50	290,68	5,43
T2. AMP	267,60	267,00	275,00	270,00	269,90	3,64
T3. APN	311,80	323,00	320,00	315,80	317,65	4,89
T4. QTM	171,60	179,00	186,80	180,00	179,35	6,22

**PE (%)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	80,77	78,85	90,38	98,08	87,02	8,93
T2. AMP	96,15	94,23	90,38	90,38	92,79	2,89
T3. APN	90,38	73,08	94,23	92,31	87,50	9,74
T4. QTM	69,23	88,46	69,23	78,85	76,44	9,21

**DF (dds)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	61,00	59,00	61,00	63,00	61,00	1,63
T2. AMP	44,00	46,00	48,00	46,00	46,00	1,63
T3. APN	53,00	55,00	54,00	55,00	54,25	0,96
T4. QTM	46,00	41,00	44,00	45,00	44,00	2,16

**NVP (#V)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	19,20	20,60	22,20	22,00	21,00	1,40
T2. AMP	15,07	13,87	16,80	17,13	15,72	1,53
T3. APN	17,60	17,50	16,00	17,30	17,10	0,74
T4. QTM	15,76	14,92	14,68	13,68	14,76	0,86

**LV (mm)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	79,84	79,40	83,44	83,28	81,49	2,17
T2. AMP	73,20	73,64	71,80	73,64	73,07	0,87
T3. APN	83,08	83,00	84,36	84,68	83,78	0,87
T4. QTM	70,56	69,20	72,60	69,64	70,50	1,51



**DV (mm)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	12,92	13,08	13,16	13,12	13,07	0,11
T2. AMP	11,84	11,28	11,16	11,28	11,39	0,31
T3. APN	12,40	12,16	12,72	12,76	12,51	0,28
T4. QTM	10,84	10,84	10,92	10,92	10,88	0,05

**NGV (#G)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	6,08	6,08	6,12	6,24	6,13	0,08
T2. AMP	5,48	5,64	5,72	5,60	5,61	0,10
T3. APN	6,24	6,24	6,20	6,84	6,38	0,31
T4. QTM	6,12	6,08	6,04	5,64	5,97	0,22

**PPV (g)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	6,81	6,50	6,33	6,25	6,47	0,25
T2. AMP	5,20	5,50	4,75	5,50	5,24	0,35
T3. APN	7,00	5,83	7,00	6,75	6,65	0,56
T4. QTM	4,65	4,55	4,80	4,70	4,68	0,10

**RE (kg/ha)**

Tratamientos	Bloques				Media	SD
	I	II	III	IV		
T1. AMG	7380,0	6655,0	7440,0	6875,0	7087,50	383,85
T2. AMP	4887,5	5000,0	4588,5	5437,5	4978,38	351,91
T3. APN	6612,5	6875,0	6440,0	7298,4	6806,48	373,57
T4. QTM	4461,3	4641,3	4758,8	4138,8	4500,00	270,13

### 9.3. ANEXO C. Pruebas de comparación de medias de Tukey.

#### P1000

1	317,65	179,35	138,30	*
2	317,65	269,90	47,75	*
3	317,65	290,68	26,97	*
4	290,68	179,35	111,33	*
5	290,68	269,90	20,78	*
6	269,90	179,35	90,55	*

Sy = 2,26. Valor de comparación = 8,93

#### DV

1	13,07	10,88	2,19	*
2	13,07	11,39	1,68	*
3	13,07	12,51	0,56	*
4	12,51	10,88	1,63	*
5	12,51	11,39	1,12	*
6	11,39	10,88	0,51	*

Sy = 0,11. Valor de comparación = 0,43

#### DF

1	61,00	44,00	17,00	*
2	61,00	46,00	15,00	*
3	61,00	54,30	6,70	*
4	54,30	44,00	10,30	*
5	54,30	46,00	8,30	*
6	46,00	44,00	2,00	ns

Sy = 0,81. Valor de comparación = 3,20

#### NGV

1	6,38	5,61	0,77	*
2	6,38	5,97	0,41	ns
3	6,38	6,13	0,25	ns
4	6,13	5,61	0,52	*
5	6,13	5,97	0,16	ns
6	5,97	5,61	0,36	ns

Sy = 0,11. Valor de comparación = 0,43

#### NVP

1	21,00	14,76	6,24	*
2	21,00	15,72	5,28	*
3	21,00	17,10	3,90	*
4	17,10	14,76	2,34	ns
5	17,10	15,72	1,38	ns
6	15,72	14,76	0,96	ns

Sy = 0,64. Valor de comparación = 2,53

#### PPV

1	6,65	4,68	1,97	*
2	6,65	5,24	1,41	*
3	6,65	6,47	0,18	ns
4	6,47	4,68	1,79	*
5	6,47	5,24	1,23	*
6	5,24	4,68	0,56	ns

Sy = 0,19. Valor de comparación = 0,75

#### LV

1	83,78	70,50	13,28	*
2	83,78	73,07	10,71	*
3	83,78	81,49	2,29	ns
4	81,49	70,50	10,99	*
5	81,49	73,07	8,42	*
6	73,07	70,50	2,57	ns

Sy = 0,68. Valor de comparación = 2,69

#### RE

1	7087,50	4500,00	2587,50	*
2	7087,50	4978,38	2109,13	*
3	7087,50	6806,48	281,02	ns
4	6806,48	4500,00	2306,48	*
5	6806,48	4978,38	1828,11	*
6	4978,38	4500,00	478,38	ns

Sy = 197,2. Valor de comparación = 778,9

#### 9.4. ANEXO D. Análisis estadístico complementario con SPSS v22.

##### Variable dependiente: P1000

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	43158,762	3	14386,254	705,879	,000
Bloques	132,662	3	44,221	2,170	,161
Error	183,426	9	20,381		
Total corregido	43474,849	15			

a. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,993)

##### HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
4,00	4	179,3500			
2,00	4		269,9000		
1,00	4			290,6750	
3,00	4				317,6500
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

##### Variable dependiente: PE

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	562,626	3	187,542	2,389	,136
Bloques	96,891	3	32,297	,411	,749
Error	706,430	9	78,492		
Total corregido	1365,946	15			

a. R al cuadrado = ,483 (R al cuadrado ajustada = ,138)

##### HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
4,00	4	76,4425
1,00	4	87,0200
3,00	4	87,5000
2,00	4	92,7850
Sig.		,108

**Variable dependiente: DF**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	736,688	3	245,563	93,796	,000
Bloques	9,187	3	3,062	1,170	,374
Error	23,563	9	2,618		
Total corregido	769,438	15			

a. R al cuadrado = ,969 (R al cuadrado ajustada = ,949)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
4,00	4	44,0000		
2,00	4	46,0000		
3,00	4		54,2500	
1,00	4			61,0000
Sig.		,356	1,000	1,000

**Variable dependiente: NVP**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	90,356	3	30,119	18,229	,000
Bloques	1,827	3	,609	,369	,778
Error	14,871	9	1,652		
Total corregido	107,054	15			

a. R al cuadrado = ,861 (R al cuadrado ajustada = ,768)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	14,7600	
2,00	4	15,7175	
3,00	4	17,1000	
1,00	4		21,0000
Sig.		,113	1,000

**Variable dependiente: LV**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	494,588	3	164,863	88,340	,000
Bloques	8,669	3	2,890	1,548	,268
Error	16,796	9	1,866		
Total corregido	520,053	15			

a. R al cuadrado = ,968 (R al cuadrado ajustada = ,946)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	70,5000	
2,00	4	73,0700	
1,00	4		81,4900
3,00	4		83,7800
Sig.		,100	,153

**Variable dependiente: DV**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	12,104	3	4,035	75,884	,000
Bloques	,082	3	,027	,513	,683
Error	,479	9	,053		
Total corregido	12,664	15			

a. R al cuadrado = ,962 (R al cuadrado ajustada = ,937)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
4,00	4	10,8800			
2,00	4		11,3900		
3,00	4			12,5100	
1,00	4				13,0700
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

**Variable dependiente: NGV**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	1,249	3	,416	8,187	,006
Bloques	,021	3	,007	,138	,935
Error	,458	9	,051		
Total corregido	1,728	15			

a. R al cuadrado = ,735 (R al cuadrado ajustada = ,559)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
2,00	4	5,6100	
4,00	4	5,9700	5,9700
1,00	4		6,1300
3,00	4		6,3800
Sig.		,180	,114

**Variable dependiente: PPV**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	10,964	3	3,655	25,235	,000
Bloques	,218	3	,073	,501	,691
Error	1,303	9	,145		
Total corregido	12,485	15			

a. R al cuadrado = ,896 (R al cuadrado ajustada = ,826)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	4,6750	
2,00	4	5,2375	
1,00	4		6,4725
3,00	4		6,6450
Sig.		,227	,916

**Variable dependiente: RE**

Origen	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	20112621,515	3	6704207,172	43,103	,000
Bloques	51204,430	3	17068,143	,110	,952
Error	1399867,115	9	155540,791		
Total corregido	21563693,060	15			

a. R al cuadrado = ,935 (R al cuadrado ajustada = ,892)

**HSD Tukey<sup>a,b</sup>**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	4500,0500	
2,00	4	4978,3750	
3,00	4		6806,4750
1,00	4		7087,5000
Sig.		,370	,749