

**EFFECTO DE LAS CERCAS VIVAS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum* Lam.) VARIEDAD DIACOL CAPIRO EN LA VEREDA JURADO,
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**THE EFFECT OF THE LIVING FENCES IN THE PRODUCTION SYSTEM OF POTATOES
(*Solanum tuberosum* Lam.) DIACOL CAPIRO, IN A VILLAGE CALLED "JURADO",
IN PASTO- NARIÑO**

Jennifer Tatiana Ruiz M.¹
Samia del Mar Yela L.²
Jorge Fernando Navia E.³

| Recibido: 07 de Mayo de 2014 | Revisado: 13 de Mayo de 2014 | Aceptado: 03 de Junio de 2014 |

Resumen

El estudio se realizó en la vereda Jurado, municipio de Pasto (Nariño), ubicado a 1°5'38.17" latitud norte y 77°15'42.72" longitud oeste. Se determinó el efecto del asociamiento de cercas vivas con el sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam) Var. Diacol Capiro, para lo cual se realizó un inventario de las especies forestales asociadas a las cercas, se determinó variables dasométricas como altura, hábito y tipo de copa. Para el componente agrícola, se tomaron las siguientes variables agronómicas: emergencia de brotes a la superficie (DEB), número de brotes (NB), altura de plantas (A), días a floración (DF), número de tubérculos (NT) y rendimiento.

Los resultados indicaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para la interacción tipos de cercas vivas por distancia en las variables días de emergencia de brotes a la superficie del suelo, días a floración, número de tubérculos y rendimiento y diferencias significativas ($p < 0,05$) para las variables de número de brotes y altura de plantas. El número de días de emergencia y el número de brotes en la superficie del suelo se reduce al incrementarse la distancia de la cerca viva y el número de tubérculos al igual que el rendimiento es mayor cuando la planta se encuentra más alejada del arreglo agroforestal.

Palabras claves: Sistema silvoagrícola, interacción, sombra, fotosíntesis

Abstract

This study was carried out in a village called "Jurado" in Pasto-Nariño, situated at 1°5'38.17 north latitude and 77°15'42.72" east longitude. The effect of associating the living fences with the production system of potatoes (*Solanum tuberosum* Lam) Var. Diacol Capiro, was found out. To meet that objective, an inventory of the forest species related to the living fences was performed, in order to find dasymetric variables such as height, habit and kind of top. As far as agricultural components are concerned, the following agronomic variables were taken into account: shoots emergence on the surface (DEB), number of shoots (NB), height of plants (H), flowering days (FD), number of tubercles (NT) and performance.

The results showed some highly significant differences ($p < 0.01$) in the interaction, the types of living fences per distance, in the variables such as shoot emergence on the soil surface, flowering days, number of tubercles and performance and significant differences ($p < 0.05$) in the number of shoots and plant height variables. The number of emergence days and the number of shoots on the soil surface decreases when increasing the living fence distance and the number of tubercles, as well as the performance is higher when the plant is farther from the agroforestry arrangement.

Key words: agroforestry system, interaction, shade, photosynthesis

¹ Ingeniera Agroforestal, Instructora Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano. Autor para correspondencia:

E-mail: ingtatianaruiz@misena.edu.co

² Ingeniera Agroforestal.

³ Ph. D Agroforestería Tropical, Docente Universidad de Nariño.

Introducción

Para el año 2011 se sembraron 131.183 ha del cultivo de papa, teniendo como resultado de la cosecha 1.130.117 toneladas, destacando la participación de los departamentos de Boyacá (27%), Cundinamarca (37%), Nariño (23%) y otros departamentos (13%). El área sembrada en Nariño fue de 30.592 ha, con un área cosechada de 25.460 ha y una producción de 396.171 toneladas obtenida de 24.202 unidades productoras en el semestre A de 2011 y 25.798 en el semestre B del mismo año (DANE, 2011).

El sistema productivo de papa es característico de la región sur del país, emplea suelos de ladera de la región andina de Nariño, donde el uso inadecuado de maquinaria agrícola en las labores de preparación, la actividad de una agricultura limpia y monocultivista, así como la ausencia de prácticas de conservación, son los principales factores negativos que han contribuido a su degradación, representada en la disminución de la capa superficial, pérdida de agregación y compactación (Arteaga, 2008).

Altieri y Nicholls (2001) manifiestan que la expansión de los monocultivos a expensas de la diversidad vegetal, causa desequilibrios que se manifiestan con brotes recurrentes de plagas y enfermedades, erosión del suelo, contaminación de aguas, entre otros.

Es aquí cuando la Agroforestería puede constituirse como otra alternativa frente a esta situación, ya que tiene como objetivos principales aumentar los rendimientos del campo y los productos obtenidos, así como la fertilidad del suelo para mejorar el nivel de vida de los productores (Jimenez y Muschler, 2001).

Los sistemas tradicionales de cultivos intercalados y agroforestales imitan los procesos naturales y su sostenibilidad radica en los modelos ecológicos que ellos mismos siguen, este uso de analogías naturales sugiere principios para el diseño de sistemas agrícolas que utilizan de forma efectiva la luz solar, los nutrientes del suelo, la lluvia y los recursos biológicos (Altieri y Nicholls, 2001).

Es por ello que es importante conocer el tipo de interacciones que se presentan en los diversos componentes del sistema, ya que estos se encuentran dentro del mismo perfil del suelo. Debido al conflicto inherente entre la facilitación, complementación y los efectos de competencia del sistema radical, la selección de características deseables de los árboles en Agroforestería es una tarea complicada, ya que se requiere de un cono-

cimiento detallado y de comprensión de las interacciones entre las diferentes especies (Casanova et al, 2007).

La presente investigación se realizó con el fin de evaluar el efecto de las cercas vivas en el sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam) Variedad Diacol Capiro en una zona del municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, Colombia.

Metodología

La investigación se realizó en la vereda Jurado, corregimiento Santa Barbará del municipio de Pasto a una altura de 3133 m.s.n.m., ubicada a 1°5'38.17" latitud norte y 77°15'42.72" longitud oeste. La precipitación según estación pluviométrica del Río Bobo tiene un comportamiento bimodal con periodos húmedos comprendidos entre los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre con máximos en octubre de 103 mm y abril de 99 mm, mínimos de 49 mm en agosto y 70 mm en febrero, su precipitación media anual es de 949 mm (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

En el área de la cuenca alta del Río Bobo no existen registros de temperatura, pero dada su condición de régimen andino tiene similitud con los valores registrados por la estación de Botana, que en el año 2009 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales "IDEAM", 2010) reporta valores medios mensuales de temperatura así: medios de 12.46°C; máximos de 21.2°C y mínimos de 5.8°C. Según Holdrige (1982) pertenece a una zona de vida bosque seco montano bajo (bsMB).

Descripción de tratamientos

Se evaluaron cuatro tipos de cercas vivas, con diferentes especies forestales, es decir, arreglos conformados por distintas especies arbóreas o arbustivas con diferentes características dendrométricas frente al monocultivo y se realizaron evaluaciones del componente agronómico (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a distancias de siembra de 1 metro, 3 metros y 6 metros de las cercas vivas (tabla 1).

El área definida para el seguimiento del sistema productivo de papa dentro de las fincas seleccionadas con los diferentes tipos de cercas vivas y el monocultivo fue de 60 m², donde se determinaron nueve surcos dispuestos en sentido perpendicular a la cerca viva; en cada surco se realizó la evaluación a 15 plantas para un total de 135 plantas ubicadas en el área de estudio.

Variables evaluadas en el componente leñoso

Altura de árbol y/o arbusto: Se determinó con hipsómetro de Merrit a cada una de las especies que componían la cerca viva. Para esto, se ubicó el instrumento a una distancia de 10 metros de cada individuo a medir, logrando visualizar al componente leñoso desde la base hasta el ápice.

Identificación de especies: Se tomaron muestras de la vegetación presente en cada cerca viva (árboles o arbustos) para su posterior identificación en el herbario de la Universidad de Nariño - PSO (Pasto).

Tipo de copa: Se identificó mediante observación in situ, se tuvo en cuenta criterios como las figuras geométricas.

Tabla 1. Identificación taxonómica de los tipos de cercas vivas en el sistema productivo de papa en la vereda Jurado, municipio de San Juan de Pasto

Numeración de cerca viva	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Promedio altura (m) (Cerca viva)
1	Chilca	<i>Baccharis odorata</i>	Asteraceae	5,4
	Colla	<i>Bubleya coriacea</i>	Asteraceae	
	Mora	<i>Rubus bogotensis</i> H.B.K.	Rosaceae	
	Pelotillo	<i>Viburnum triphyllum</i>	Caprifoliaceae	
	Amarillo	<i>Centrolobium paraense</i>	Fabaceae	
	Cucharo	<i>Myrsine macrogamma</i>	Myrsinaceae	
2	Flor de mayo	<i>Tibouchina mollis</i>	Melastomataceae	6,5
	Mora	<i>Rubus bogotensis</i> H.B.K.	Rosaceae	
	Pelotillo	<i>Viburnum triphyllum</i>	Caprifoliaceae	
	No registra	<i>Wedelia latifolia</i> DC	Asteraceae	
	Encino	<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	Cunoniaceae	
3	Pino	<i>Pinussylvestris</i> L.	Pinaceae	5,3
	Flor de mayo	<i>Tibouchina Mollis</i> Bonpl	Melastomataceae	
	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	
	Pelotillo	<i>Viburnum triphyllum</i>	Caprifoliaceae	
	No registra	<i>Clibadium eggersis</i>	Asteraceae	
	Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae	
	No registra	<i>Centrolobium paraense</i>		
	Laurel	<i>Morella pubescens</i>	Boraginaceae	
Moquillo	<i>Saurauia pruinosa</i>	Actinidaceae		
4	Escobillón	<i>Callistemon speciosus</i>	Myrtaceae	7
	Ciprés	<i>Cupressus semipervirens</i>	Cupresaceae	
	No registra	<i>Clibadium eggersii</i>	Asteraceae	
	No registra	<i>Wedelia latifolia</i> DC	Asteraceae	
	Pumamaque	<i>Schefflera marginata</i>	Araliaceae	
5	Monocultivo			

VARIABLES EVALUADAS EN EL COMPONENTE AGRÍCOLA BAJO EL SISTEMA AGROFORESTAL

La evaluación se realizó a 135 plantas en los nueve surcos.

Días a emergencia de brotes en la superficie (DEB): Se contabilizó el número de días transcurridos desde el momento de la siembra hasta cuando más del 50% de brotes emergieron sobre la superficie del suelo.

Número de brotes emergidos: Se contabilizó el número de brotes emergidos desde el momento de la siembra hasta cuando más del 50% de brotes emergieron sobre la superficie del suelo.

Días a floración: Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron botones florales.

Altura de planta (cm): Se tomaron registros a partir de los 15 días después de que más del 50% de brotes emergieron a la superficie hasta el momento en que aparecieron los botones florales; la medición se efectuó desde la base del tallo hasta la zona apical del tallo principal.

Número de tubérculos: Se contabilizó el número de tubérculos obtenidos de cada planta después de realizada la cosecha.

Rendimiento (ton/ha): Se realizó el pesaje de los tubérculos obtenidos de cada planta en el momento de la cosecha y se hizo la sumatoria con el fin de obtener la cantidad en ton/ha de cada unidad experimental (1 metro, 3 metros y 6 metros).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la tabulación de la información se utilizó el programa Excel y los resultados obtenidos se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA), pruebas de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para cada variable. Para el diseño básico del ANDEVA complejo o de dos vías se constituyó una tabla de contingencia en que las muestras de la variable dependiente están clasificadas según un factor (variable independiente en las filas) y el otro factor en las columnas (Stiles, 2000). Este análisis se realizó con el programa InfoStat/Profesional, Versión 2.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza muestra diferencias estadísticas significativas para tipos de cerca viva en las variables

número de brotes emergidos y diferencias altamente significativas para las variables días a emergencia de brotes en la superficie, altura de la planta, días a floración, número de tubérculos y rendimiento. Respecto a la distancia desde la cerca, se manifiestan diferencias significativas para las variables altura de plantas, días a floración, número de tubérculos y diferencias altamente significativas para las variables días a emergencia de brotes en la superficie, número de brotes emergidos y rendimiento. Se presentaron diferencias estadísticas significativas para la interacción tipos de cerca viva por distancias para las variables número de brotes emergidos y altura de planta, y diferencias estadísticas altamente significativas para días a emergencia de brotes en la superficie, días a floración, número de tubérculos y rendimiento.

Tabla 2. Cuadrados medios para las variables días a emergencia de brotes en la superficie, número de brotes emergidos, altura de planta, días a floración, número de tubérculos y rendimiento del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Var. Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a emergencia de brotes en la superficie	No. de brotes emergidos	Altura (cm)	Días a floración	No. de tubérculos	Rendimiento (ton/ha)
Tipos de cerca viva	646	2968,85**	3,78*	28371,97**	2935,66**	546,15**	10593,78**
Distancia	646	1546,03**	5,88**	157,12*	4438,83*	161,84*	1873,03**
Tipo *Distancia	646	266,3**	0,82*	214,01*	362,74**	80,87**	541,40**

** Diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$)

* Diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

DÍAS A EMERGENCIA DE BROTES EN LA SUPERFICIE DE LAS PLANTAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* Lam Var. Diacol Capiro)

En los tipos de cerca 2, 3 y 4 el número de los días de emergencia de brotes a la superficie aumentan al incrementar las distancias, sin embargo en el monocultivo y en el tipo de cerca 1 la variable no presenta diferencias estadísticas a diferentes distancias (tabla 2).

Tabla 3. Días de emergencia de brotes en la superficie de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva.

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	4,16a	4,32a	4,47a	38,887
Tipo 2	5,22a	4,42ab	4,71b	43,083
Tipo 3	4,88a	4,21b	4,42b	40,593
Tipo 4	4,88a	4,44a	4,6a	41,807
Monocultivo	4,5a	4,37a	4,63a	40,513
Promedio de distancias	42,6	39,198	41,132	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

Posiblemente los principales factores que influyen en el crecimiento de los brotes según Booth y Shaw (1989) son la variedad de papa, el manejo previo al almacenamiento, la temperatura, la humedad y el grado de exposición a la luz, lo que favorece que la emergencia de las plantas sea más rápida a altas temperaturas; afirmando así lo mencionado por Aldabe y Dogliotti (2002) que sugieren que los tubérculos deben ser plantados y puestos en condiciones de buena disponibilidad de agua a temperaturas entre 17° y 20°C así, la yema apical crecerá y se desarrollará rápidamente, produciéndose por cada tubérculo semilla un solo tallo, que luego se ramificará intensamente.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas presentadas en la zona de estudio, es importante mencionar que los sistemas agroforestales y en sí, las cercas vivas son un elemento importante de conservación por su efecto de regulación del microclima en laderas expuestas a vientos fríos o desecantes, permitiendo así, un mejor desarrollo de los cultivos protegidos y por lo tanto, una mejor cobertura del suelo (Faustino, 1993).

El aumento en la cobertura arbórea, bajo diferentes arreglos, genera beneficios ambientales que contribuyen a recuperar las características y capacidad productiva de los ecosistemas originales y disminuyen los efectos mortales del clima sobre el comportamiento animal y rendimiento de los cultivos a través de la creación de microclimas en las áreas de influencia de la cobertura arbórea (Benavides, 2013).

La generación de un microclima, puede ser beneficioso para las plantas, por ejemplo modificaciones de la radiación solar, la temperatura, la humedad del aire, suelo y viento pueden contribuir en el control de malezas (Jiménez y Muschler, 1999). Esto permitió que la temperatura recibida por las plantas presentes a distancia 1 metro fuera mayor a la percibida por las plantas que se encontraban más alejadas de la cerca viva y el monocultivo.

Número de brotes emergidos del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro)

En el tipo de cerca 1, 4 y el monocultivo no se observan diferencias estadísticas significativas. En el tipo de cerca 2 y 3 el número de brotes disminuye cuando las plantas se encuentran a distancias de 3 y 6 metros (tabla 3), es decir cuanto mayor proximidad presente la planta con el componente leñoso, habrá mayor cantidad de brotes.

Tabla 4. Número de brotes de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	43,05a	40,63b	43,55c	42,41
Tipo 2	50,55a	54,7b	54,84b	53,363
Tipo 3	74,87a	78,65b	79,22c	77,58
Tipo 4	50,22a	51,05b	52,69c	51,32
Monocultivo	28,22a	31,88b	35,07c	31,723
Promedio de distancias	49,382	51,382	53,074	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

En los tipos de cerca 2 y 3 las plantas situadas a 1 metro, el componente leñoso proporciona condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de mayor número de brotes. Horton (1992), afirma que el número de brotes que se forman dependen de los ojos del tubérculo - semilla, los cuales varían dependiendo de la variedad, el tamaño del tubérculo y de las condiciones ambientales. En cuanto a los tubérculos almacenados en la oscuridad producen brotes largos y débiles que se desprenden fácilmente al movilizar la semilla, son más sensibles a las pudriciones y al ataque de las enfermedades del suelo, es por eso que el almacenamiento con luz difusa, o sea en un almacén con entrada de luz natural o artificial en forma indirecta, es más adecuado ya que los brotes producidos son cortos, fuertes, verdes y resistentes al desprendimiento, la dominancia apical disminuye, así como el ataque de enfermedades e insectos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

Sin embargo, el crecimiento de los brotes también es afectado por la temperatura del suelo, en la cual valores menores aproximadamente a 12° C y superiores a 28° C perjudican el desarrollo de los brotes Horton (1992).

Uno de los beneficios de las cercas vivas es el incrementar la temperatura, en parcelas adyacentes, en los Andes Suramericanos donde se encuentra establecido este arreglo agroforestal se demostró mediante investigaciones que los incrementos en la temperatura fueron de hasta 2°C (Proyecto FAO: Holanda DFPA, 1995). En cuanto a las condiciones del suelo, Méndez et al (2000) menciona que las disminuciones en la temperatura del suelo se atribuyen a la mayor retención de humedad observada en parcelas protegidas con cercas vivas.

Debido a esto, se puede indicar que las plantas establecidas a 1 metro de la cerca viva resultaron beneficiadas de la regulación de la temperatura en la parte aérea y a nivel del suelo, en comparación con la recibida en las plantas dispuestas a una distancia más lejana de este arreglo, demostrando así el efecto positivo de la cerca viva en un mayor número de brotes emergidos en la superficie.

Altura de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro)

Se evidencian diferencias significativas en los 4 tipos de cerca y el monocultivo, por lo tanto la altura de las plantas se incrementa al aumentar la distancia de ubicación de la planta respecto a la cerca (tabla 4).

Tabla 5. Altura de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva (cm)

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	46,88a	47,03a	46,93a	46,93
Tipo 2	42,83a	43,01a	49,98b	45,273
Tipo 3	42,88a	43,12a	51,03b	45,677
Tipo 4	50,33a	50,03a	56,951b	52,437
Monocultivo	58,05a	58,06a	58a	58,037
Promedio de distancias	48,5225	48,555	52,5782	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

Dentro del tipo de cerca 3 a una distancia de 1 metro de la misma se evidencia que las plantas presentan una altura menor con un promedio de 74,87 cm frente a las distancias de 3 y 6 metros que presentan promedios 78,65 y 79,22 cm respectivamente, afirmando lo descrito por Ramírez y Vélez (2002), quienes evaluaron el arreglo agroforestal laurel de cera monoculti-

vo (T1); laurel intercalado con papa (T2) y ajo (T3) y determinaron algunos parámetros químicos y físicos del suelo; además de conocer el efecto del componente agrícola en el sistema. En el arreglo laurel de cera/papa (T2) se encontró diferencias estadísticamente significativas para altura de planta y profundidad efectiva de la raíz, encontrándose que plantas muestreadas lejos del árbol presentan los mayores promedios.

Esto probablemente puede ocurrir porque la asociación de árboles con cultivos crea un cierto grado de competencia por luz, agua y nutrientes entre los diferentes componentes, en donde la mayor limitante creada por los arboles es la sombra (Méndez et al. 2000); debido a que la sombra y los cambios en la calidad del espectro de luz pueden tener un efecto dañino sobre el crecimiento de los cultivos en la inmediata cercanía de los arboles (FAO, 1991). De acuerdo a lo anterior, los efectos de competencia de las cercas vivas varían de acuerdo a las distancias entre árboles y cultivos asociados, las condiciones ecológicas y climáticas en donde se encuentren y las características de las especies arbóreas y cultivos utilizados (Méndez et al, 2000).

Sin embargo, teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la cerca viva es actuar como una cortina que impide el impacto directo del viento a las plantas del cultivo en asocio, por tanto evitar y disminuir el efecto que puede ejercer el viento sobre este. Según Köpsell et al (2001) las cercas vivas protegen las áreas de cultivo contra el viento y las heladas, lo que no ocurre en el monocultivo que está expuesto a las corrientes de viento y de acuerdo a lo que menciona Devlin (1976) cuando las plantas reciben corrientes directas, se aumenta la velocidad de transpiración y sobrepasa la absorción, produciendo un déficit de agua y el consiguiente marchitamiento. Naturalmente, esto va en detrimento de la planta y, si alcanza un cierto límite, puede provocar la muerte de la planta (Devlin, 1976); esta puede posiblemente ser una de las razones por las que las plantas del monocultivo presentan alturas inferiores que los demás tipos de cerca viva.

En la zona de estudio se presentan fuertes velocidades de viento superiores 2 m/s (IDEAM, 2010), según Lira (2007) las fuertes velocidades afectan la transpiración al influir sobre el gradiente de vapor de agua próximo a la superficie foliar. Existe una capa límite en la superficie de la hoja, a través de la cual el vapor se difunde hacia el exterior desde las superficies húmedas en el mesófilo y el parénquima. Mientras más delgada sea la capa límite más se acentúa el gradiente de presión de vapor y, por consiguiente, es más rápida la transpiración. Al perturbar la capa límite, el viento

incrementa la transpiración conforme los tejidos se deshidratan y los estomas se cierran.

Días a floración de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro)

El monocultivo no presenta diferencias significativas debido a que no se indican efectos interactivos, por el contrario, en los 4 tipos de cercas vivas los días a floración varían decreciendo a distancias mayores (tabla 5).

Tabla 6. Días a floración de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	124,82a	125,08a	118,04b	122,65
Tipo 2	119,89a	112,92b	112,95b	115,25
Tipo 3	113,72a	107,1b	107,01b	109,28
Tipo 4	118,17a	110,59b	110,55b	113,1
Monocultivo	128,22a	128,2a	128,17a	128,2
Promedio de distancias	120,964	116,778	115,344	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

Los días a floración fueron menos a distancias de 3 y 6 metros, comprobando así, que las plantas de papa que tenían una cercanía al arreglo agroforestal resultaron afectadas por el componente leñoso. Con respecto a la influencia del fotoperiodo en la floración se puede indicar que todas las variedades florecen más abundantemente cuando reciben mayor cantidad de luz en el transcurso del día. Según Alvim (1959), en las zonas andinas del Perú y Ecuador la luz del sol se refleja por menos tiempo, considerando esto debido al hecho de que la floración de la papa no depende propiamente de un mecanismo fotoperiodo pero si, principalmente de la cantidad de luz recibida.

Jiménez y Vargas (1998) afirman que la estrecha relación entre radiación, fotosíntesis y producción de biomasa hace que la disponibilidad de energía lumínica sea un factor fundamental cuando se analizan interacciones en sistemas de cultivo con varias especies. La más alta producción fotosintética en asociaciones de plantas se alcanza cuando cada planta es provista con la cantidad mínima de luz que requiere para una fotosíntesis máxima. En este caso se comprueba que

la interferencia del componente leñoso sobre el cultivo agrícola afecta el proceso de fotosíntesis, tardando más días en florecer las plantas ubicadas a 1 metro de la cerca viva, posiblemente debido a que el árbol o arbusto permite el paso de cierto porcentaje de luz solar a la papa, impidiendo que estas tomen la intensidad lumínica necesaria para llevar a cabo los procesos naturales de forma rápida y completa.

Número de tubérculos de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro)

En la investigación se encontró que cuanto mayor es la distancia desde la cerca al cultivo mayor el número de tubérculos. Para las plantas del monocultivo y las que se encuentran a una distancia de 6 metros respecto a la cerca tipo 3 con un promedio de 19,94 y 19,68, respectivamente, que presentaron un mayor número de tubérculos, y a una distancia de 1 metro en el tipo de cerca 1 las plantas presentaron un promedio de 9,94 (tabla 6).

Tabla 7. Número de tubérculos de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	9,94a	13,44b	16,22c	13,2
Tipo 2	13,05a	15,31b	14,76b	14,373
Tipo 3	17,13a	18,21ab	19,68b	18,34
Tipo 4	13,88a	14,81a	16,02a	14,903
Monocultivo	19,94a	17,66ab	17,38b	18,327
Promedio de distancias	14,788	15,886	16,812	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

Las plantas del cultivo de papa que se encuentran a plena exposición solar y el tipo de cerca 3 a distancias de 3 metros con un promedio de 4 horas de sombra diarias y 6 metros sin interferencia de luz solar producen un mayor número de tubérculos, debido a que la planta cuenta con los requerimientos lumínicos necesarios para realizar el proceso fotosintético. Herrera et al. (2006) señala que el área foliar de la planta es un factor determinante para una tuberización adecuada. Es aquí donde la cerca viva proporciona un microclima que se caracteriza por la calidad de radiación difusa, homogeneidad relativa de temperatura, alta humedad y la ausencia de vientos (Heuvelde et

al. 1986), razón por la que las plantas de la cerca tipo 1 a distancia 1 metro, presenten un promedio inferior.

Para la determinación del número de tubérculos es necesario tener en cuenta los resultados obtenidos para la variable de número de brotes, según Pozo (1999) cuando aumenta la densidad de tallos o brotes disminuye el número de tubérculos por tallo, lo que es posible afirmar en esta investigación debido a que en los tipos de cerca viva donde se contabilizó un mayor número de brotes se obtuvo un menor número de tubérculos, demostrando la relación indirecta entre las dos variables.

En condiciones de altas densidades de tallos/m² no sólo disminuye el tamaño del tubérculo sino que se reduce el número de tubérculos por tallo debido a la competencia entre ellos (Pozo, 1999). En el caso de las plantas ubicadas a uno metro de la cerca viva presentaron un mayor número de brotes, pero obtuvieron una cantidad menor de tubérculos y por el contrario, las plantas ubicadas a distancias más alejadas de la cerca viva presentaron un menor número de brotes pero obtuvieron una cantidad mayor de tubérculos, a excepción del monocultivo que fue el que mayor número de tubérculos presento.

Rendimiento (ton/ha) del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro)

Las plantas que se localizaban a una distancia 3 y 6 metros respecto al tipo 3 y el monocultivo mostraron mayor rendimiento (ton/ha) con promedios de 43,22; 41,7 y 40,73, respectivamente, frente a los demás tipos de cerca viva (tabla 7).

Tabla 8. Rendimiento de las plantas del sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam Variedad Diacol Capiro) a diferentes distancias con respecto a la cerca viva.

Tipos de cerca viva	Distancia (m)			Promedio tipo de cercas
	1	3	6	
Tipo 1	13,11a	15,12a	18,43a	15,553
Tipo 2	19,39a	28,93b	30,3b	26,207
Tipo 3	25,92a	41,7b	43,22b	36,947
Tipo 4	13,05a	17,13ab	20,77b	16,983
Monocultivo	40,73a	34,28b	35,86b	36,957
Promedio de distancias	22,44	27,432	29,716	

a, b, ab Diferencias estadísticas significativas

La distancia entre el componente leñoso de la cerca viva y el cultivo de papa influye en éste especialmente por la sombra generada, impidiendo la recepción de luz solar necesaria para realizar los procesos fotosintéticos, dando como consecuencia la disminución en producción por planta que presentó el tipo de cerca 1 a una distancia de un metro y tres metros, y en el tipo de cerca 4 a una distancia de un metro. De acuerdo a lo que indica Herrera et al. (2006) el inicio del crecimiento del tubérculo está influenciado por la duración de la luz diaria que recibe; ya que la intensidad lumínica es un factor importante en la síntesis de carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis, por consiguiente, la intensidad de luz percibida durante ese periodo tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento posterior de los tubérculos.

Gawronska y Avelle (1989) demostraron que con bajas intensidades de luz se da decrecimiento de la fotosíntesis, reducción de la acumulación de biomasa, no hay producción de brotes axilares, elongación de tallos y se retarda el crecimiento del tubérculo, por último su crecimiento está relacionado con incrementos en la capacidad fotosintética de las hojas de la planta. La proporción de asimilados que se translocan a los tubérculos es muy baja, debido a los cambios que se originan en la distribución de fotoasimilados, favoreciendo la biomasa de la planta en hojas y tallos a expensas de los tubérculos, por consiguiente, se presenta una reducción en cuanto al tamaño y al producción.

Las plantas que presentan rendimientos superiores en el monocultivo y en el tipo de cerca viva 3 a una distancia de 3 y 6 metros no presentan interferencia de luz que impida que la planta pueda llevar a cabo los procesos fotosintéticos, ya que la sombra del árbol a esa distancia no afecta la captación de luz solar.

Al respecto Botina y Bravo (2008), instalaron un arreglo agroforestal de Laurel de Cera (*Morella pubescens* H&B ex Willd Wilbur) asociado con Watsimba (*Tigridia pavonia*) a diferentes distancias de siembra con un diseño de bloques completos al azar de siete tratamientos (T1: Laurel de Cera a una distancia de 6m x 6m; T2: Laurel a 6m x 6m y Watsimba a una distancia de 20cm x 60cm; T3: Laurel a 6m x 6m y Watsimba a una distancia de 25cm x 60cm; T4: Laurel a 6m x 6m y Watsimba a una distancia de 30cm x 60cm; T5: Monocultivo de Watsimba a una distancia de 20cm x 60cm; T6: Monocultivo de Watsimba a una distancia de 25cm x 60cm y T7: Monocultivo de Watsimba a una distancia de 30cm x 60cm) y tres repeticiones. Los tratamientos T5 T6 y T7 en los cuales Watsimba se encontraba en monocultivo presentaron los menores

rendimientos en comparación con T2 debido posiblemente al efecto de la presencia de la especie forestal.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten comprobar los efectos positivos generados por los sistemas agroforestales, en este caso por las cercas vivas, influyendo en algunas condiciones ambientales, afirmando así, que la presencia del componente leñoso brinda servicios y beneficios al cultivo asociado.

El número de días de emergencia y el número de brotes en la superficie se reduce al incrementarse la distancia con respecto a las cercas vivas.

La altura de las plantas del sistema productivo de papa de incrementan cuando la planta se encuentra menos próxima a la cerca viva.

El número de días a floración es mayor cuando la planta se encuentra más próxima al arreglo agroforestal más denso, con aproximadamente 118,17 días; sin embargo el cultivo de papa florece en menor tiempo que sembrado en monocultivo.

El monocultivo y las plantas ubicadas a distancias más alejadas del componente leñoso presentaron mayor número de tubérculos y rendimiento.

Agradecimientos

A Jorge Fernando Navia, Ph.D presidente de tesis por su dedicación y respaldo en el desarrollo de esta investigación. A Diego Andres Muñoz M.Sc por su acompañamiento en cada etapa alcanzada. A German Chavez M. Sc por su orientación. A Jorge Vélez L. M.Sc por su apoyo. Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de este proyecto.

Literatura citada

Aldabe, L. y Dogliotti, S. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* Lam). Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Ciclo de Formación Central Agronómica. Curso de Fisiología de los Cultivos. Uruguay. 16 p-. En: http://www.fagro.edu.uy/~fisveg/docencia/curso%20fisiologi%20cultivos/materiales%20teoricos/Repartido_Fisiologia_Papa.pdf

Altieri, M y Nicholls, C. 2001. Perspectivas agroecológicas: Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Barcelona: ICARIA EDITORIAL, 247p.

Alvim, P. 1959. Bases Fisiológicas de la Producción Agrícola. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Vol. 1.

Arteaga, F. 2008. Efecto de prácticas de recuperación de un suelo de ladera sobre la capacidad productiva de papa en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Pasto. Universidad de Nariño. 92 p.

Benavides, A. 2013. Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el Ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Unidad Académica De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Botina, A y Bravo, S. 2008. Evaluación del comportamiento de la *Watsimba Tigridia pavonia* bajo tres distancias de siembra en un arreglo agroforestal con Laurel de Cera *Morella pubescens* H&B ex Willd Wilbur en el Municipio de Sibundoy – Putumayo. Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. XXV, No. I y II. 77 -96p.

Booth, R. y Shaw, R. 1989. Principios de almacenamiento de papa. Centro Internacional de la Papa. Editorial Hemisferio Sur. 20p.

Casanova, F. Ramírez, L. y Solorio, F. 2007. Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. Avances en Investigación Agropecuaria, septiembre – diciembre, año/vol. 11, número 003. Universidad de Colima, México. 13 p.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2011. Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA. Dirección de Metodología y Producción Estadística – DIMPE. 181 p.

Devlin, R. 1976. Fisiología vegetal. 3 ed. Barcelona: OMEGA, 503 p.

Faustino, J. 1993. Conservación de suelos y aguas: Practicas Forestales y Agrostologicas. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Herrera, C; Fierro, L y Moreno, J. 2006. Manejo integrado del cultivo de papa. Bogotá: CORPOICA, 195p.

- Heuvelodop, J; Pardo, J; Quiros, S. y Espinosa, L. 1986. Agroclimatología tropical. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a distancia (EUNED), 381p.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 216p.
- Horton, D. 1992. La papa: Producción, comercialización y programas. Centro internacional de la papa: Lima, Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, con autorización de "Winrock Internacional".
- I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. 2010.
- Jimenez, F. y Muschler, R. 1999. Conceptos básicos de agroforestería. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 33p.
- Jiménez, F. y Muschler, R. 2001. Introducción a la agroforestería. In Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, pp. 1-6.
- Jimenez, F. y Vargas, A. 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 120 – 121p.
- Köpsell, E; Muschler, R. y Jiménez, F. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 187 p.
- Lira, H. 2007. Fisiología vegetal. 2 ed. México: Trillas, 237p.
- Méndez, E. Beer, J. Faustino, J. y Otálora, A. 2000. Plantación de árboles en línea. 2 ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 130p.
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2004. Agenda ambiental municipal de Pasto. Dirección de desarrollo territorial. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Pasto, Colombia. 510p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION – FAO. 1991. Silvicultura y seguridad alimentaria. Roma: 121p.
- PROYECTO FAO - HOLANDA DFPA. 1995. Prácticas agroforestales: metodologías y estudios de caso. Serie Validaciones Proyecto FAO – Holanda DFPA. Quito, Ecuador. 182 p.
- Pozo, M. 1999. Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos. Fascículo 2.3. Producción de tubérculos – semillas de papa. Manual de capacitación. Lima, Perú: Centro internacional de la papa (CIP). 19 p.
- Ramírez, A y Vélez, J. 2002. Evaluación preliminar del arreglo agroforestal en líneas de laurel de cera *Myrica pubescens* con papa *Solanum tuberosum* y ajo *Allium sativum* en la vereda Botana, municipio de Pasto. Tesis de Grado. Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 140 p.
- Stiles, F. 2000. Curso "Muestreo y análisis estadístico en investigaciones biológicas". Bogotá: Universidad Nacional- sede Bogotá. Universidad de Nariño, facultad de ciencias naturales y matemáticas. Programa de educación ambiental Secretaria de la facultad de ciencias naturales Programa de educación ambiental. 153p.