

EVALUACIÓN DE TRES MODALIDADES DE RIEGO Y TRES LÁMINAS DE AGUA EN
EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE IPIALES,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Por:

YULLY NATALI TOBAR GUERRERO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2017

EVALUACIÓN DE TRES MODALIDADES DE RIEGO Y TRES LÁMINAS DE AGUA EN
EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE IPIALES,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Por:

YULLY NATALI TOBAR GUERRERO

Informe de pasantía empresarial presentado como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Agrónomo

Director de pasantía empresarial

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL M.Sc, Ph.D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO

2017

Nota de aceptación:

Orlando Benavides Benavides I.A. Ms.c

JURADO

Alvaro Castillo Marin I.A. Ms.c.

JURADO

Oscar Checa Coral I.A. M.Sc, Ph.D

PRESIDENTE DE PASANTIA

San Juan de Pasto, Noviembre 2017.

Agradecimientos

A Dios y a los espíritus mayores por la fortaleza y paciencia que me brindaron en este caminar.

A la Universidad de Nariño por la oportunidad de educarme y formarme como profesional.

Al Grupo de Investigación de Cultivos Andinos por darme la oportunidad de realizar la pasantía empresarial y brindarme su apoyo en la formación técnica e investigativa durante el desarrollo del presente trabajo.

A mi madre por darme la vida y por su apoyo incondicional a través del tiempo.

A mi abuelo y hermano por el apoyo para salir adelante.

A mi comunidad por dar el aval para acceder a la educación superior y creer que la educación es el camino para fortalecer el sentir y actuar del indígena.

A familiares y amigos por la motivación cuando más la necesitaba.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.....	8
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. Generalidades	8
3.2. Clasificación taxonómica.....	9
3.3. Arquitectura de la planta	10
3.4. Enfermedades	12
3.5. Densidades de siembra	13
3.6. Fertilización	15
3.7. Riego	17
3.7.1 Riego por goteo.....	18
3.7.1.1. Definición	18
3.7.1.2. Características del modelo de riego	18
3.7.1.3. Características de su funcionamiento.....	18
3.7.1.4. Ventajas del sistema de riego por goteo	19
3.7.1.5. Desventajas	20
3.8. Uso consuntivo.....	20
3.9. Relación entre el agua y el suelo.....	21
3.10. Agua útil para las plantas	21
3.11. Necesidades de agua de los cultivos.....	23
3.12. Coeficiente de Cultivo (Kc)	23
a. Fase inicial: Fase 1	24
b. Fase de desarrollo del cultivo: Fase 2	24
c. Fase de mediados del periodo (Maduración): Fase 3	24
d. Fase final del periodo vegetativo (cosecha): Fase 4	24
3.13. Priorización de la investigación en arveja y su problemática en Nariño.	26
4. OBJETIVOS	28
4.1. Objetivo general.....	28
4.2. Objetivos específicos	28
5. METODOLOGÍA.....	29
5.1. Localización	29

5.2.	Diseño experimental	30
5.3.	Riego	31
5.4.	Labores del cultivo	33
5.4.1.	Preparación del suelo.....	33
5.4.2.	Presiembra	33
5.4.3.	Tratamiento de la semilla	33
5.4.4.	Siembra: 03 de Marzo de 2017	34
5.4.5.	Fertilización	35
5.4.6.	Tutorado.....	36
5.4.7.	Control fitosanitario.....	37
5.4.8.	Cosecha	37
5.5.	Análisis estadístico	38
5.6.	Modalidades de riego por goteo.....	39
5.7.	Uso consuntivo.....	40
5.8.	Tiempo de riego	41
5.9.	Balace Hídrico Climático	41
5.10.	Variables evaluadas	43
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
7.	CONCLUSIONES	55
8.	RECOMENDACIONES	56
9.	BIBLIOGRAFIA	57
10.	CIBERGRAFIA	61

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia el cultivo de la arveja (*Pisum sativum* L.) ha sido de importancia en la economía de pequeños y medianos agricultores de las zonas andinas y su producción se concentra en Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Tolima (Lees, 1985; Zamorano *et al.* 2008). Según el DANE (2010), el área en Colombia se estimó en 34.869 has, ocupando el primer lugar el departamento de Nariño con un 41,9% del total de arveja sembrada. Su siembra intensiva es fuente de trabajo y sustento para muchas familias, pues requiere una cantidad importante de mano de obra, debido al número de labores culturales que se deben realizar para su producción (FAO, 2009); en Colombia se estima que de este cultivo dependen más de 26.000 productores, generando alrededor de 2,3 millones de jornales y unos 15.000 empleos directos (FENALCE, 2010).

La aplicación de riego en el cultivo tiene un deficiente manejo, por lo que en las zonas arvejeras del sur de Nariño, que cuentan con distrito de riego, no tienen un criterio técnico para la aplicación del mismo, por el cual no se ha establecido los requerimientos de agua ni la forma de aplicación, desconociéndose para las regiones productoras, las láminas de riego apropiadas para lograr los mejores resultados en arveja. Además del desconocimiento que tienen los agricultores sobre el manejo del agua que es vital, no sólo para que la planta pueda aprovechar en forma óptima la absorción de la misma en las diferentes etapas del ciclo del cultivo, sino también para facilitar la absorción de minerales.

2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Las regiones arvejeras del sur de Nariño que cuentan con distrito de riego, no tienen un criterio para la aplicación del mismo que obedezca a una recomendación técnica, desconociéndose para las zonas productoras, las láminas de riego apropiadas para lograr los mejores rendimientos en arveja.

Desconocen igualmente las últimas tecnologías en modalidades de riego que pueden optimizar el gasto de agua como los modelos de riego por goteo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades

El origen exacto de la arveja (*Pisum sativum*), conocida también como chicharro o guisante es incierto, es una especie utilizada desde épocas remotas, la literatura griega ya lo menciona en el año 371 a.c; en Colombia ha sido un cultivo de importancia en la economía de pequeños y medianos agricultores de las zonas andinas y su producción se concentra en Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Tolima (Lees, 1985; Zamorano *et al.* 2008). Según el DANE (2010), el área en Colombia se estimó en 34.869 has, ocupando el primer lugar el departamento de Nariño con un 41,9%, Boyacá con un 22,2% y Cundinamarca con un 20,8% del total de arveja sembrada.

Según (Buitagro *et al.* 2006) afirma que en Nariño se produce arveja principalmente en los municipios de Funes, Guaitarilla, Yacuanquer y Pasto. Con el uso de las nuevas variedades como Sindamanoy, Andina , San Isidro, Sureña y Alcalá .A partir del año 1995, se vinculó a la producción de arveja la ex provincia de Obando convirtiéndose en la principal zona productora de

Nariño, en donde los municipios de mayor área sembrada son Ipiales, Pupiales, Gualmatán, Puerres, Potosí y Córdoba.

Por otra parte además de la arveja producida en los municipios del sur de Nariño para consumo en granos fresco, existen algunas áreas dedicadas a la producción de grano seco las cuales se ubican en el norte y centro del departamento. Los municipios involucrados en la producción de grano seco en Nariño son Buesaco, El Tablón de Gómez, San Jose de Alban, Tangua y Yacuanquer (Arcila, 2002). Esta producción revende como semilla para el norte del país y corresponde principalmente a la variedad Santa Isabel.

En análisis realizado por Fenalce (2010), como gremio representante en las leguminosas en Colombia, considera importante en momento del consumo de arveja fresca porque esta es una fortaleza desde el punto de vista de ser un cultivo generador de empleo en el campo de ingresos favorables para el productor. De igual manera hay interés por mirar nuevas variedades para producción en seco y nuevas formas de producción que permitan sustituir parte de la importación que en la actualidad están entre las 40.000 y 50.000 t/ año.

Los productores de arveja de Nariño, adoptaron ampliamente las variedades Ica-Corpoica Sindamanoy, Andina y San Isidro, aprovechando sus bondades lo cual los llevo a ubicarse como los principales del país, sin embargo su uso intensivo condujo al incremento de enfermedades foliares como ascochyta (*Ascochyta pisi*) y oidio (*Oidium* sp) (Quistial J. y Chavez D. 2009).

3.2. Clasificación taxonómica

Según, Puga (1992) y Alcocer (2003), citado por Villareal (2006), la arveja se clasifica en:

Reino: Vegetales

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Rosales

Familia: Leguminosas

Subfamilia: Papilionoides

Tribu: Viciae

Género: Pisum

Especie: sativum L.

Nombre científico: *Pisum sativum* L.

Nombre vulgar: Español: arveja, guisante, chícharo, pésol, arveja de campo, alverja de huerta, tito, bisalto, poas, arvejos, galbana, pitipúa, tacón. Inglés: Pea

3.3.Arquitectura de la planta

En arveja es posible encontrar arvejas arbustivas, semiarbustivas y volubles, las arvejas arbustivas son de porte bajo y su crecimiento termina en flor, las semiarbustivas son arvejas de porte intermedio que terminan en foliolos, mientras que las volubles son altas, requieren tutor y terminan en foliolos. Uno de los limitantes para la producción de arveja volubles es el costo del tutorado, pues la estructura de las plantas no representa suficientes zarcillos para asirse sobre los tutores para evitar que las plantas caigan sobre el suelo, siendo necesario el alto uso de hilos de polipropileno para su amarre.

Según el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra (2003), en España, las características más importantes a tener en cuenta para la elección de las variedades más apropiadas de arveja, son la productividad y la tolerancia varietal al encamado. Cuando se habla de productividad de las variedades para secanos frescos, las diferencias entre las variedades recomendadas no son elevadas, siendo Messire la variedad que destaca ligeramente sobre el resto. Previamente a la

consideración de la altura de la variedad es imprescindible conocer el tipo de hoja. Se puede encontrar variedades con folios abundantes y zarcillos poco desarrollados, afilas (sin foliolos y zarcillos muy desarrollados) o variedades semiafilas, (intermedio en los otros dos). En general se puede decir que a mayor desarrollo del zarcillo, la resistencia al encamado o volcamiento es mayor.

Algunos investigadores sugieren que la introducción del gen afila en las variedades volubles de arveja, puede conducir a reducir el rendimiento como consecuencia de la reducción del área fotosintética de las plantas no obstante esta afirmación no ha sido comprobada. Otros por el contrario, consideran viable esta posibilidad, bajo el argumento de que el rendimiento es el resultado de un gran número de genes y que cualquier reducción que ocurra, no se debe atribuir a la presencia del gen afila, sino al trasfondo genético de los progenitores que son utilizados en el cruzamiento. Además la reducción de la superficie foliar parece ser importante para reducir enfermedades foliares, aumentar la resistencia al encamado. Se ha introducido varias mutaciones que aportan bien el gen “af” (gen afila, sin hojas) que transforman los foliolos en zarcillos con lo que logran un tipo de guisantes con vegetación y biomasa. (Morales, 2005).

Según Mera *et al.* (1998), la presencia del gen afila en las plantas, representa una ventaja, para su manejo agronómico, puesto que el incremento en los zarcillos de la planta, contribuyen a evitar que las plantas coloquen su producción contra el suelo. Además el follaje afilo permite resistir bien la tendadura temprana que afecta a las variedades de follaje convencional (Mera *et al.* 1998).

En arvejas volubles, existen en Colombia, diferentes sistemas de siembra como son: al voleo, en surcos sencillo y doble, y tutorado; este último se adoptó en el departamento de Nariño a partir del año 1995 permitiendo mejores resultados. Al respecto Sañudo *et al.* (1999), indican que el sistema tutorado permiten mejor control de arvenses y enfermedades, no tiene limitaciones con los periodos de lluvia, e incrementa considerablemente los rendimientos.

3.4. Enfermedades

El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) es afectado por numerosos problemas del clima, suelo y fitosanitarios en las etapas de desarrollo y producción, por lo que es necesario establecer un manejo técnico adecuado. No obstante, se presentan riesgos de pérdidas en la cosecha debido a las altas precipitaciones propias de la zona andina, que crean condiciones favorables para el desarrollo de patógenos fungosos, principalmente del género *Ascochyta*, los cuales adquieren importancia económica por el daño que causan a los órganos aéreos de la planta como hojas, tallos y vainas presentando un grave problema en la comercialización en vaina verde (Tamayo, 2000).

Jones, (1927) y (Messiaen *et al.*1995) coinciden al afirmar que la arveja es muy sensible a tres especies del hongo que pertenecen al género *Ascochyta*; *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes* y *Ascochyta pinodella*. Llegando a ser la enfermedad más sobresaliente en el cultivo de arveja, la principal de las leguminosas de grano. No obstante de las tres especies la de mayor importancia es la causada por *Ascochyta pisi*. *Ascochyta* sobrevive en los residuos de cosecha o en la semilla infectada en época de invierno. Según Tamayo (2000) *Ascochyta pisi*. Produce lesiones en hojas, tallos y vainas, en las hojas provoca lesiones circulares (2 a 8 mm de diámetro) de color café claro con anillos concéntricos. La mayor incidencia de este patógeno se presenta en el tercio inferior de la planta pero en ocasiones puede llegar a afectar severamente el tercio medio de la misma (Sañudo *et al.*.,2001).

Ascochyta pisi causante del mal de *Ascochyta* puede producir pérdidas en calidad hasta del 100% en sistemas de siembra no tutorado cuando la humedad es alta y reducir los rendimientos en un 60%.

Por otra parte, el cultivo de la arveja durante las épocas de verano se ve afectado por la cenicilla, oidio o mildew polvoso la cual es una enfermedad que produce daños en todas las zonas productoras de Colombia. El hongo *Eryshipe pisi* afecta hojas, vainas y tallos en todos los estados de desarrollo del cultivo. *Oidium* sp., que es el estado anomorfo de *Eryshipe pisi*, se asocia a *Phoma medicaginis* var *pinodella* en cultivos densos y contribuye significativamente a debilitar la planta. Se estima que en rendimiento puede ser reducido entre un 20 y un 44% por causa de esta enfermedad, dependiendo de la variedad. El hongo que causa la cenicilla tiene un amplio rango de hospederos, en los que se incluye malezas y otras especies cultivadas, que sirven de focos de infección.

La cenicilla es más prevalente y severa en condiciones ambientales secas o durante periodos de verano prolongado y temperaturas cercanas a 25 °C. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan sobre hojas, tallos y vainas. La cenicilla cubre totalmente los tallos y en los puntos de infección se desarrollan lesiones rectangulares oscuras de 5 x 10 mm, distribuidas a lo largo de los tallos. Las hojas bajas de la planta y las vainas sufren ataques severos. Las manchas son blancas, circulares, pulverulentas y más visibles sobre la cara superior de las hojas. En casos de mucha severidad, el hongo causa secamiento prematuro de las hojas. En los tallos se observan pequeñas lesiones irregulares en forma de estrella. En ataques fuertes la cenicilla cubre totalmente los tallos y en los puntos de infección se desarrollan lesiones rectangulares oscuras 5 x 10 mm. Las vainas tornan una apariencia azulosa cuando se cubren de un polvillo blanquesino y en los puntos de infección aparecen lesiones superficiales oscuras estrelladas de forma irregular (Tamayo, 2000).

3.5. Densidades de siembra

La arveja se cultiva mediante diferentes densidades de siembra, de acuerdo con el hábito de crecimiento de la variedad y con las condiciones climáticas de las zonas productoras (Monsalve,

1993). La distancia entre surcos depende de la variedad y el hábito de crecimiento. Las variedades precoces exhiben menos desarrollo exigiendo menos separación entre hileras de siembra (Lobo y Girard, 1983).

En investigaciones realizadas en el cultivo de arveja durante 20 años en Inglaterra, se verificó que reduciendo la distancia de siembra entre plantas de 60 a 40 cm se obtiene un aumento del 35% en el rendimiento, al reducir la distancia entre hileras 20 cm (King, 1996). Holliday (1960), en los Estados Unidos, encontró que al aumentar la densidad de población en un cultivo de arveja, había una reducción en el número de vainas por planta al igual que el número de granos por vaina.

En contraste, Gritton y Eastin (1968), trabajando con variedades tempranas y tardías de arveja, utilizando diferentes distancias entre hileras y con distintas densidades de siembra por hectárea, encontraron que la producción por planta y número de granos por vaina disminuía a medida que la población aumentaba. Según Vicent (1958) al disminuir la distancia de siembra entre hileras, era muy frecuente la no formación de vainas en el nudo basal. Ensayos realizados en la Estación Experimental Carillanca Temuco en Chile, la densidad de siembra es un factor determinante en el rendimiento de la arveja. A medida que aumenta la densidad, las plantas son individualmente menos productivas por la competencia, sin embargo la producción por superficie aumenta. El peso del grano prácticamente no es afectado por la densidad de las plantas, pero si pueden ser afectados por las condiciones climáticas de la temperatura (Mera *et al.*, 1998).

En Colombia Tamayo y Duarte, citados por Montezuma y Ruiz (1974), recomiendan distancias de siembra de 60cm entre surcos y de 15 a 20cm entre plantas; también aconsejan utilizar sistemas de surcos dobles, sembrando surcos sencillos a 30 cm y a 60 cm entre pares de surcos, con la misma distancia entre plantas. Entre los sistemas de siembra más utilizados surcos sencillos con densidades entre 110 a 830 mil plantas por hectáreas y en surcos dobles con densidades de 130-

140 mil plantas por hectárea; en algunos casos el sistema de siembra más aconsejable es al voleo, dependiendo de la variedad. En ciertas zonas para variedades de crecimiento indeterminado se utiliza el tutorado en la producción de arveja para mercado fresco (FEDECAFE, 1986).

3.6.Fertilización

Las necesidades nutritivas de la arveja son descritas en la tabla 1. Como es una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno, siguiéndole en importancia cuantitativa en potasio, luego el magnesio y menor medida fosforo y azufre.

Tabla1. *Necesidades nutritivas de la arveja.*

cultivo	Absorción de nutrientes										
	(Kg/ha)					(g/ha)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Ca	Mn	Zn	Cu	B	Fe
Arveja	100**	30**	70**	40**	21**	90**	2.500-	4000-	2000**	1.500-	4500**
							3.000**	8000**		2.000**	

** Los valores que se muestran son generales para el cultivo de arveja

Fuente: Gómez (2006).

El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmosfera (78% está constituido por nitrógeno). Parece paradójico que siendo el más abundante, es el más difícil de conseguir. La razón es que el nitrógeno del aire es inerte y no puede ser directamente aprovechado por los vegetales ni tampoco por los animales.

El nitrógeno atmosférico está inmovilizado entre sí mediante un triple enlace muy estable y muy fuerte (N_2), y en estas condiciones no puede ser utilizado por las plantas ni por los animales. Para que pueda ser utilizado, hay que romper esos enlaces y fijar o unir el nitrógeno a otros elementos, como el hidrógeno u oxígeno. Solo en estas condiciones, el nitrógeno puesto en el suelo es absorbido por las raíces de las plantas. A partir de este nitrógeno, bajo la forma de iones nitrato (NO_3) o amonio (NH_4), los vegetales inician la fabricación de los aminoácidos, y por ende sus proteínas (Creces, 1997).

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5% (Agronómicas, 2000).

El potasio no es componente estructural de la planta, ni tampoco de las enzimas y proteínas. Su función parece ser principalmente reguladora; por ejemplo, participa en la osmoregulación (movimiento estomatal) y como cofactor en varios sistemas enzimáticos. Se conoce donde se encuentra el potasio dentro de la planta, pero no la función que desempeña. El potasio afecta la mayoría de los procesos metabólicos que se han estudiado. Por ejemplo, en el metabolismo de las proteínas parece que activa ciertas enzimas responsables del enlace entre los péptidos y la incorporación de los aminoácidos a las proteínas. El potasio es requerido para la formación del almidón y los azúcares, para su distribución a toda la planta. Se ha comprobado que este nutriente es necesario para la división y el crecimiento celular y que de alguna forma está vinculado a la

permeabilidad y a la hidratación. Las plantas son más resistentes a las plagas y al estrés ambiental cuando satisfacen sus requerimientos de potasio (Gliessman, 2002).

El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son macronutrientes secundarios, pero esta clasificación responde más a los niveles relativamente altos en que se acumulan en los tejidos vegetales y no a su importancia en las estructuras y procesos. Esto no significa que su papel no sea valioso porque cuando cualquiera de estos nutrientes son escasos en el suelo, el desarrollo de la planta es afectado y rápidamente aparecen los síntomas más propios de la deficiencia (Gliessman, 2002).

3.7. Riego

Las hortalizas son cultivos que requieren un manejo adecuado de la humedad del suelo para rendir buenas cosechas. Los excesos de humedad perjudican el crecimiento del sistema radical y promueven el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas. En nuestro país se han realizado pocas investigaciones para establecer el manejo más adecuado del agua de riego, debido quizás a que los agricultores acostumbran sembrar al inicio del periodo de lluvias al final de este, cuando la humedad residual es suficiente para obtener buenas cosechas y además, el agua no es un factor limitante severo para la producción de hortalizas durante todo el año.

En las plantaciones de hortalizas, que se hacen a la salida del invierno, el agricultor aplica el riego por aspersión durante las últimas semanas del cultivo, pues la preparación del terreno se hizo para una condición de alta precipitación y por consiguiente no es apropiado para el riego por gravedad. Los sistemas de conducción y aplicación del agua, en los sistemas de producción de hortalizas, son rudimentarios y no se controla el volumen del líquido a aplicar (Bolaños, 2001).

La arveja requiere 250 a 380 mm de agua bien distribuidos por ciclo de cultivo; es muy sensible a la escases, sobre todo en épocas de crecimiento e inicio de la floración (Inat-CORPOICA, 2000; ICA, 1993).

3.7.1 Riego por goteo

3.7.1.1. Definición

Es un sistema de riego presurizado de baja descarga que lleva al agua al sistema radical de las plantas paulatina y lentamente en forma de gotas para garantizar su mejor aprovechamiento (Leon,2003).

3.7.1.2. Características del modelo de riego

El riego por goteo implica una mejora tecnológica importante, que contribuirá a lograr una mayor productividad. Concibe un cambio profundo dentro de los modelos de aplicación de agua al suelo que incide y cambia las prácticas culturales del cultivo hasta el punto de que puede considerarse como una nueva técnica de producción agrícola. (Leon,2003).

3.7.1.3. Características de su funcionamiento

El agua se aplica directamente al suelo en donde se infiltra y se mueve en dirección horizontal y vertical (Leon,2003).

Al regar no es necesario mojar todo el suelo, sino una parte del mismo, que varía con las características del mismo, el caudal del gotero y el tiempo de riego. En esta parte húmeda es en la que la planta concentra sus raíces y de la que se alimentara. (Leon,2003).

Al regar por goteo existen zonas secas no exploradas por las raíces y zonas humedad en donde se concentran mayor cantidad de raíces, esto significa que sobre una franja de riego por goteo habrá

más plantas que en una con riego tradicional, por lo que se trata en definitiva de un cultivo intensivo que requerirá de mayor abonado para responder a la extracción de las cosechas (Leon,2003).

El carácter de alta frecuencia de riego del sistema, garantiza el mantenimiento de un nivel de tensión en el suelo inferior o igual a la capacidad de campo, con lo cual el cultivo responde mejor (Leon,2003).

3.7.1.4. Ventajas del sistema de riego por goteo

- ahorro importante de agua cerca al 50 x 100 o más, gracias a que solo se moja el área radicular del cultivo.
- Aprovechamiento eficiente de fuentes de agua.
- Bajo requerimiento de potencia, lo cual disminuye los costos de operación.
- Permite hacer entrega oportuna y continua de fertilizantes y otros agroquímicos hidrosolubles cerca al sistema radicular a muy bajo costo, por ser un riego que lleva el agua directamente al suelo. No causa humedecimiento del follaje evitando así la proliferación de enfermedades.
- Facilita y permite mayor manejo y control de la aplicación de agua para riego.
- Aumento de la producción y mejora la calidad de las cosechas.
- Facilita la adopción de nuevas tecnologías de producción como las coberturas sintéticas y permite la realización de labores culturales al cultivo cuando se riega. Existen innumerables ventajas del modelo de riego por goteo, pero en realidad una de las más importantes bondades es la disminución de los costos de producción, que junto a buenos rendimientos calidad en las cosechas, puede llevar cualquier proceso productivo a ser competitivo (Leon,2003).

3.7.1.5. Desventajas

En realidad son pocos los inconvenientes en relación con las ventajas si el sistema es bien operado, unos de los principales inconvenientes del modelo de riego por goteo, es el alto costo de su instalación, especialmente si se tiene en cuenta que la oferta general de las compañías fabricantes distribuidoras, está saturada de equipamiento y tecnicismo no siempre necesarios o que pueden ser reemplazados por mecanismos sencillos. La operación del sistema requiere de cierto nivel de capacitación. No todas las aguas de riego son óptimas para su operación, puede presentarse taponamiento de goteros. Por ser un sistema fijo, está expuesto al ataque de roedores, hormigas, entre otros (Leon, 2003).

3.8. Uso consuntivo

El agua que consumen las plantas para germinar, crecer y producir económicamente, y cuantitativamente se denomina uso consuntivo y su vez es un concepto equivalente a la evapotranspiración (Garay, 2009).

Los factores fundamentales que influyen en el uso consuntivo del agua son:

- Clima, representado por la temperatura, humedad relativa, vientos, latitud, luminosidad, precipitación.
- Cultivo, representado por la textura, profundidad del nivel freático, capacidad de retención de humedad.
- Agua de riego, en cuanto a su calidad, disponibilidad, prácticas de riego, nivel de la misma con respecto a la superficie, etc (Garay, 2009).

Bocher, citado por FAO (1974), manifiesta que la cantidad de agua usada para la producción de un cultivo se puede denominar uso consuntivo, comprende el agua transpirada por las hojas de las

plantas y la evaporada del suelo húmedo. Parte de las necesidades del uso consuntivo puede satisfacerse con la lluvia caída durante la época vegetativa o las precipitaciones anteriores a la siembra que quedan retenidas en el suelo y pueden ser utilizadas posteriormente por la planta.

El uso consuntivo suele expresarse como profundidad de agua por unidad de tiempo, por ejemplo, milímetros por temporada. Para calcular el volumen total de agua necesaria, se multiplica la necesidad de agua estacional por la superficie que requiere regar, siendo la unidad de volumen más comúnmente empleada es la de metros cubico (Garay,2009).

3.9.Relación entre el agua y el suelo

El suelo es el almacén de agua para las plantas, el agua que se aplica a los terrenos, ya sea mediante la lluvia o mediante el riego, es almacenado por el suelo en el espacio poroso (Mendoza,2013).

La cantidad de agua que se almacena depende de muchos factores pero principalmente de la distribución de las partículas sólidas de los suelos o textura. Por unidad de volumen de suelo, los suelos arenosos tienen menor capacidad de almacenar agua que los suelos arcillosos, por esa razón cuando un cultivo se siembra en suelos arenosos es necesario regar con mayor frecuencia que cuando está sembrado en suelos arcillosos (Mendoza, 2013).

3.10. Agua útil para las plantas

Según (Mendoza,2013) Dependiendo del nivel de humedad que exista en el suelo las plantas pueden hacer uso o no de dicha agua. El contenido de humedad en el cual las plantas pueden hacer uso del agua se encuentra entre los niveles de capacidad de campo y punto permanente de marchitez. Para que una planta se desarrolle en una forma adecuada se debe mantener el nivel de humedad muy cerca de la capacidad de campo, regando poco y en forma frecuente.

Desde el punto de vista del aprovechamiento del agua, se distinguen tres clases de agua en el suelo: el agua gravitacional que es la que se encuentra entre el nivel de saturación y la capacidad de campo, esta fracción del agua del suelo no es útil para la planta o puede temporalmente ser utilizada por las plantas mientras se encuentre en el estrato reticular de los suelos.

La otra clase es el agua capilar, que es la que se encuentra entre los niveles de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, esta agua es prácticamente la única que utiliza la planta, es la reserva hídrica del suelo. Su conocimiento es imprescindible para calcular las láminas de riego y los calendarios de riego.

Y finalmente se encuentra el agua higroscópica que es la contenida entre el punto de marchitez permanente y la condición de suelo seco. En esta condición, las moléculas de agua se disponen sobre las partículas de suelo en una capa de 15 a 20 moléculas de espesor y se adhiere a la partícula por adhesión superficial.

El poder de succión de las raíces no tiene la fuerza suficiente para extraer esta película de agua del terreno. En otras palabras esta porción del agua en el suelo no es utilizable por las plantas.

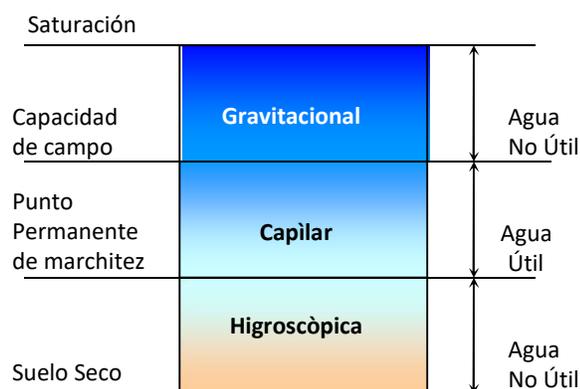


Figura 1. Agua útil y no útil para las plantas.

3.11. Necesidades de agua de los cultivos

Las necesidades hídricas de los cultivos expresan la cantidad de agua que es necesario aplicar para compensar el déficit de humedad del suelo durante un período vegetativo (Mendoza,2013).

Las plantas absorben el agua desde el suelo mediante sus raíces. Ambos, suelo y planta, están sometidos a los efectos de la lluvia, el sol y viento, que generan un mayor o menor grado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. La cantidad de agua que suponen ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta simplemente porque es muy difícil calcularla por separado. Por lo tanto se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representados por la suma de la evaporación directa desde el suelo más la transpiración de las plantas que es lo que se conoce como evapotranspiración (Mendoza, 2013).

3.12. Coeficiente de Cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo Kc describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la floración. (Mendoza,2013).

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

El coeficiente **Kc** de cada cultivo tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo y son las siguientes:

a. Fase inicial: Fase 1

Comprende el periodo de germinación y crecimiento inicial cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo, desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal.

b. Fase de desarrollo del cultivo: Fase 2

Comprende desde el final de la fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa del orden de 70 – 80%

c. Fase de mediados del periodo (Maduración): Fase 3

Comprendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente por la decoloración o caída de hojas.

d. Fase final del periodo vegetativo (Cosecha): Fase 4

Comprende desde el final de la fase anterior hasta que llega a la plena maduración o cosecha.

El Kc presenta valores pequeños al inicio del desarrollo del cultivo y aumenta a medida que se incrementa la cobertura del suelo. El valor máximo se alcanza durante la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrecen durante la maduración (Mendoza,2013).

Los valores de Kc para diferentes cultivos se presentan en el cuadro 1.

Cultivo	Inicial	Desarrollo	Media Estación	Finales
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.80
Cacahuete	0.45	0.75	1.05	0.70
Cebolla verde	0.50	0.70	1.00	1.00
Espinaca	0.45	0.60	1.00	0.90
Col	0.45	0.75	1.05	0.90
Guisante	0.45	0.80	1.15	1.05
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Maíz dulce	0.40	0.80	1.15	1.00
Maíz grano	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Patata	0.45	0.75	1.15	0.85
Pepino	0.45	0.70	0.90	0.75
Pimiento	0.35	0.70	1.05	0.90
Rábano	0.45	0.60	0.90	0.90
Soya	0.35	0.75	1.10	0.60
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90

Cuadro 1. Coeficientes de cultivo (Kc) para varios cultivos.

3.13. Priorización de la investigación en arveja y su problemática en Nariño.

De acuerdo con la Matriz Consolidada de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño (2012), se estableció que la arveja es la hortaliza de mayor importancia por su área sembrada y por ser una fuente permanente de empleo en el campo y una alternativa rentable para el productor. En la reunión departamental realizada para consolidar la Agenda de Competitividad de Hortalizas, se determinó como prioritaria la obtención de variedades adaptadas a las condiciones ambientales de las zonas productoras con alto rendimiento y calidad nutricional para el consumo en fresco y para la industria y resistencia a las enfermedades limitantes (*Ascochyta* sp., *Fusarium oxysporum*, *Oidium* y *Botrytis cinerea*). Se hizo énfasis en la necesidad de generar variedades con cambio de arquitectura de planta que favorezca los procesos de tutorado mediante el uso del gen afila, así como también generar recomendaciones tecnológicas para el manejo eficiente del agua, aprovechando los distritos de riego de la región (CORPOICA, Matriz de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño, Marzo de 2012).

En la misma matriz, se priorizó la generación de recomendaciones tecnológicas en nutrición vegetal bajo las condiciones biofísicas de Nariño, indicando la necesidad de definir para arveja, coliflor, zanahoria, cebolla junca y de bulbo, las recomendaciones de fertilización específica por cultivo.

El desarrollo de la presente pasantía empresarial está enmarcada dentro del proyecto: Investigación para el Mejoramiento de la Tecnología de Producción de Arveja (*Pisum sativum* L.) del departamento de Nariño, que contempla como uno de sus objetivos la obtención de recomendaciones técnicas para fertilización y riego en arveja.

Dentro de riego en arveja, el proyecto plantea la actividad 12 que corresponde a la evaluación de modalidades de riego en tres municipios con distrito de riego en Nariño. En este contexto la pasantía tuvo lugar en el ensayo que se realizó en el municipio de Ipiales.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Contribuir a incrementar los rendimientos en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) mediante la utilización óptima de agua y modalidades de riego apropiados en el municipio de Ipiales, Departamento de Nariño.

4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de tres modalidades de riego sobre los componentes de rendimiento de la arveja.

Evaluar el efecto de la lámina de agua o factor de cultivo para la producción de arveja.

5. METODOLOGÍA

5.1. Localización

La investigación se realizó en la finca del agricultor Miguel Chamorro ubicada en el municipio de Ipiales, vereda la Florida, con una altitud de 2754 m.s.n.m, coordenadas Latitud: 0°49.81'08" N y Longitud: 77°38.97'54" O, con una temperatura promedio de 12°C y una precipitación anual de 730 mm (dateandtime.info, 2016).

De acuerdo con IGAC (2004) estos suelos se clasificaron como Acrudoxic Melanudands. Morfológicamente presentan un perfil de tipo A-B. El horizonte A es grueso, tiene 85 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, fina y media, fuerte; sigue un horizonte transicional AB, de color pardo amarillento oscuro y negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, media y gruesa. El horizonte Bw, de alteración, color pardo amarillento, textura franco arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, débil.

Estos suelos se localizan en las laderas, el plano y el frete de las coladas de lava, dentro del paisaje de montaña denudacional. Son suelos desarrollados de ceniza volcánica que yacen sobre andesitas, se caracterizan por ser muy profundos y profundos, bien drenados y texturas franco arenosa y arenosa franca (IGAC, 2004).

Químicamente son suelos de reacción muy fuerte y fuertemente ácida, alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo, alta retención de fosfatos; altos contenidos de aluminio intercambiable en el horizonte superficial, altos contenido de carbono orgánico y fertilidad baja (IGAC, 2004).

Los principales limitantes para su uso y manejo son las pendientes escarpadas, las bajas temperaturas, los fuertes vientos, la alta saturación de aluminio y la baja fertilidad. (IGAC, 2004).

5.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones, en el cual a la parcela principal se asignó el factor A correspondiente a factor de cultivo ($k_c = 1.20$, $k_c = 0.8$ y $k_c = 1.0$). Dentro de las subparcelas se asignó el factor B correspondiente a los tres modelos de riego por goteo (autorregulado, cinta de riego y cinta Ro-Drip).

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha \gamma)_{ik} + \beta_j + (\beta \gamma)_{jk} + (\alpha \beta)_{ij} + (\alpha \beta \gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A asignado en la parcela principal (Factor del cultivo K_c)

γ_k = efecto de K-ésimo nivel del factor R (Bloque)

$(\alpha \gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción AR en la combinación ik (error A)

β_j = efecto del factor B en su nivel j asignado a la subparcela (modalidades de riego por goteo).

$(\beta \gamma)_{jk}$ = interacción BR en jk.

$(\alpha \beta)_{ij}$ = efecto de la interacción AB en la combinación ij.

$(\alpha \beta \gamma)_{ijk}$ = interacción ABR en la combinación ijk (error B)

\mathcal{E}_{ijk} = Error aleatorio en la casilla ijk .

El error de la subparcela (error B), se obtendrá de la suma de los efectos de la interacción BR y ABR.

5.3.Riego

El lote experimental tuvo un área de 324 m² por tratamiento para un total en los tres tratamientos de 972 m².

Se construyeron surcos para la siembra de arveja de 10 m de largo espaciados a 1.20 m para cada tratamiento. Para la investigación de la aplicación de la lámina de agua, se instalaron tres modalidades de irrigación por goteo así: riego por cinta, riego autorregulado y cinta Ro-Drip. Cada tratamiento consto de nueve surcos en los cuales se instalaron nueve líneas de riego, para un total de 27 líneas por bloque y 81 líneas en toda el área del ensayo. Figura 2.



Figura 2.Riego experimento Ipiales.

Los modelos de riego y los coeficientes de cultivo Kc se establecieron de acuerdo a lo definido en el mapa de campo (Figura 3).

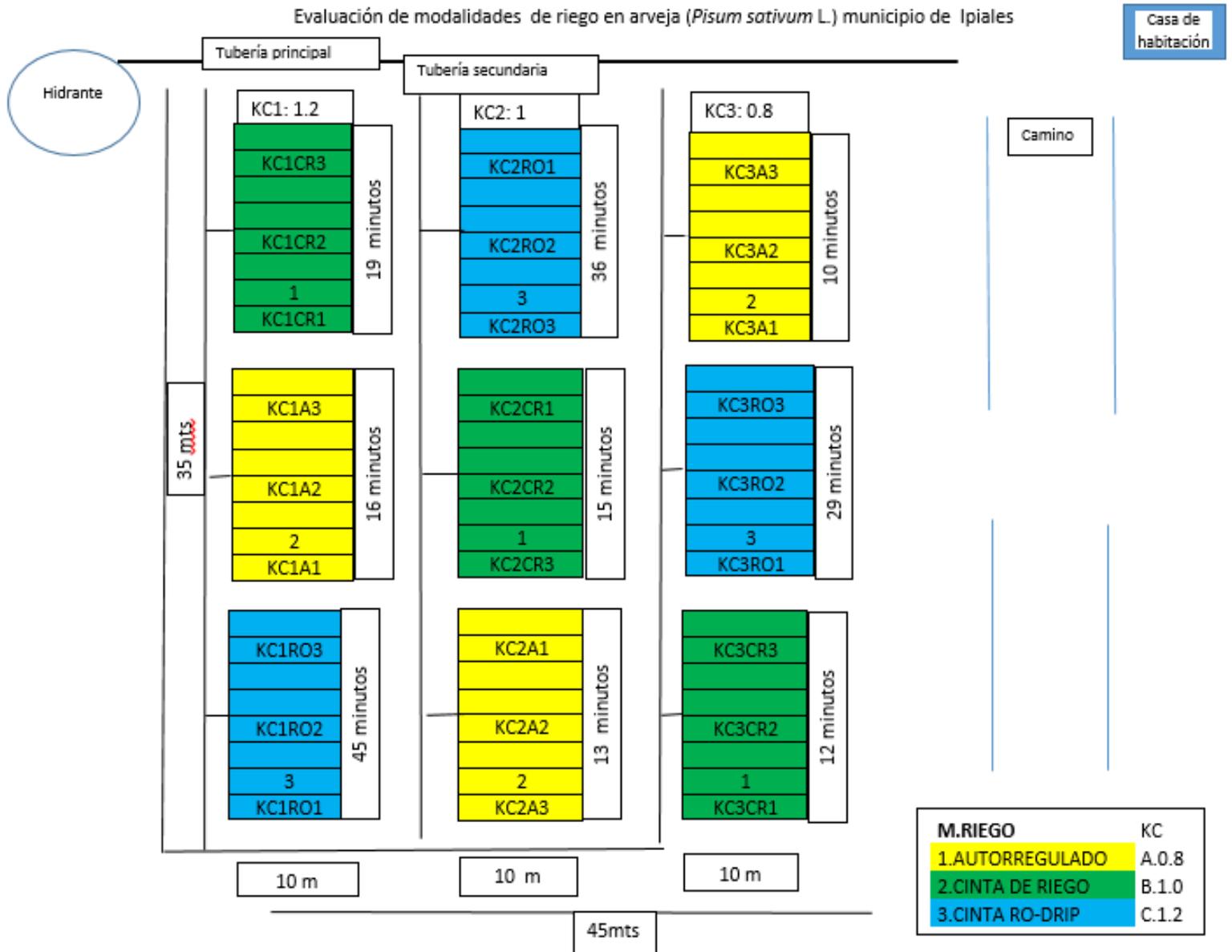


Figura 3. Mapa de campo de la investigación modalidades de riego en arveja *Pisum sativum* L.

5.4.Labores del cultivo

5.4.1. Preparación del suelo

La preparación se realizó 5 días antes de la siembra, mediante un pase de arado y 2 de rastrillo. Posteriormente se procedió a realizar el trazo.

5.4.2. Presiembra

Antes de la siembra se preparó la semilla correspondiente a la variedad comercial Andina proveniente del lote de multiplicación de semillas ubicado en los terrenos del Centro Nacional de Aprendizaje SENA Lope, ubicado en el municipio de Pasto a una altura de 2700 msnm, con una temperatura promedio de 13°C.Figura 4.

Un día antes de la siembra se realizó el siguiente tratamiento a la semilla

5.4.3. Tratamiento de la semilla

Se aplicó fungicidas como:

- ✓ NC.Carbendazim. i.a (carbendazim) 5cc/ 1 kg de semilla.
- ✓ Vitavax i.a (Carboxín + captan) 3g/ 1kg de semilla.

Insecticida como:

- ✓ NC. latigo i.a (Lambda Cihalotrina + Clorpirifos etil) 1cc/ 1k de semilla.



Figura 4. Semilla utilizada para el experimento.

5.4.4. Siembra: 03 de Marzo de 2017

Para la siembra se utilizó la semilla de la variedad comercial Andina previamente tratada, se sembró 1 semilla por sitio cada 10 cm, para una densidad de 36kg ha^{-1} como medida de prevención de enfermedades y plagas se realizó una aplicación al suelo de fungicidas como Zafiro i.a (Propamocarb) 30 cc/ bomba; e insecticidas como Ciromex i.a (Ciromazina) 15 cc/ bomba , Casta i.a (Lambdacialotrina) 20cc/bomba y pilarmate i.a (Methomyl) 1 cucharilla / bomba .Finalmente se procedió al tape de la semilla. Figuras 5 y 6.



Figura 5. surcado 03 de Marzo de 2017.



Figura 6. Siembra 03 de Marzo de 2017.

5.4.5. Fertilización

Se utilizó fuentes de fertilizantes compuestos como 10-30-10 y fuentes simples como DAP y urea en las dosis que se muestran en la tabla 2. se aplicó 9,3 g/ planta y se realizó a los 34 días después de la siembra. Figura 7.

Tabla 2. Dosis de fertilizantes utilizadas en el experimento.

Cantidad	fuentes
7 g	10-30-10
2 g	urea
0,3 g	DAP



Figura 7.Fertilización 5 de Abril 2017.

5.4.6. Tutorado

Se ahoyo y coloco los postes para el tutorado vertical a los 49 días después de la siembra y horizontal 8 canastillas. Figuras 8 y 9.



Figura 8. Ahoyado y posteo 12 Abril 2017.



Figura 9.Tutorado vertical 21 de Abril de 2017.

5.4.7. Control fitosanitario.

A partir del establecimiento del ensayo se realizaron dieciocho aplicaciones para el control de plagas (Trips, melagromiza spp.) y enfermedades (*fusarium oxysporum*, *Ascochyta*, *Peronospora viciae*, *Botrytis*). El control de malezas se lo realizo de manera manual a los 28, 47 y 84 días después de la siembra. Figura 10.



Figura 10.Control fitosanitario.

5.4.8. Cosecha

Se realizaron cuatro pases a los 112, 125, 135 y 146 días después de la siembra. Figura 11.



Figura 11.Cosecha experimento.

5.5.Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey mediante el software SAS 9.4 (SAS 9.4.2016).

5.6. Modalidades de riego por goteo.

La cinta de riego tuvo una emisión promedio de 1,1 L/h, cinta autorregulada 1,2 L/h y cinta Ro-Drip 0,4 L/h; las cuales estuvieron ubicados en los laterales de manguera de 1 pulgada; se colocó un lateral por cada parcela para un total de 27 laterales para cada modalidad de riego por goteo.

El agua utilizada en el riego por goteo se distribuyó por medio de llaves de paso de 1" pulgada que se ubicaron en el área experimental. La presión se calibro mediante el uso de manómetros y piezómetros. Figura 12.

El equipo para el modelo de riego estuvo conformado por un cabezal de riego que se utilizó para controlar el agua y distribuirla por una red de tuberías con la presión y caudal necesarios por medio de un conjunto de elementos tales como: llaves de paso, codos, niples, reducciones y otros materiales de PVC que permitieron el acople total del sistema. Figura 13.



Figura 12. Manómetro utilizado en el experimento.



Figura 13. Control módulo de riego.

5.7. Uso consuntivo

Se tomó la evaporación promedio del sitio 3.5 mm/día; la cual se tomó de los datos suministrados por la estación sinóptica principal del aeropuerto San Luis de Ipiales y el Kc del cultivo.

El Uc se lo cálculo de la siguiente manera:

$$Uc = \text{Área} \times Kc \times Ev$$

Donde:

Uc: Uso consuntivo

Área: 8 m²

Kc: Coeficiente del cultivo

Ev: Evaporación en mm

En la tabla 3 se muestra el uso consuntivo para cada modalidad de riego por goteo y Kc.

Tabla 3. *Uso consuntivo*

Modalidad de riego por goteo	Coeficiente de cultivo	Uso consuntivo
	1.2	336 mm
Autorregulada	1	280 mm
	0.8	224 mm
	1.2	336 mm
Cinta de riego	1	280 mm
	0.8	224 mm
	1.2	336 mm
Ro-Drip	1	280 mm
	0,8	224mm

5.8. Tiempo de riego

Para la aplicación de riego se calibro la presión de cada subparcela a 10 PSI aproximadamente; para ello se instaron seis manómetros y tres piezómetros y se realizaron aforos en campo.

El tiempo de riego se calculó de la siguiente manera para cada modalidad de riego y Kc.

Calculo para Autorregulada Kc 1.2

Teniendo en cuenta los aforos se regarían 1200 mm en 60 minutos

Entonces el tiempo de riego para 336 mm fue:

$20160/1200 = 16$; así el Tr = 16 minutos.

En la tabla 4 se muestra la cantidad de agua para 60 minutos y el tiempo de riego en el ensayo.

Tabla 4. Cantidad de agua y tiempo

Modalidad de riego	Cantidad de agua en mm para 60 minutos	Tiempo de riego minutos
Autorregulada Kc 1.2	1200	16
Autorregulada Kc 1	1292	13
Autorregulada Kc 0.8	1344	10
Cinta de riego Kc 1.2	1080	19
Cinta de riego Kc 1	1128	15
Cinta de riego Kc 0.8	1128	12
Ro-Drip Kc 1.2	444	45
Ro-Drip Kc 1	468	36
Ro-Drip Kc 0.8	456	29

5.9. Balance Hídrico Climático

Para el cálculo de balance hídrico se tomó los datos suministrados por la estación sinóptica principal del aeropuerto San Luis de Ipiales. Los cálculos se muestran en el cuadro 2, el resumen de datos para calcular el balance se encuentran en el cuadro 3, en el cuadro 4 y 5 se encuentra el balance hídrico climático para el ciclo de desarrollo del cultivo de arveja.

VARIABLES	CALCULOS
Precipitación (P)	Calculada por el método probabilístico 75% de precipitación
Evapotranspiración (ETP)	Calculada por el método del tanque
Perdida de almacenamiento	Si $ETP < P$: Perdida de almacenamiento = 0 Si $ETP > P$: Perdida de almacenamiento = $(ETP) * Almac. Anterior / Almac. Total$
Almacenamiento anterior	Si perdida de almacenamiento = 0; $ET = ETP$ sino $almac. Anterior - Perd. Almac.$
Evapotranspiración Real (ET)	$P +$ perdidas de almacenamiento.
Déficits	$ETP - ET$
Excesos	Si $ETP > P = 0$; Si $ETP < P = (Almc. Anter + P) - (ETP - Alm. Total)$
Índice Agroclimático	Relación de ET/ETP Si $R < 0.6$: Condiciones anormales para desarrollo de las plantas. Si $R > 0.6$: zonas adecuadas para explotación agrícola.
Sumatoria de excesos	Se suma los meses que presenten excesos de agua.
Sumatoria de déficit	Se suma todo los meses que tengan déficit de agua.
Mes con mayor déficit	Se suma todos los meses seguidos que presenten déficit en relación a los demás.

Cuadro 2. Resumen cálculos para balance Hídrico Climático.

Estación	estación sinóptica principal del aeropuerto San Luis	Municipio	Ipiales
Capacidad de almacenamiento	60 mm	Departamento	Nariño
Almacenamiento anterior	60 mm	Latitud	0°49.81'08" N
Precipitación	730. 1 mm	Longitud	77°38.97'54" O
Profundidad radical	40 cm	Altitud	2754 m.s.n.m
Textura del suelo	Franco arenosa		

Cuadro 3. Resumen datos Balance Hídrico climático de Ipiales.

Meses \ Variables	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precipitación 75%	65.7	68.2	52.35	39.95	29.65
ETP	79.39	79.15	79.45	72.8	76.87
Perdidas de almacenamiento	13.69	8.4	17.1	11.3	7.4
Almacenamiento anterior	46.31	37.91	20.81	9.5	2.1
ET	79.39	76.6	69.4	51.2	37.05
Déficits	0	2.5	10.05	21.6	39.82
Excesos	0	0	0	0	0
R(ET/ETP)	1	0.9	0.8	0.7	0.4

Cuadro 4. Balance Hídrico Climático de Ipiales durante el ciclo del cultivo de Arveja.

SUMATORIA DE EXCESO DE AGUA	mm	0
SUMATORIA DE DEFICITS DE AGUA	mm	73.97
MES CON MAYOR DEFICIT DE AGUA	mm	39.82

Cuadro 5. Resumen de variables.

5.10. Variables evaluadas

Se evaluaron las variables como: número de plantas (NP) figura14 y los componentes de rendimiento y el rendimiento en vaina verde tomado en Kg/ha Figuras 15 y 16. Que hacen referencia a las siguientes variables:

Número de vainas por planta (NVP): En 15 vainas al azar tomadas del total de la parcela útil de la variable anterior se registraron las siguientes variables: Peso de la vaina con grano (PVCG): se registró el promedio en gramos; Número de granos por vaina (NGV): se contaron los granos de las vainas y se obtuvo el promedio; Peso de grano por vaina (PGV): se tomó el respectivo peso de los granos para dividir entre el número de vainas y se registró el resultado en gramos; Relación grano vaina (RGV):se obtuvo de dividir el peso de los granos sobre el peso de las vainas con grano; Rendimiento en vaina verde en Kg.ha⁻¹ (RTO): se cosecho en vaina verde el área útil de las subparcelas para obtener el rendimiento en vaina verde por parcela y luego llevarlo a Kg.ha⁻¹ Figuras 17 y 18.



Figura 14. Evaluación número de plantas 03 de Agosto 2017.



Figura 15. Evaluación peso de vaina con grano.



Figura 16. Evaluación número de vainas por parcela.



Figura 17. Evaluación número de granos por vaina.



Figura 18. Peso de grano por vaina.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando los cuadros 4 y 5 del balance hídrico climático se observa que existe una deficiencia hídrica de 73.97 mm, el mes con mayor déficit correspondió al mes de Julio donde teniendo en cuenta el índice agroclimático se observa que había condiciones anormales para el desarrollo de las plantas por el déficit de agua.

Evaluación de modelos de riego por goteo

Los cuadrados medios indican que se encontraron diferencias estadísticas a nivel de 0,05 y 0,01 de probabilidad estadística entre factor de cultivo para las variables número de vainas por planta (NVP) y rendimiento en vaina verde (RTO) y para la interacción factor de cultivo * modalidades de riego en las variables número de vainas por planta (NVP), peso de vaina con grano (PVCG) y rendimiento en vaina verde (RTO). (Tabla 5).

No se encontraron diferencias significativas para factor de cultivo y modalidades de riego para las variables número de plantas (NP), número de granos por vaina (NGV), peso de grano por vaina (PGV) y relación grano vaina (RGV). (Tabla 5).

Lo anterior posiblemente a que no se pudo evaluar con precisión la eficiencia de cada modelo ya que se presentaron lluvias. (IDEAM, 2017). (Figura 19).

Tabla 5. Cuadrado medio de las variables número de plantas (NP), número de vainas por planta (NVP), peso de Vaina con Grano(PVCG), número de granos por vaina (NGV), peso de grano por vaina (PGV), relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). Ipiales, vereda la Florida. 2017.

F.VARIACION	NP	NVP	PVCG	NGV	PGV	RGV	RTOV
Fcultivo	413.59	90.39**	0.20	0.05	0.005	0.00081	19.63**
Bloques	220.48	7.20	0.35	0.007	0.13	0.0038	2.61
Error a	232.31	2.88	0.07	0.30	0.15	0.0015	1.03
M.Riego	112.14	5.35	0.42	0.12	0.14	0.00054	1.57
Fcultivo*Riego	230.14	110.96**	1.009*	0.20	0.22	0.00013	26.46**
Error b	233.03	8.63	0.26	0.08	0.09	0.0015	2.23

* Diferencias significativas; $p < 0.05$ **diferencias altamente significativas $p < 0.01$.

Porcentaje de emergencia (% EME)

Esta variable no se tuvo en cuenta en los resultados ya que en las primeras etapas del cultivo no se pudieron realizar las aplicaciones de agua por la presencia de lluvias, como lo muestra los datos del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales donde se observa que el mes de Marzo es donde se presentó la mayor cantidad de precipitación coincidiendo con la siembra. (IDEAM, 2017). (Figura 19).

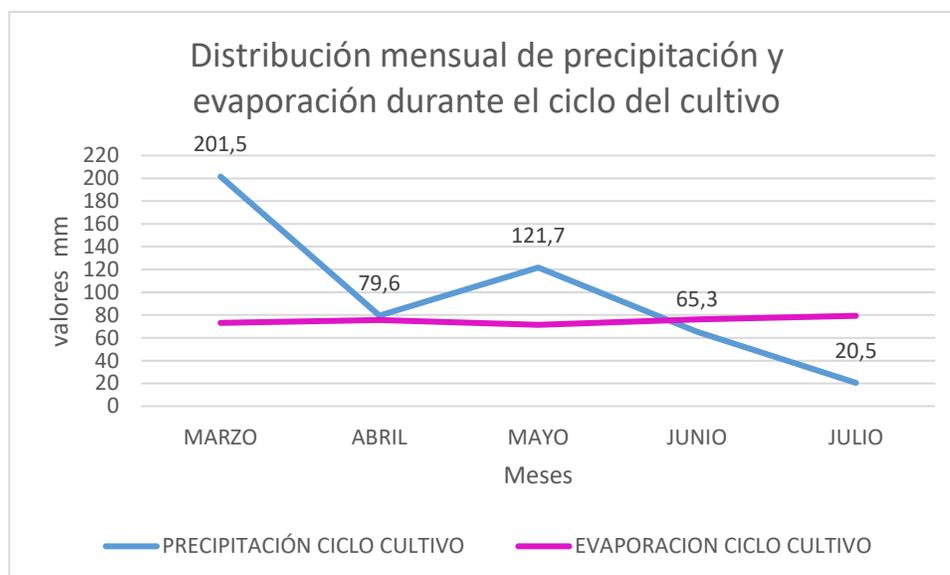


Figura 19. Distribución de precipitación y evaporación IDEAM, 2017.

Número de vainas por planta (NVP). En la tabla 6 se observan los promedios para número de vainas por planta (NVP) de las diferentes modalidades de riego dentro de cada uno de los coeficientes de cultivo (K_c) evaluados; en el $K_c1(1,2)$ los promedios oscilaron entre 22.33 y 15.42 vainas por planta sin diferencia significativa (Autorregulada, Cinta de riego y Ro-Drip); una tendencia similar se observa en el $K_c2(1)$ con 25.40 y 24.79 vainas por planta sin diferencias entre los modelos de riego estudiados; encontrándose en el $K_c3(0,8)$ sobresalen los tratamientos con Cinta Autorregulada y Ro-Drip con 30.15 y 27.08 vainas por planta los cuales superaron a cinta de riego que solo alcanzó 16.44 vainas por planta.

Engels *et al.*, (1991), afirman que el número de vainas por planta para la especie *P. sativum* puede variar de 10 a 142. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en el ensayo.

Peso de vaina con grano (PVCG). La tabla 7 muestra los promedios para peso de vaina con grano (PVCG) de las diferentes modalidades de riego dentro de cada uno de los coeficientes de cultivo (K_c) evaluados; en el $K_c1(1,2)$ el peso promedio osciló entre 7.46 y 7.24 gramos

sin diferencia significativa (Autorregulada, Cinta de riego y Ro-Drip); una tendencia similar se observa en el Kc3(0.8) con pesos entre 6.75 y 7.29 gramos sin diferencias entre los modelos de riego estudiados; encontrándose en el Kc2(1) sobresale el modelo de riego con Cinta Ro-Drip con peso de 7.91 gramos, similar a 7.09 gramos obtenido con cinta Autorregulada, el menor peso se obtuvo con cinta de riego con un peso de 6.35 gramos.

Polania 2011 afirma que hay una relación entre la producción de grano y el agua utilizada lo cual coincide con el presente ensayo ya que posiblemente hubo mayor eficiencia del agua cuando se utilizó la cinta Ro-Drip con coeficiente de cultivo 1.

Pantoja *et al.* (2014), desde el punto de vista comercial, el peso de vaina verde incluyendo el grano en fresco, es importante para los compradores de arveja, quienes buscan y pagan mejor las vainas grandes y de mayor peso.

Rendimiento en vaina verde (RTOV). En la tabla 8 se puede apreciar los promedios para rendimiento en vaina verde de los diferentes modelos de riego dentro de cada uno de los coeficientes de cultivo (Kc) evaluados. En el Kc1(1,2) el rendimiento promedio oscilo entre 10.83 y 7.38 t ha⁻¹ sin diferencias significativas entre los modelos de riego (cinta Autorregulada, Cinta de riego y Ro-Drip); una tendencia similar se observa en Kc2(1) con rendimientos entre 12.63 y 12.23 t ha⁻¹ sin diferencias entre los modelos de riego evaluados; En contraste, en el Kc3(0,8) sobresalen las modalidades cinta Autorregulada y Ro-Drip con 14.22 y 13.26 t ha⁻¹ los cuales superaron al modelo cinta de riego que obtuvo 7.70 t ha⁻¹.

Lo anterior se debe posiblemente a la respuesta que tiene el cultivo a la lámina de agua, la época crítica es la etapa de crecimiento e inicio de la floración, la fructificación debe

procurarse el coincidir con época seca para evitar la proliferación de enfermedades fungosas en las vainas. INAT-CORPOICA,2000.

Pantoja *et al.*,(2014) encontraron un rendimiento de 11,50 t ha⁻¹ para la variedad comercial andina en su investigación “evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* con gen afila” ; donde se mostró que con un buen manejo agronómico de obtuvo ese rendimiento y con el uso eficiente de agua obtuvimos un rendimiento de 14.22 t ha⁻¹.

Blum (2009), manifiesta que el uso eficiente de agua, es la relación entre la producción de grano y agua utilizada, por ende es considerado como un factor determinante en el rendimiento.

En la cinta Ro-Drip hubo un mejor rendimiento debido a que los goteros de esta cinta estaban espaciados a 0.1 m coincidiendo con la distancia entre plantas lo cual permitió aplicar el agua de forma localizada, además esta cinta tiene una tasa flujo uniforme; la cinta autorregulada a pesar que la distancia de goteros estuvo a 0.2 m su diseño hace que esto no interfiera en la distribución de agua ya que mantiene un caudal constante, el efecto de auto compensación se consigue normalmente empleando una membrana elástica situada junto al orificio de salida del agua en el gotero. Cuando la presión aumenta, la membrana se deforma tapando parcialmente el orificio y limitando el caudal de salida; si la presión disminuye, la membrana recupera su posición, aumenta la sección de paso y así se mantiene el caudal, además que estas cintas se caracterizan por tener un sistema de auto limpieza por lo que no hay taponamiento en los goteros garantizando una eficiencia de los mismos; En la cinta de riego por tener un gotero no compensado el caudal está influenciado por la presión a mayor

presión el caudal que suministra es mayor y esto influye negativamente en la uniformidad del riego (Gómez *et al.*, 2010).

El resultado de esta investigación podrá ser una herramienta de gran importancia para futuros experimentos, para poder definir la lámina y la modalidad de riego para el cultivo de arveja; así mismo se contribuyó con el pequeño y mediano agricultor, ya que la inclusión de un coeficiente de riego les permite una mejor planificación del riego y por consiguiente una producción más competitiva, basándose en el uso eficiente del agua.

Tabla 6. Comparación de Promedios para la interacción factor de cultivo y modalidades de riego para número de vainas por planta (NVP).

Modalidad de riego	Niveles de Kc		
	1.2	1	0.8
Cintariego	22.33 a	24.79 a	16.44 b
Autorregulada	17.75 a	19.23 a	30.15 a
Ro-Drip	15.42 a	25.40 a	27.08 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 7. Comparación de promedios para la interacción factor de cultivo y modalidades de riego para peso de vaina con grano (PVCG).

Modalidad de riego	Niveles de Kc		
	1.2	1	0.8
Cintariego	7.46 a	6.35 b	7.29 a
Autorregulada	6.86 a	7.09 ab	6.66 a
Ro-Drip	7.24 a	7.91 a	6.75 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 8. *Comparación de promedios para la interacción factor de cultivo y modalidades de riego para rendimiento en vaina verde (RTO V).*

Modalidad de riego	Niveles de Kc		
	1.2	1	0.8
Cintariego	10.83 a	12.23 a	7.70 b
Autorregulada	8.85 a	9.48 a	14.22 a
Ro-Drip	7.38 a	12.63 a	13.16 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

7. CONCLUSIONES

Las modalidades de riego con cinta Autorregulada y Ro-Drip con coeficiente 0.8 mostraron mayor número de vainas por planta y mayor rendimiento en vaina verde ($t\ ha^{-1}$) respecto a Cinta de riego con coeficiente 0.8 y cinta Autorregulada, Ro-Drip y Cinta de riego con coeficientes de 1.0 y 1.2.

Las modalidades de riego con cinta Autorregulada y Ro-Drip con coeficiente 1 presentaron mayor peso de vaina con grano en fresco en relación con Cinta de riego con coeficiente 1.0 y cinta Autorregulada, Ro-Drip y Cinta de riego con coeficientes 0.8 y 1.2.

8. RECOMENDACIONES

Realizar la evaluación de las modalidades de riego para arveja en regiones y épocas de más baja precipitación, para lograr que las condiciones climáticas permitan la mejor respuesta de las bondades de las modalidades evaluadas.

Determinar el coeficiente de cultivo para arveja en cada etapa fenológica ya que el consumo de agua por la planta no es igual a lo largo de su ciclo de vida y producción, además varía dependiendo de la zona donde se establece el experimento.

9. BIBLIOGRAFIA

Alberto,F.2005. Proyecto de autogestión del agua en la agricultura. Curso de riego para agricultores. Riego por aspersión.

Arcila, M.2002.Aspectos económicos y comercialización de arveja en Colombia y en el Departamento de Nariño. Corpoica Centro de Investigación Obonuco. Pasto. p58.

Benavides, K.2015. Evaluación de sistemas de riego en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en un municipio con distrito de riego en Nariño.

Buitagro, E., Duarte, P. y Sarmiento, A. 2006. El cultivo de la arveja en Colombia.

Engels, J., Hawkes, J. y Worede, M. 1991.Plant Genetics Resources of Ethiopia. First published. Cambridge University Press. New York. 383 p.

FAO, 1974. Anuario de producción 1973.Roma.

FEDECAFE, 1986. El cultivo de arveja. Proyecto Hortalizas, Frutales y Flores. Cali. Ed. Litocenco Ltda. p18

Fontova,M y Garcia,E. ingeniería de riego. Habana, Cuba. p192.

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas – FENALCE y Fondo Nacional Cerealista. Ed. Produmedios. Bogotá. Colombia. p83.

CORPOICA. 2012. Matriz de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño.

Garay,O.2009. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos.uso consuntivo del agua.Lima,Peru.p 34.

Gómez, S. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microrfetiza S.A. produmedios. Bogotá. Colombia. P116

Gomez,F. Yruela,M.Milla,M yGarcia,N.2010. Manual de riego para agricultores.Riego localizado.Instituto de investigación y formación agraria y pesquera.Sevilla.p158.

Gliessman, S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en Agricultura sostenible. LITOCAT. Costa Rica. P359.

Gritton, E. y Eastin, J. 1968. Reponse fo pea (*Pisum sativum* L.) to plant population and spacing. Agronomy Journal. 60 (5): 482-4853.

Holliday, R. 1996. Plant population and crop yield. Nature England. 186 (4788): 22-24 (Res. Analit, En Field Crop Abstr. 13:159-1467).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. 2004. Estudio General de suelos y clasificación de tierras del Departamento de Nariño. Subdirección de Agrología. Bogotá D. C.

Leon,P.2003. Riego por goteo en hortalizas. Fondo nacional de fomento hortofrutícola, Asociacion colombiana hortofrutícola.II taller de hortalizas productivividad,mercadeo. Corpoica.Bogota,Colombia. P.83-85.

INAT-CORPOICA, 2000. Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala .Manual de asistencia técnica, N°5. Convenio Inat-CORPOICA p51-53.

Jones, L. 1927. Studies of the nature and control of blight, leaf and pod spot, and food rot of peas caused by species of Ascochyta. N.Y. State Agric. Rec. Bull. 547: 3-46p.

King, J. 1996. Row widllhs and plant population in vining peas. Inglaterra. Pea Growing Research Organization. Pub. N° 18,4pp.

Lépiz, R. 1996. Métodos alternativos para una producción sostenible de semilla de los nuevos cultivares de frijol. Profijol Guatemala, Guatemala. En taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI. 1997. Bases para una estrategia para América Latina. CIAT Cali-Colombia. p559.

Less, P. El guisante. En Agricultura de las Américas. Kansas. Vol 34 N° 9 (Sep. 1985). p4. Citado por Ordoñez Erazo Gabriel. Efecto de diferentes sistemas de labranza cero en rastrojo de trigo sobre la producción de dos variedades de arveja. Pasto 2005. p24.

Lobo, M. y Girard, E. 1983. La arveja: hortalizas. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá (Colombia). Manual de Asistencia Técnica. N°28pp

Mendoza, A. 2013. Riego por goteo. San Salvador, El Salvador. p 98.

Mera, M., Alcalde, J. y Ferrada, S. 1998. Arvejas para congelar en el sur: sorprendentemente potencial de rendimiento. Tierra Adentro 28: 23-25.

Morales, J. 2005. Prontuario de Agricultura. Cultivos Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. p281.

Monsalve, O. 1993. Convenio de modernización diversificación para la cebada en: cursos sobre leguminosas comestibles de clima frío. Colombia. ICA. p55-

Montezuma, W. y Ruiz, H. 1974. Efecto de diferentes densidades de población sobre el rendimiento en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p41.58.

Pantoja,D.; Muñoz,K. y Checa, O.2014. Evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* con gen afila. Revista de ciencias agrícola. Volumen 31(2):24-39.Universidad de Nariño. p30.

POLANÍA, J. 2011. Identificación de características morfo fisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.110p

Quistal, J. y Chavez, D. 2009. Evaluación agronómica de 20 líneas de arveja voluble. (*Pisum sativum* L.) En cinco municipios del departamento de Nariño. Tesis de agrado I.A. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia.

Sánchez, R. y Vázquez,H. 2006.Calculos de volúmenes de agua para riego por goteo en el cultivo de jitomate en la planicie de Huasteca. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional del Noreste. Campo experimental sur de Tamaulitas. Sitio experimental Ebano.

Sañudo, B.; Checa, O. y Arteaga, G. 2001. Perspectiva para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Universidad de Nariño VIPRI. San Juan de Pasto, Colombia. p50.

Sañudo, B., Checa, O. y Arteaga, M. 1999. Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas; la arveja. Fenalce, Universidad de Nariño, Profiza, CORPOICA y CORPOCEBADA. Produmedios pp 49.65. p98.

SAS INTITUTE INC.2016.Statistical Analysis System. The SAS system 9 for Windows. The Power to Know.Cary,NC,27513, USA.

Tamayo, P. 2000. Enfermedades del cultivo de arveja en Colombia. Guia de reconocimiento y control. Rionegro, Antioquia. CORPOICA. P52

Vasquez,A.,Vasquez, I., Vasquez, C y Cañamero, M.2017. Fundamentos de la ingeniería del riego. Universidad Nacional Agraria La Molina.Lima,Peru. 440 p

Villareal, F. 2006. Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bioestimulante “Florone” en tres variedades de arveja (*Pisum sativum*) aplicado en dos épocas. San José-Carchi. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Vicent, C. 1958. Pea plant population and spacing. Washington. Agr.Sta. Bull. 594.9p

Zamorano, C., Lopez, H. y Alzate, G. 2008. Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Fusagasuga, Cundinamarca (Colombia). Rev. Agron. Col. 26 (3); 443- 450.

10. CIBERGRAFIA

Agua market.2008. Sistema de riego por goteo. En: www.aguamarket.com. p1 consulta Agosto 2017.

CRECES. 1997. El nitrógeno, nutriente fundamental para las plantas. En: www.creces.cl. p1 consulta Agosto 2016.

Dateandtime.info/es/citycoordinates.php?id=3680539.Consulta Agosto de 2016.

IDEAM, 2017. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. En: www.ideam.gov.co. Consulta Agosto 2017.

Informaciones Agronómicas, 2000. Funciones del fosforo en las plantas. En: www.ipni.net. p1 consulta Agosto 2016

Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra, 2003. Guisante proteaginoso en Navarra. 2003. Disponible en: www.itga.com. Consulta: 15 de Mayo del 2013.

