

## **Evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra en Cauca**

### **Evaluation of the performance of quinua under different densities, fertilization and sowing methods in Cauca**

### **Avaliação do desempenho de quinua sob diferentes densidades, fertilização e métodos de semeadura no Cauca**

CONSUELO MONTES- ROJAS<sup>1</sup>, GUIDO ARY BURBANO-CATUCHE<sup>2</sup>,  
EDWIN FERNANDO MUÑOZ-CERTUCHE<sup>3</sup>

---

#### **Historial del Artículo**

**Recibido para evaluación:** 26 de Febrero 2019.

**Aprobado para publicación:** 8 de Noviembre 2019.

- 1 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural (Tull). M Sc. Recursos fitogenéticos neotropicales. Popayán, Colombia.
- 2 Fundación de profesionales para el desarrollo integral comunitario PRODESIC. Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia.
- 3 Fundación de profesionales para el desarrollo integral comunitario PRODESIC. Ingeniero Agroindustrial. Popayán, Colombia

**Correspondencia:** [cmontes@unicauca.edu.co](mailto:cmontes@unicauca.edu.co)

**Cómo citar este artículo:** CONSUELO MONTES- ROJAS, GUIDO ARY BURBANO-CATUCHE, EDWIN FERNANDO MUÑOZ-CERTUCHE. (2019). Evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra en Cauca. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,18(1). 46-55, DOI:<http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>

## RESUMEN

*Esta investigación se realizó en el municipio de Bolívar - Cauca, vereda El Tambo, Corregimiento Los Milagros, localizado a 2589 m.s.n.m, donde se evaluó el comportamiento del ecotipo Blanca del Cauca bajo 3 niveles de fertilización, con 3 densidades de siembra y 3 métodos de siembra bajo un diseño de parcelas subdivididas con 3 repeticiones y el ecotipo PROCAUCA 016 con 2 densidades de siembra y 2 niveles de fertilización en un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Las variables de respuesta fueron las fases fenológicas y los componentes de rendimiento. Para la preparación del terreno se utilizó labranza mínima, la parcela útil estuvo constituida por los 3 surcos centrales tomando 4 m efectivos, se dejaron 50 cm de cabecera a cada lado y los 2 surcos laterales como bordes, los tratamientos se determinaron con base en análisis de suelo y la experiencia de los investigadores en el manejo del cultivo. El ciclo productivo estuvo entre 116,2 y 168,6 días evidenciando la precocidad de PROCAUCA 016, en cuanto a rendimiento para Blanca del Cauca, los mejores resultados se obtuvieron con trasplante de plantas provenientes de siembra en bandeja comercial, densidad chorrillo con fertilización testigo y con PROCAUCA 016 los mejores resultados se obtuvieron con siembra a chorrillo y fertilización ideal.*

## ABSTRACT

*This research was carried out in the municipality of Bolívar - Cauca, El Tambo district, Los Milagros municipality, located at 2589 m above sea level, where the behavior of Cauca white was evaluated under 3 levels of fertilization, with 3 planting densities and 3 planting methods, under a design of subdivided plots with 3 replications and the ecotype PROCAUCA 016 with 2 planting densities and 2 levels of fertilization in a completely randomized design with 3 replications. The response variables were the phenological phases and the yield components. For the preparation of the land minimum tillage was used, the useful plot was constituted by the 3 central furrows taking 4 effective m, leaving 50 cm of head on each side and the 2 lateral furrows as edges, the treatments were determined based on analysis of soil and the experience of researchers in crop management. The productive cycle was between 116,2 and 168,6 days showing the precocity of PROCAUCA 016, in terms of yield for Blanca del Cauca, the best results were obtained with transplanting plants from sowing in commercial tray, density trickle with control fertilization and with PROCAUCA 016 the best results were obtained with sowing with trickle and ideal fertilization.*

## RESUMO

*Esta pesquisa foi realizada no município de Bolivar - caminho Cauca fazenda de gado leiteiro, Township Milagres, localizado 2589 me, onde o comportamento de White Cauca sob 3 níveis de adubação foi avaliada, com 3 densidades e 3 métodos de plantio sob um esquema de parcelas com 3 repetições subdivididas e ecotype PROCAUCA 016 com 2 sementeira e 2 níveis de adubação em um delineamento experimental inteiramente*

## PALABRAS CLAVE:

*Chenopodium quinoa, Quinoa, Fertilización, Densidad de siembra, Métodos de siembra, Rendimiento.*

## KEYWORDS:

*Chenopodium quinoa, Quinoa, Fertilization, Seeding density, Seeding methods, Yield.*

## PALAVRAS-CHAVE:

*Chenopodium quinoa, Quinoa, Fertilização, Densidade de sementeira, Métodos de sementeira, Rendimento.*

*casualizado com 3 repetições. As variáveis de resposta foram as fases fenológicas e os componentes de rendimento. Cultivo mínimo foi usada para preparar o solo, a trama útil consistiu de 3 linhas centrais tendo 4 m eficazes, permitiu cabeçalho 50 cm de cada lado e as duas ranhuras laterais e arestas, os tratamentos foram determinadas com base na análise de lata do solo e a experiência de pesquisadores em manejo de culturas. O ciclo de produção foi de entre 116,2 e 168,6 dias mostrando a precocidade de PROCAUCA 016, no desempenho para Branca do Cauca, os melhores resultados foram obtidos com o transplante de plantas a partir de sementes no tabuleiro comercial, CHORRILLO densidade de fertilização testemunha e PROCAUCA 016 os melhores resultados foram obtidos com semeadura com chorrillo e adubação ideal.*

## INTRODUCCIÓN

La quinua poco a poco se ha ido convirtiendo en un cultivo de importancia comercial para el departamento del Cauca, por ser una oportunidad para el pequeño productor quien la cultiva como componente básico de la alimentación familiar y como una opción de cultivo rentable para el microfundio [1]. Para la Gobernación del Cauca, la quinua se ha constituido en la base para mejorar la dieta alimentaria de la población escolar y desde el 2005 viene promoviendo el cultivo en diferentes municipios del departamento, con el fin de fomentar la producción de alimentos para fortalecer y mejorar la dieta alimentaria de los restaurantes escolares en particular y aportar a la seguridad alimentaria de la población en general [2].

Entre el 2008 y el 2011 la Gobernación mediante cofinanciación con recursos internacionales logró la articulación de la agroindustria y el sector productivo, el cultivo generó ingresos para familias de bajos recursos y se inició la tecnificación del cultivo, logrando un área total cultivada de 287 ha en 13 municipios del departamento con un promedio de producción que osciló entre 1200 y 1500 Kg/ha, con grano de mejor calidad para la agroindustria local.

Con el fin de consolidar la actividad productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena, se logra la integración de 12 municipios a la producción de quinua, beneficiando 2872 familias y fortaleciendo los canales comerciales, mediante la creación de cooperativas de productores y agroindustrias locales.

Durante el 2015 se sembraron 564 ha nuevas y en el 2016 889,5 ha, para un total de 1453,5 ha sembradas con quinua en el Departamento del Cauca principalmente en el Macizo Colombiano, en los municipios de Santa Rosa, Bolívar, Almaguer, La Vega, Rosas y otros cercanos como Sotará, Puracé, Toribío, Totoró, Silvia, Caldono y Jámbalo, donde generalmente se siembra el ecotipo conocido como Blanca del Cauca proveniente de Blanca de Jericó, que tiene características favorables para la agroindustria, pero presenta gran variabilidad en su comportamiento, en campo. Los promedios de producción estuvieron entre 1800 y 2200 Kg/ha, con granos de mejor calidad apto para la agroindustria local, regional, nacional e internacional, componente liderado y desarrollado por la Fundación de Profesionales para el desarrollo integral comunitario (PRODESIC).

Las metas de Fundación de profesionales para el desarrollo integral comunitario PRODESIC, son posicionar el cultivo de quinua como una opción para mejorar la nutrición y la economía en el Departamento del Cauca, aumentar la productividad de los cultivos para mejorar ingresos familiares y competitividad, mejorar la calidad del grano para alcanzar estándares internacionales y convertir la agroindustria en la primera opción de comercialización para la producción local de quinua con precios justos.

Teniendo en cuenta que Bolívar es el municipio con mayor área sembrada en quinua, este proyecto se propuso evaluar 3 niveles de fertilización, con 3 densidades de siembra y 3 métodos de siembra, utilizando el ecotipo Blanca del Cauca y 2 densidades de siembra con dos niveles de fertilización con PROCAUCA 016, ecotipo que proviene del ecotipo Aurora procedente de Nariño, con el fin de mejorar el manejo agronómico del cultivo y probar otro ecotipo que mostró buena adaptación en puracé [3].

## MÉTODO

Esta investigación se realizó en el Municipio de Bolívar - Cauca, vereda El Tambo, Corregimiento Los Milagros, localizado a 2589 m.s.n.m., cuya ubicación geográfica latitud norte es 1°, 43', 37.52" y longitud oeste es de 76°, 53', 20.77".

El ecotipo blanca del cauca proviene de selecciones de Blanca de Jericó, cuyas plantas tienen hábito erecto su altura oscila 120-210 cm, con follaje y panoja verde con alta ramificación, grano de color blanco y

sabor dulce, característica apetecida por comercializadores de la región.

PROCAUCA 016, proviene de selecciones a partir del ecotipo aurora procedente de Nariño, con altura que oscila entre 90-130 cm, panoja blanca-rosada, ramas pequeñas, granos de color blanco, pequeños, con un diámetro menor a 2 cm y sabor dulce [4].

## MÉTODO

La parcela útil estuvo constituida por los 3 surcos centrales tomando 4 m efectivos, se dejaron 50 cm de cabecera a cada lado y los dos surcos laterales como bordes.

**Tratamientos en Blanca del Cauca.** Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas con 3 repeticiones, donde la parcela principal fue método de siembra A= siembra directa, B= semillero tradicional y C=semillero bandeja; la sub parcela la densidad de siembra 1 = (0,8 m x 0,8 m), 2= (0,8 m x 0,4 m) y 3= (0,8 x 0,03 m) y la sub parcela la fertilización a= fertilización PRODESIC, b= fertilización ideal y c= testigo solo enmienda

**Tratamientos en PROCAUCA 016.** Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Se evaluaron dos densidades de siembra (1= 0,8 x 0,03 m y 2= 0,8 x 0,4 m) y dos niveles de fertilización (a= Fertilización PRODESIC y b= fertilización ideal).

La fertilización ideal se definió con base en el resultado del análisis de suelo y los requerimientos nutricionales de la quinua. Los tratamientos se describen a continuación:

**Fertilización PRODESIC.** Al momento de siembra se aplicó un abono orgánico enriquecido con microorganismos para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en dosis de 800 Kg/ha. A los 8 días después de emergencia se inició con aplicación semanal de NPK (10-30-10 + menores) en forma foliar hasta aparición de 6ª hoja verdadera) en dosis de 100 mL/ha. 30 días después de siembra se aplicaron 100 kg/ha de sulfato de amonio, mezclado con 23 kg/ha de un fertilizante a base de fósforo con Ca, Mg y K y elementos menores.

Desde la aparición de la primera rama hasta aparición de panoja se aplicó cada 15 días en forma foliar fertilizante a base de B y Ca (BCa) en dosis de 500 mL/ha

A partir de floración se realizaron dos aplicaciones de NPK al suelo, una cada 15 en dosis de 1 L/ha. A los 85 días se aplicaron 200 kg/ha de 10-20-30 en corona.

**Fertilización ideal.** En el momento de la siembra se aplicaron 2 ton/ha de cal agrícola y 2 ton/ha de abono orgánico rico en NPK mezclado homogéneamente con 250 kg/ha de fertilizante a base de fósforo con Ca, Mg, K y elementos menores.

8 días después de emergencia se inició la aplicación semanal de zinc, boro y cobre en forma foliar en dosis de 100 mL/ha hasta aparición de 6ª hoja verdadera. A los 40 días se aplicaron 200 kg/ha de NPK (18-18-18) mezclado con 100 kg/ha de fertilizante a base de fósforo con Ca, Mg, K y elementos menores.

Desde la aparición de la primera rama hasta floración se aplicó en forma foliar cada 15 días NPK en dosis de 1 L/ha. A los 85 días se aplicó al suelo en media corona 200 kg/ha de NPK (18-18-18).

**Testigo.** En el momento de la siembra se aplicaron 1,5 ton/ha de gallinaza, mezclada homogéneamente con el suelo.

A los 8 días después de emergencia se inició aplicación foliar de fertilizante completo en dosis de 2,5 g/L, con aplicación semanal hasta llenado de grano. A los 40 días se aplicó la mezcla de 1 ton/ha de gallinaza más 150 kg/ha de N amoniacal y 100 kg/ha de NPK (10-30-10). A los 85 días se aplicaron 10 g/planta de NPK (15-15-15). A los 30 días se hizo desyerba, raleo a 4 plantas por sitio y aporque.

**Semilleros.** Se elaboraron dos tipos de semilleros en bandeja comercial sembrando 7 semillas por alveolo para raleo a 4 plantas/alveolo y siembra en almacigo como método tradicional de semillero en la zona.

Se preparó un sustrato con abono orgánico enriquecido con microorganismos, mantillo de bosque y suelo en proporción 1:2:3 respectivamente, luego se llenaron los semilleros y el riego se hizo por inmersión. Una vez sembrado se realizó seguimiento y suplementación nutricional en semilleros. 8 días después de emergencia se inició con aplicación semanal de NPK (10-30-10 + menores) en forma foliar hasta trasplante a campo) en dosis de 1,5 mL/L de agua. La fertilización se realizó por inmersión del semillero, en agua con el fertilizante.

Las variables de respuesta fueron las fases fenológicas y rendimiento.

Se realizó evaluación de germinación de semilla, colocando 50 semillas por ecotipo en papel toalla previamente humedecido, posteriormente se colocaron los paquetes en bolsa plástica para iniciar evaluación a las 24 horas.

**Preparación del terreno.** Se realizó manualmente, utilizando azada o azadón para eliminar plantas voluntarias. Luego de realizar el repicado del terreno se hizo el trazado de los surcos de siembra, los cuales se dispusieron a una distancia de 80 cm en dirección contraria a la pendiente del terreno.

**Manejo y evaluación.** En los primeros 10 días se presentaron lluvias que a pesar de no ser intensas, ocasionaron pérdidas de semillas por escorrentía, porque el suelo tiene serios problemas de infiltración por malas propiedades físicas.

Debido a que la humedad relativa fue alta y las temperaturas durante el día superaban los 20°C, fue necesario realizar aplicación preventiva de fungicidas, para evitar damping off en semilleros. Se aplicó carbandazim y metalaxyl en dosis de 0,4 L/ha y 300 g/ha respectivamente, para evitar pudriciones.

**Labores culturales.** Se hizo descapotado, picado, raleo y aporque, con el fin de permitir el óptimo desarrollo de las plantas y evitar estrés por competencia.

Se realizó manejo de conservación de suelos, dejando el suelo con cubierta vegetal para evitar pérdida de suelo por vientos y mejorar la humedad del lote en general. Esta actividad implicó hacer corte y control de arvenses con guadaña, dejando el corte sobre las calles.

**Cosecha.** La cosecha se realizó en forma manual, cosechando 3 m<sup>2</sup> por parcela en forma aleatoria dentro de la parcela útil, con el fin de evaluar los componentes de rendimiento. Para la evaluación de la producción y rendimiento, se dejó secar la semilla hasta tener una humedad que osciló entre 8,5 y 18%.

## RESULTADOS

### Fenología

Los ecotipos presentaron un ciclo productivo entre 116,2 y 168,6 días, lo cual evidenció la precocidad del ecotipo PROCAUCA 016, el cual llegó a fase de ramificación (V5) 13 días antes y en la etapa reproductiva, llegó a madurez fisiológica 52 días antes que Blanca del Cauca (cuadro 1). Por lo anterior, se considera a PROCAUCA 016 precoz (ciclo menor a 130 días) y Blanca del Cauca semiprecoz (ciclo entre 150-180 días) [5].

Al evaluar el ciclo productivo de los ecotipos Aurora y Blanca de Jericó, de los cuales provienen PROCAUCA 016 y Blanca del cauca, se clasificaron en condiciones del municipio de Puracé como semiprecoz y semitarde respectivamente, la diferencia se atribuye a las condiciones edafoclimáticas y agroecológicas [3].

El comportamiento fenológico estuvo influenciado por las condiciones ambientales, especialmente temperatura y precipitación. La temperatura mínima durante el desarrollo de la investigación osciló entre 13,1 y 19,3°C, la máxima entre 16,3 y 32,1°C con temperatura promedio entre 16 y 24°C. La temperatura estuvo por encima del promedio óptimo para quinua que se reporta debe ser entre 6 y 17°C, lo cual se explica por la presencia del fenómeno del niño durante la evaluación. En cuanto a la precipitación

**Cuadro 1.** Fenología de ecotipos de quinua bajo condiciones del municipio de Bolívar, Vereda El Tambo, corregimiento Los Milagros.

Ecotipo	Etapa vegetativa					Etapa reproductiva							
	Días después de siembra												
	V0	V1	V2	V3	V4	V5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Blanca del Cauca	3,0	3,0	19,1	23,7	27,7	49,6	66,0	79,8	90,2	101,8	117,5	149,7	168,6
PROCAUCA 016	1,0	3,0	17,6	21,6	25,6	35,7	42,6	52,3	62,6	71,9	81,8	92,3	116,2

V1: Emergencia. V2: Aparición hojas verdaderas. V3: Cuatro hojas verdaderas. V4: Seis hojas verdaderas. V5: Ramificación. R6: Inicio de formación de panoja. R7: Formación de panoja. R8: Inicio de floración. R9: Floración. R10: Grano Lechoso. R11: Grano pastoso. R12: Madurez fisiológica

se tuvo un máximo de 330,5 mm durante el ciclo de producción, que estuvo en el promedio aceptado por el cultivo de quinua que oscila entre 250 y 500 mm para cubrir los requerimientos [6]. Se destaca que en los primeros días hubo el agua suficiente para germinación y emergencia y hasta el día 30 se tuvieron casi 100 mm de precipitación, lo cual influyó en el buen desarrollo del cultivo, pero incidió en el desarrollo de enfermedades fungosas que atacaron las plántulas.

### Evaluación de producción y rendimiento

Como se observa en el cuadro 2, para Blanca del Cauca, los mejores resultados se obtuvieron con trasplante de plantas provenientes de siembra en bandeja comercial, densidad chorrillo con fertilización testigo seguido de trasplante de plantas con siembra en almácigo, densidad de 0,8 x 0,4 m con

fertilización testigo. Con el fin de determinar si había diferencias estadísticamente significativas se realizó análisis de varianza ( $p < 0,05$ ), el cual permitió detectar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (cuadro 3).

Para determinar cuáles tratamientos se diferenciaban se realizó análisis de promedios de Duncan ( $p < 0,05$ ) que permitió clasificar los tratamientos que se diferenciaban, formando 4 grupos para cada componente de rendimiento.

La conformación de los grupos evidencia la influencia del método de siembra, la densidad y la fertilización en el rendimiento de la quinua y como el cultivo responde a la aplicación de materia orgánica, porque la fertilización testigo con densidades a chorrillo y 0,8 x 0,4 m provenientes de los 3 métodos de siembra no

**Cuadro 2.** Promedios para componentes de rendimiento en todos los tratamientos con Blanca del Cauca

Método de siembra	Densidad de siembra	Fertilización	Peso 1000 Granos (g)	Peso Grano 3/ m <sup>2</sup> (g)	Producción / planta (g)	Rendimiento
						Kg /Ha
Siembra directa	0,8 x 0,8	PRODESIC	2,9	123,0	5,1	320,3
		Ideal	3,1	284,3	11,8	740,5
		Testigo	3,2	487,3	20,3	1269,1
	0,8 x 0,4	PRODESIC	1,9	60,7	1,3	158,0
		Ideal	3,1	231,3	4,8	602,4
		Testigo	3,1	709,3	14,8	1847,2
	Chorrillo	PRODESIC	2,9	523,7	3,3	1363,7
		Ideal	3,2	103,7	0,7	269,9
		Testigo	3,2	305,0	1,9	794,3
Almácigo	0,8 x 0,8	PRODESIC	3,1	335,7	14,0	874,1
		Ideal	3,1	406,7	16,9	1059,0
		Testigo	3,1	394,0	16,4	1026,1
	0,8 x 0,4	PRODESIC	3,1	286,0	6,0	744,8
		Ideal	3,0	402,7	8,4	1048,6
		Testigo	3,3	793,0	16,5	2065,1
	Chorrillo	PRODESIC	3,0	308,0	1,9	802,1
		Ideal	3,0	234,7	1,5	611,1
		Testigo	3,1	506,0	3,2	1317,7
Bandeja comercial	0,8 x 0,8	PRODESIC	3,0	265,7	11,1	691,8
		Ideal	3,2	686,0	28,6	1786,4
		Testigo	3,3	200,7	8,4	522,6
	0,8 x 0,4	PRODESIC	2,0	85,7	1,8	223,1
		Ideal	3,0	247,7	5,2	645,0
		Testigo	3,3	415,0	8,6	1080,7
	Chorrillo	PRODESIC	3,1	469,3	2,9	1222,2
		Ideal	3,1	335,0	2,1	872,4
		Testigo	2,9	931,0	5,8	2424,5



presentan diferencias significativas conformando un mismo grupo (Cuadro 4).

En el cuadro 5 los datos promedios del ecotipo PROCAUCA 016, muestran que los mejores resultados se obtuvieron con siembra a chorrillo y fertilización ideal. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre tratamientos y la prueba de promedios de Duncan permitió detectar que los tratamientos que se diferenciaba fueron siembra a chorrillo con

fertilización ideal y siembra a chorrillo con fertilización PRODESIC (cuadro 6).

El rendimiento que se está reportando por hectárea se calcula con base en la producción por planta y se proyecta a hectárea de acuerdo a cada densidad de siembra.

Los resultados obtenidos demuestran la importancia de la fertilización para el desarrollo, crecimiento y la producción de la planta de quinua, la fertilización ideal

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para componentes de rendimiento, Blanca del Cauca.

Fuentes de variación		Gli	Peso Grano 3/ m <sup>2</sup> (g)	Producción /planta (g)		Rendimiento kg/ha		
			Suma de cuadrados	Sig	Suma de cuadrados	Sig	Suma de cuadrados	Sig
Entre tratamientos		12	678379,556	*	294,594	*	4600503,93	*
Dentro del tratamiento		16	327202		142,015		2218840,43	

**Cuadro 4.** Prueba de promedios de Duncan (p<0,05) para componentes de rendimiento de Blanca del Cauca.

Grupo	Método siembra	Densidad siembra	Fertilización	Producción /planta (g)	Rendimiento
					Kg /ha
4	S. directa	0,8 x 0,4	PRODESIC	1,3	158,0
	B. comercial	0,8 x 0,4	PRODESIC	1,8	223,1
3	S. directa	Chorrillo	Testigo	1,9	794,3
			Ideal	0,7	269,9
		0,8 x 0,4	Ideal	4,8	602,4
			PRODESIC	5,1	320,3
	B. comercial	Chorrillo	Ideal	11,8	740,5
			Ideal	2,1	872,4
		0,8 x 0,4	Ideal	5,2	645,0
			Testigo	8,4	522,6
	Almacigo	Chorrillo	PRODESIC	11,1	691,8
			Ideal	1,9	802,1
		0,8 x 0,4	Ideal	1,5	611,1
			PRODESIC	6,0	744,8
2	Almacigo	0,8 x 0,8	Ideal	8,4	1048,6
			PRODESIC	16,4	1026,1
	S. directa	Chorrillo	Testigo	14,0	874,1
			PRODESIC	16,9	1059,0
1	S. directa	0,8 x 0,4	Testigo	3,2	1317,7
			PRODESIC	20,3	1269,1
	B. comercial	Chorrillo	Testigo	3,3	1363,7
			Testigo	8,6	1080,7
			Ideal	28,6	1786,4
almacigo	Chorrillo	Ideal	2,9	1222,2	
		PRODESIC	14,8	1847,2	
B. comercial	Chorrillo	Chorrillo	Testigo	16,5	2065,1
			PRODESIC	5,8	2424,5

que corresponde al cubrimiento de las necesidades del cultivo con base en el análisis de suelo fue el que mejores resultados mostró con PROCAUCA 016, sin embargo, con Blanca del Cauca los mejores resultados se obtuvieron con la fertilización convencional que sobresatura el suelo con materia orgánica, aplicación que ya está mostrando efectos negativos en la permeabilidad del suelo, porque cuando se iniciaron las lluvias se perdió agua y suelo por escorrentía, porque la capacidad de infiltración del suelo es muy baja a pesar de que estaba completamente seco. Esta degradación del se atribuye a la impermeabilización que ocasiona la aplicación de gallinaza sin compostar (Figura 1).

Es importante anotar que durante el desarrollo de la investigación se desató el fenómeno del niño que afectó el ciclo productivo de las plantas por la sequía acompañada de altas temperaturas, la falta de humedad afectó sensiblemente el normal crecimiento y desarrollo de la planta, disminuyendo su potencial productivo, lo cual ocurrió en diferentes etapas fenológicas de su desarrollo. Debido a este déficit de humedad, las plantas reaccionaron de diferente forma para contrarrestar estos efectos y hubo disminución de la producción, pero dado que este déficit no

fue demasiado severo, la planta pudo expresar sus mecanismos de defensa o tolerancia, resistencia o evasión para evitar la muerte, aceleró su floración y por ende su ciclo fue más corto [7].

En esta investigación fueron evidentes los mecanismos de defensa fenológicos por el acortamiento del período de floración y bioquímicos (mayor síntesis de prolina), que le ayudaron a acumular energía y nutrientes en contra de un factor adverso como la sequía, lo cual le permitió mantener sus funciones vitales y acumular fotosintatos en órganos de reserva, como los granos, esto coincide con lo reportado por Adolf *et al.* [8], quienes afirman que el tiempo, la temperatura tanto máxima como mínima que reine durante el período de sequía será importante para que la planta pueda recurrir a los diferentes mecanismos de defensa que posee, en la pérdida de humedad de la planta ya sea por transpiración debido al calentamiento de las hojas como por evaporación del suelo. La humedad relativa del ambiente también jugará un papel importante de la resistencia a sequía de la quinua, puesto que si ésta es alta, los cristales de oxalatos de calcio presentes en las hojas e inflorescencias captarán humedad para mantener

**Cuadro 5.** Promedios para componentes de rendimiento en todos los tratamientos con PROCAUCA 016.

Densidad	Fertilización	Peso 1000 Granos (g)	Peso Grano 15/ m <sup>2</sup> (g)	Producción / planta (g)	Rendimiento Kg/Ha
0,8 x 0,4	PRODESIC	3,2	1021,3	1,4	174,3
0,8 x 0,4	Ideal	3,2	1340,7	1,3	162,1
Chorrillo	PRODESIC	3,1	278,7	1,2	478,2
Chorrillo	Ideal	3,6	1237,0	5,4	2253,4

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para componentes de rendimiento, PROCAUCA 016.

Fuentes de variación	Gli	Peso 1000 granos (g)	Sig	Peso Grano 3/ m <sup>2</sup> (g)		Producción / planta (g)		Rendimiento kg/ha	
		Suma de cuadrados		Suma de cuadrados	Sig	Suma de cuadrados	Sig	Suma de cuadrados	Sig
Entre tratamientos	4	0,375		1377604,17	*	26,882	*	4727002,56	*
Dentro del tratamiento	5	0,233		304106,667		6,187		1048505,73	

**Cuadro 7.** Prueba de promedios de Duncan (p<0,05) para componentes de rendimiento de PROCAUCA 016.

Grupo	Densidad de siembra	Fertilización	Producción /planta (g)	Rendimiento Kg /ha
1	0,8 x 0,4	PRODESIC	1,4	174,3
	0,8 x 0,4	Ideal	1,3	162,1
2	Chorrillo	PRODESIC	1,2	478,2
3	Chorrillo	Ideal	5,4	2253,4



Figura 1. Efecto de erosión y pérdida de agua por escorrentía debido a la degradación de suelos.



húmedos los estomas y la propia planta. También la radiación solar principalmente la intensidad será un factor que influirá desfavorablemente en la quinua, a pesar de disponer de mecanismos nictinásticos y de arrellamiento, así como hojas pendulares y de doblamiento de la planta para recibir menor cantidad de rayos lumínicos [9].

Tal y como se puede observar la fertilización testigo en blanca del cauca tuvo los mejores resultados, esto se explica por la cantidad de gallinaza que se aplicó que fue de 2,5 ton/ha, adicionalmente se hace aplicación de fertilizantes químicos, lo cual está en proporciones por encima de los requerimientos del cultivo, por lo tanto, hay mucho nutriente residual en el suelo y puede causar degradación del mismo.

Los resultados coinciden con otros que afirman que sobre abonamiento mineral a la quinua, solo encontraron respuesta a la aplicación de estiércol de corral, sobre todo cuando el lote proviene de cultivo de cereales o papa [8].

El trasplante de almacigo, igualmente tuvo ventajas frente al trasplante de bandeja comercial porque

es más profundo y el área para el desarrollo de las plantas es mayor, adicionalmente, a pesar de que se presenta algo de estrés el sistema radical más desarrollado le permite a la planta superarlo y recuperarse rápidamente, la ventaja frente a siembra directa, radica en que en el almacigo la planta no sufrió el estrés de sequía que, si se presentó en campo. Si se garantizara condiciones de riego la respuesta se espera que sea diferente [10].

Los resultados con PROCAUCA 016 se atribuyen en gran medida a que este ecotipo ya ha sufrido proceso de selección y domesticación, que hacen que responda mejor a la fertilización acorde con sus requerimientos y no necesariamente a la presencia de altos contenidos de materia orgánica, como mecanismo propio de ecotipos muy rústicos.

## CONCLUSIONES

El ciclo fenológico de los 2 ecotipos durante la etapa vegetativa fue similar hasta la etapa V4; se detectan diferencias estadísticamente significativas a partir de la etapa V5 donde las diferencias en cada etapa van

umentando exponencialmente hasta cosecha, alcanzando diferencia de 52 días, siendo PROCAUCA 016 el ecotipo precoz con 116 días de duración de ciclo productivo.

El comportamiento fenológico de los ecotipos y la duración se vieron ampliamente influenciados por la sequía propia del fenómeno del niño, la densidad de siembra y la fertilización, no tuvieron efecto en la duración de las fases de crecimiento y desarrollo.

Los mejores rendimientos se obtuvieron con el tratamiento trasplante de bandeja comercial, siembra a chorrillo con fertilización testigo para Blanca del Cauca y para PROCAUCA 016 siembra chorrillo fertilización ideal obteniendo 2424,5 y 2253,4 kg/ha respectivamente.

La quinua responde mejor con siembra a chorrillo y alta aplicación de materia orgánica. La mejor producción por planta se obtuvo con Blanca del Cauca con densidad 0,8 x 0,8 m fertilización ideal, trasplante de almacigo con 28,6 g/planta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por el apoyo en la realización de la investigación, a la Fundación de Profesionales para el Desarrollo Integral (PRODESIC) y a la comunidad de los remedios en Bolívar, Cauca.

## REFERENCIAS

- [1] NOWAK, V., DUU, J. and CHARRONDIÈRE, R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Food chemistry (193), 2016, p, 47 -54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Consideraciones sobre el manejo agronómico del cultivo de quinua en el departamento de Nariño: recopilación de experiencias con pequeños productores – proyecto integrado de transferencia de tecnología. Bogotá (Colombia): FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015, 44 p.
- [3] MONTES-ROJAS, C., BURBANO-CATUCHE, G.A., MUÑOZ-CRETUCHE., E.F. y CALDERÓN-YONDA, Y. Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Puracé – Cauca, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 16(2), 2018, p. 26-37, doi: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.97> .
- [4] MUJICA, A., SUQUILANDA, M., CHURA, E., RUIZ, E., LEÓN, A., CUTIPA, S. y PONCE, C. Producción Orgánica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Puno (Perú): Sociedad Peruana para el Fomento y Competitividad de la Innovación Agraria-FINCA-GRO, 56, 2013, p. 59-61
- [5] CURTI, R.N., DE LA VEGA, A.J., ANDRADE, A.J., BRAMARDI, S.J. and BERTERO, H.D. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. Field Crops Research, 189, 2016, p. 10–18.
- [6] CURTI, R.N., DE LA VEGA, A.J., ANDRADE, A.J., BRAMARDI, S.J. and BERTERO, H.D. Multi-environmental evaluation for grain yield and its physiological determinants of quinoa genotypes across Northwest Argentina. Field Crops Research, 166, 2014, p. 46–57.
- [7] MURPHY, K.S., MATANGUIHAN, J. and WILEY & SONS, J. Quinoa: Improvement and sustainable production. New Jersey (USA): Wiley Blackwell, 2015, 400 p.
- [8] ADOLF, V.I., JACOBSEN, S.E. and SHABALA, S. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92, 2013, p. 43–54.
- [9] ISOBE, K., SUGIYAMA, H., OKUDA, D., MURASE, Y., HARADA, H., MIYAMOTO, M., KOIDE, S., HIGO, M. and TORIGOE, Y. Effects of sowing time on the seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in South Kanto, Japan. Agricultural Sciences, 7, 2016, p. 146-153, <http://dx.doi.org/10.4236/as.2016.73014>
- [10] CANCINO E., VÁSQUEZ, I. and QUISPE. I. Organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. Science of the Total Environment, 637–638, 2018, p. 221–232, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.029>