



Efecto del agroplasma en el crecimiento y rendimiento de la kiwicha, *Amaranthus caudatus* var. Oscar Blanco

Effect of agropiasm on the growth and yield of *Amaranthus caudatus* var. Oscar blanco "kiwicha"

Roger Veneros-Terrones y Julio Chico-Ruiz

Laboratorio de Fisiología y Cultivo de Tejidos Vegetales. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo-Perú

RESUMEN

Se aplicó Agroplasma, como fertilizante ecológico, al cultivo de *Amaranthus caudatus* L. con el objetivo de determinar su efecto en el crecimiento y rendimiento de la var. Oscar Blanco "kiwicha". Se aplicó por aspersión el abono orgánico líquido, a plantas de 15 días de edad, sembradas por pares, con una altura de planta promedio de 10.4 cm. Se utilizó un diseño e bloques completamente al azar, con tres tratamientos (T1=0%; T2= 2%; T3= 4%) y tres repeticiones. Los resultados del crecimiento de la "kiwicha", revelaron que existe diferencia significativa ($p \leq 0,05$), respecto al diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, número de hojas y ramas por planta, así también se encontraron diferencias significativas para el rendimiento de semillas cosechadas por planta y Kg/ha respecto al control. Para altura de planta (T1=124,28 cm.; T2= 142.50cm. , T3= 191,15 cm.), el tratamiento que recibió una dosis del 4 % tuvo mejor efecto en el crecimiento de la planta, al incrementarla en 53,5 % y en área foliar 65,16 %, con respecto al control, y un mejor rendimiento (103,94 g de semillas por planta y 2227,07 Kg/ha). Se concluye que Agroplasma aumentó significativamente el crecimiento y rendimiento de semillas por planta y por hectárea en *A. caudatus* var. Oscar Blanco "kiwicha".

Palabras clave: kiwicha, abono orgánico, *Amaranthus caudatus*

ABSTRACT

Agroplasma was applied, as an ecological fertilizer, to the cultivation of *Amaranthus caudatus* L. in order to determine its effect on the growth and yield of var. Oscar Blanco "kiwicha". The liquid organic fertilizer was sprayed on plants of 15 days of age, sown in pairs, with an average plant height of 10.4 cm. A completely randomized block design was used, with three treatments (T1 = 0%, T2 = 2%, T3 = 4%) and three repetitions. The results of the growth of the "kiwicha", revealed that there is significant difference ($p < 0.05$), regarding stem diameter, plant height, leaf area, number of leaves and branches per plant, as well as significant differences were found for the yield of seeds harvested per plant and Kg / ha with respect to the control. For plant height (T1 = 124.28 cm, T2 = 142.50cm, T3 = 191.15 cm.), The treatment that received a dose of 4% had a better effect on the growth of the plant, increasing it in 53.5% and in leaf area 65.16%, with respect to the control, and a better yield (103.94 g of seeds per plant and 2227.07 Kg / ha). It is concluded that Agroplasma significantly increased the growth and yield of seeds per plant per hectare in *A. caudatus* L. var. Oscar Blanco "kiwicha".

Keywords: kiwicha, organic fertilizer, *Amaranthus caudatus*

INTRODUCCION

El amaranto, especie cultivada por más de cinco mil años de antigüedad, constituyó el alimento básico de los incas y aztecas en América; luego de la conquista pasó a ser un cultivo casi olvidado, así como otros cultivos andinos antiguos, pero actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial alimenticio y su calidad nutritiva.^{1,2}

Hay cuatro especies cultivadas de amaranto para grano, cuyo origen pertenece a América: *A. cruentus* de México y Centroamérica, *A. hypochondriacus* de México, *Amaranthus caudatus* de la región de los Andes de América del Sur y *A. edulis* de la región Salta de Argentina.³

Amaranthus caudatus L., conocido como: “kiwicha”, “alegría”, “achita” o “amaranto”; son plantas pertenecientes a la familia Amaranthaceae, las cuales son herbáceas de 1 a 1.5 metros de altura, con hojas largamente pecioladas, oblongo-elípticas u ovals y la inflorescencia mide hasta 90 cm; en cuanto a color y forma de planta presenta un amplio espectro. Las flores carecen de corola, y toda la inflorescencia aparece en colores rojizos. La inflorescencia puede ser erecta, semirrecta o laxa pudiendo medir hasta 90 cm. de longitud. Las semillas son lenticulares o globosas, blancas, negras y brillantes, con bastante endospermo y, a diferencia de la quinua, carecen de saponinas amargas.⁴⁻⁶

El origen de *A. caudatus* “kiwicha” o “amaranto” se debe buscar en América. Su fase inicial se relaciona con la fase inicial del desarrollo de la agricultura, y culmina con los logros de los habitantes del Tahuantinsuyo y los aztecas.⁷

La parte verde de algunas especies de Amaranto son consumidas como verdura en regiones húmedas de África, sudoeste de Asia, China, India y Caribe. Los cortes se realizan cuando la planta es joven, lo que origina rebrotes que pueden cortarse nuevamente. Poseen altos contenidos de: proteína 26,7 %, lisina de 4,8 a 6,4 por 100 g de proteína, de 48 a 69% de almidón, fibra 9,9%, cenizas 19,9%, lípidos 3,2% y carbohidratos 39,7%. Se destacan por los tenores de calcio 2034 mg por 100g, hierro 30 mg por 100g y fósforo 311mg por 100g de peso seco; los contenidos de nitratos oscilan desde 0,4% a 0,9% y oxalatos desde 0,6% a 9,1% en peso seco.⁸ Según el análisis químico del grano de “kiwicha”, la cantidad de proteína varía según su procedencia, 14,5 % en Sella Méndez, 15,43 % en Monte Cercado, 14,84 % en Tarija y 15,97 % en Portillo, del departamento de Tarija-Bolivia.⁹

Las semillas de kiwicha tienen el nivel más alto en proteínas, lisina, calcio y fósforo en comparación con el grano de centeno, el arroz y la lecha, esto lo hace un alimento excepcional; las semillas contienen de un 13 a 18% de proteínas y un alto nivel de lisina, aminoácido esencial para la nutrición⁶, y de 12 a 19% de proteínas en *Amaranthus* spp. cultivados en Ecuador.¹⁰

La evaluación del contenido de proteínas y fibra en semillas de 64 muestras de *A. caudatus*, del Centro de Investigación de Cultivos Andinos (CICA) de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) demostró 14.6% de proteínas en semillas deshidratadas, 13.0 % base húmeda y 9,4% de fibra y 13,5% para *Amaranthus caudatus*, 15,7 % *Amaranthus cruentus*¹² El valor nutritivo de *A. caudatus* “achita”, en base a los resultados del análisis químico realizado en las semillas, arrojó 16% proteína, 7% de grasa; 58 % de hidratos de carbono; 500 mg de P205; 247 mg de CaO; 3.4 mg de Fe; 3.2 mg de vitamina C; 0.3 mg de riboflavina y 0.93 mg de tiamina.¹³

En el Perú, el amaranto se cultiva principalmente en los valles interandinos de la sierra y en pequeñas extensiones, en muchos casos se observa siembras asociadas a maíz o formando bordes de otros cultivos. Recientemente su cultivo ha tomado auge en la costa, donde se siembra bajo condiciones de riego por aspersión y altos niveles de fertilización, pudiendo considerarse como manejo de alta tecnología, utilizada mayormente para la agroindustria y exportación. El potencial de cultivo es bastante halagador, porque está siendo utilizado como cultivo de rotación y de alta producción. Instituciones como el INIA y las universidades están efectuando investigaciones en aspectos agronómicos, utilización y producción de semilla mejorada.¹

Los rendimientos de las cuatro líneas seleccionadas, GL8, R1011, K254 y AM9 de amaranto, cultivados en el Institute of Plant and soil Science Research Center de Dinamarca, rindieron cerca de 1.000 kg ha⁻¹ en 1988-1990, mientras que en 1991 el rendimiento fue bajo, con c. 200 kg ha⁻¹. La razón para este rendimiento muy bajo es que los meses mayo y junio fueron fríos y lluviosos, y el período de cosecha resultó húmedo, en contraste con el año 1992, donde hubo rendimientos altos por un verano caliente y seco; el rendimiento normal del amaranto en condiciones del norte de Europa se estima cerca de 1.000 kg ha⁻¹, pero con poca seguridad de un año al otro; también la distancia entre surcos obviamente tiene importancia con respecto al rendimiento de semillas. Una comparación en el

año frío de 1991 entre una distancia de 55 cm con otra de 27,5 cm dio como resultado que con la distancia más amplia el rendimiento fue $354 \pm 34,7 \text{ kg ha}^{-1}$ mientras que con una distancia de la mitad fue $552 \pm 89,9 \text{ kg ha}^{-1}$.¹⁴

En México se han encontrado dos variedades de *Amaranthus caudatus*, “Froncosa” y “Tulyehuaico”, que producen mayor rendimiento de semillas (628 y 1422 Kg/ha), respectivamente en la alta densidad de población (62,500 plantas/ha), también se han registrado altos valores para la biomasa aérea y porcentaje de reverdecimiento, características agronómicas favorables para un mejor rendimiento de semillas; y con una fertilización moderada de 50 Kg/ha de nitrógeno.¹⁵

En el Ecuador está siendo investigado por el INIAP y las universidades, así como por la actividad privada, teniendo grandes posibilidades, sobre todo en los valles de la sierra, cuyas altitudes no superan los 2800 msnm y que presentan alta luminosidad y poca precipitación¹⁶. Los rendimientos comerciales que se obtienen varían de 640-3750 kg/ha. En los ensayos llevados a cabo en Quito en la temporada 1992-93, los rendimientos fluctuaron entre 800 y 2492 kg/ha.¹

En el Perú el cultivo de *A. caudatus* es semejante a los realizados en otros países antes mencionados, donde en la fertilización, utiliza en la mayoría de los casos como fuente nitrogenada úrea y en algunas oportunidades, además utiliza cloruro de potasio y superfosfato, pero no utilizan un fertilizante orgánico de última generación, como por ejemplo el Agroplasma, que es un fertilizante líquido, ecológico, con una proporción de aminoácidos libres equivalentes a 27 % en peso de microalgas regeneradoras (*F. coronella*), Nitrógeno 720 mg/L, Fósforo 240 mg/L y Potasio 62,2 mg/L, con pH:7, sin componentes químicos de síntesis y totalmente inocuo para personas. La disolución en general es como mínimo en una proporción de 1 litro de agroplasma en 80 litros de agua (disolución 1:8), variando dicha proporción en función del tipo de cultivo. El uso regular de agroplasma activa los mecanismos sinérgicos de crecimiento y multiplicación celular de las plantas, aportando nutrientes de absorción directamente asimilables de manera compensada, optimizando los procesos metabólicos vegetales. Activa el transporte de sustancias nutritivas y cataliza el proceso fotosintético, así como logra frutos de calidad óptima, aumentando notablemente las cosechas.¹⁷

El cultivo de Quinoa y Amaranto está tomando un gran auge debido a propiedades alimenticias, gracias a la concentración de proteínas de alta calidad y de aminoácidos esenciales. Sin embargo, no se han llevado a cabo investigaciones sobre la utilización del Agroplasma como fertilizante ecológico en el crecimiento y rendimiento de estos cultivos. Por ello, propuso evaluar el efecto del agroplasma en el crecimiento y rendimiento de la kiwicha, *A. caudatus* L. var. Oscar Blanco.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material biológico procedió del Centro Experimental de Cultivos Andinos de la Universidad Santiago Antunez de Mayolo, de la provincia de Huaraz-Departamento de Ancash, estuvo constituido por semillas frescas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco “kiwicha”.

Se utilizó una parcela distribuida en tres bloques, de 3,6 m x 4,5 m, en dichos bloques se distribuyeron en 3 surcos a una distancia de 90 cm. y en cada surco se sembraron 150 semillas en forma directa, después de la germinación de las semillas de kiwicha, que fue de un 90 %, a continuación, se realizó el raleo, cuando las plántulas alcanzaron una altura de 10 cm, dejando 30 plántulas, distribuidas en quince golpes a una distancia de 30 cm. Luego se inició con el experimento, aplicando riegos por gravedad, con agua de caño, cada semana hasta la duración del experimento, así mismo se fertilizó en dos momentos, a los 25 y 50 días después de la siembra, empleando una dosis de 25 K/ha de urea en las dos aplicaciones y para todos los tratamientos; la aplicación del agroplasma fue 0%, 2% y 4%, por aspersión foliar, cada quince días hasta la maduración de la panoja.

Evaluación del crecimiento:

- **Longitud de tallo:** Se determinó al azar 10 plantas a las cuales se midió la longitud del tallo, midiendo desde la base hasta la hoja terminal del ápice de tallo, utilizando una wincha metálica de 3 metros de longitud.¹⁸
- **Diámetro del tallo:** Se determinó al azar 10 plantas, a las cuales se midió el diámetro en el segundo entrenudo, utilizando un vernier digital marca Starrett 727, con una sensibilidad de 0,01 mm

- **Número de hojas por planta:** Se determinó al azar 10 plantas, a las cuales se contaron el número de hojas desde la base hasta el ápice del tallo, en la aparición de la panoja.
- **Número de ramas por planta:** Se determinó al azar 10 plantas, a las cuales se contaron el número de ramas por planta, cuando la panoja había madurado, adquiriendo un color pardo oscuro.
- **Peso fresco de hojas y tallo:** Se determinó al azar 10 plantas, cuando las plantas alcanzaron la madurez de la panoja, de las cuales se obtuvieron todas las hojas y los tallos, luego fueron pesados en forma independiente los tallos y hojas, en una balanza de brazo.
- **Peso seco de hojas y tallos:** Se determinó al azar 10 plantas, cuando las plantas alcanzaron la madurez de la panoja, de las cuales se obtuvieron todas las hojas y los tallos, luego fueron pesados en forma independiente los tallos y hojas; luego fueron colocados en una estufa a 103 °C por 72 horas, posteriormente se pesaron las hojas y tallos deshidratado, en una balanza de brazo.

Determinación del rendimiento:

- **Peso de semillas frescas:** Se determinó al azar 10 plantas, cuando las plantas alcanzaron la madurez de la panoja en un 90 % aproximadamente, las plantas fueron cortadas y dejadas a exposición del sol por un lapso de 5 días, luego se obtuvieron las semillas por estrujamiento manual y posteriormente tamizado, para separar las semillas libre de restos de panoja; finalmente se procedió a pesar en una balanza de brazo.
- **Longitud de panoja:** Se determinó al azar 10 plantas, cuando las plantas alcanzaron la madurez de la panoja en un 90 % aproximadamente, a las cuales se les midió la longitud de la panoja con una wincha metálica de 3 metros.
- **Determinación de clorofilas a, b y total:** Las hojas fueron cortadas en pequeñas secciones y se pesaron 5 gramos, luego fueron trituradas en un mortero con etanol absoluto, posteriormente filtrado con papel Whatman n° 1, el filtrado se diluyó al décimo y luego se hizo la lectura en el espectrofotómetro Milton Roy 21, a 649 y 665 nm de longitud de onda, con estos valores se determinó las concentraciones de clorofilas.¹⁹
- **Determinación de proteínas totales:** Para el procesamiento de las muestras y la extracción de proteínas solubles, se pesaron 15 gramos de semillas secas, luego en un vaso precipitado conteniendo 200 ml de agua potable se sometieron a cocción por 30 minutos. Se dejó enfriar durante 15 minutos, luego se decantó el agua de ebullición. El sedimento constituido por las semillas cocidas, se resuspendió en 200 ml de NaHCO₃ 0,4 M, pH 9,0, se trituró durante 3 a 5 minutos y posteriormente se sometió a centrifugación en dos fases: Fase 1: en esta fase se centrifugó a 4 000 rpm por 30 minutos, a temperatura ambiente, para separar las partículas de mayor tamaño y Fase 2: en esta fase se centrifugó a 5500 rpm, como en la fase anterior, para obtener un sobrenadante. La cantidad de proteínas se determinó con las lecturas en absorbancia a una longitud de onda de 540 nm, leídas en el espectroscopio 20 Milton Roy, y luego se procedió a la determinación de las proteínas totales, por el método calorimétrico de Biuret, (Prot.- 2), según laboratorios Wiener.²⁰
- **Determinación del área foliar**
Se utilizó el método de las siluetas, que consiste en calcar las siluetas de todas las hojas de la planta papel bond de 80 gramos, luego recorta el papel y se pesa en una balanza analítica, luego se compara con el peso de 1 cm² del mismo papel y por regla de tres simple se determina en área foliar de la planta.²¹

Diseño de investigación

El Diseño utilizado fue en bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones

VARIETADES	AGROPLASMA	TRATAMIENTOS
V1	0 %	T1
	2%	T2
	4%	T3

V1: *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar blanco “kiwicha”

BLOQUE I	T1	T2	T3
BLOQUE II	T1	T3	T2
BLOQUE III	T3	T1	T2

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron organizados en tablas para la evaluación estadística del efecto del Agroplasma, en el crecimiento y rendimiento, en los diferentes tratamientos según diseño experimental, para ello se utilizó el análisis de varianza (ANAVA), con una probabilidad del 0.05 y la prueba de comparación de promedios de Duncan.^{22,23}

RESULTADOS

Se encontró que la mejor altura de planta (191,15 cm) y la mayor área foliar (475,59 cm²), correspondieron al tratamiento con Agroplasma al 4% (Tabla 1). Aplicando ANAVA se encontró diferencias significativas entre los tratamientos con $p < 0.05$. Asimismo, que los pesos frescos y secos de hojas y tallos, correspondiendo 630,31 g para peso fresco de tallos y 387,68 g para hojas, correspondieron al tratamiento tres (Tabla 2). Los pesos secos fueron procesados estadísticamente encontrando diferencias con $p < 0.05$

Respecto a las clorofilas se encontró a una mayor concentración de clorofila b (8,79 µg/ml), en el tratamiento que recibió agroplasma al 4 %, así como la mayor cantidad de clorofila total (11,73 µg/ml), según como se muestra en la Tabla 3. El mayor rendimiento en el tratamiento con Agroplasma al 4 %, obteniéndose 103,94 g de semillas por planta y 2227,07 Kg/ha, respecto a 74,23g y 1590,64 Kg/ha del control respectivamente (Tabla 4).

Respecto a la calidad de las semillas, los resultados muestran que se han obtenido una concentración de proteínas totales de 15,69 g % para el tratamiento con Agroplasma al 4%, superando al control que se ha obtenido 12,40 g % (Tabla 5).

Tabla 1. Promedios del diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, número de hojas y rama por planta de *Amaranthus caudatus* L var. Oscar Blanco "kiwicha", fertilizados con agroplasma.

Tratamientos	DT (cm)		AP (cm)		AF (cm ²)		NH (unidad)		NR (unidad)	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
T1	3.92a	± 0.03	124.28a	± 1.08	287.96a	± 1.18	33.10	± 0.27	11.03a	± 0.46
T2	5.05b	± 0.02	142.50b	± 0.79	363.19b	± 1.35	41.68	± 0.29	14.6b	± 0.2
T3	5.94c	± 0.02	191.15c	± 2.70	475.59c	± 0.65	437.00	± 0.26	20.7c	± 0.36

DT: Diámetro de tallo, AP: Altura de planta, AF: Área folia, NH: N° de hojas por planta, NR: N° de ramas por planta, X: Promedios por tratamiento, DE: Desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos, aplicando ANAVA, con $p < 0.05$

Tabla 2. Promedios de pesos frescos y secos de tallos y hojas de *Amaranthus caudatus* L var. Oscar Blanco "kiwicha", por bloques y tratamientos, con agroplasma.

Tratamientos	Pft (g)		Pst (g)		Pfh (g)		Psh (g)	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
T1	70.26	± 0.41	16.03a	± 0.10	87.83	± 0.36	14.85a	± 0.03
T2	155.79	± 0.31	30.42b	± 0.04	196.11	± 0.74	25.72b	± 0.03
T3	630.31	± 0.28	101.21c	± 0.11	387.68	± 0.51	50.20c	± 0.12

Pft: Peso fresco de tallo, Pst: Peso seco de tallo, Pfh: Peso fresco de hojas, Psh: Peso seco de hojas, X: Promedios por tratamiento DE: Desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos, aplicando ANAVA, con $p < 0.05$

Tabla 3. Promedios de clorofilas a, b y total en hojas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Bblanco "kiwicha", por tratamientos, fertilizados con agroplasma.

Tratamiento	Cla (Ug/ml)		Clb (Ug/ml)		Clt (Ug/ml)	
	X	DE	X	DE	X	DE
T1	1.78	±0.05	6.67	±0.05	8.4	±0.05
T2	2.44	±0.04	7.33	±0.01	9.64	±0.06
T3	2.98	±0.01	8.79	±0.01	11.73	±0.06

Cla: Clorofila a, Clb: Clorofila b, Clt: Clorofila total, X: Promedios por tratamiento DE: Desviación estándar

Tabla 4. Promedios de longitud de panoja, peso de semillas por planta, y el rendimiento por hectárea de semilla de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco "kiwicha", fertilizados con agroplasma.

Tratamientos	Lp (cm)		Psp (g)		Rendimiento (Kg/ha)	
	X	DE	X	DE	X	DE
T1	48.28a	±0.07	74.23a	±0.30	1590.64	±6.452
T2	69.72b	±0.34	82.62b	±0.69	1770.35	±14.761
T3	98.14c	±1.39	103.94c	±0.04	2227.07	±0.571

Lp: Longitud de panoja, Psp: Peso de semillas por planta, X: Promedios por tratamiento, DE: Desviación estándar Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos, aplicando ANAVA, con $p < 0.05$

Tabla 5. Promedios de proteínas totales en 100 gramos de semillas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco "kiwicha", por bloques y tratamientos, fertilizados con agroplasma.

Tratamiento	BI (Pt g %)	BII (Pt g %)	BII (Pt g %)	Promedio (Pt g %)	DE
T1	12.45	12.27	12.49	12.40	±0.117
T2	13.42	13.85	13.50	13.59	±0.229
T3	15.44	15.92	15.72	15.69	±0.241

DE: Desviación estándar Pt: Proteínas totales g: Gramos



Fig. 1. Tamaño de las panojas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco "kiwicha" de los diferentes tratamientos con agroplasma.

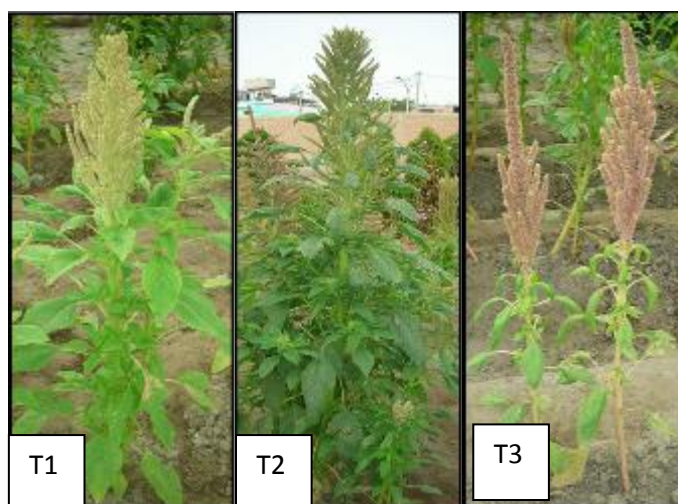


Fig. 2. Tamaño de las panojas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco "kiwicha" de los diferentes tratamientos con agroplasma.

DISCUSIÓN

Las diferencias significativas según el ANAVA, respecto al crecimiento de *A. caudatus* var. Oscar blanco "kiwicha", en los parámetros de: diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, número de hojas y ramas por planta (Tabla 1), se obtuvo un incremento del 53,5% en altura de planta y un 51,5% en el diámetro de tallo, del tratamiento con Agroplasma al 4%, respecto al control, esto se debe

probablemente a que agroplasma ha influenciado mejor, porque los componentes de este fertilizante orgánico, entre ellos los aminoácidos y el nitrógeno, dentro de la planta se movilizan rápidamente hasta los meristemas apicales y laterales, y permiten una mayor división celular y con ello un mejor crecimiento en altura de las plantas; el área foliar se incrementó en 65,2%, probablemente por efecto del macronutriente nitrógeno, contenido en alta proporción en este fertilizante, el cual habría permitido en el crecimiento de parte laminar de las hojas, cantidades muy favorables respecto al control.

También se encontraron diferencias significativas según el ANAVA, para los pesos frescos y secos de tallos y hojas (Tabla 2), mostrando los pesos frescos (Pft=630,31 g y Pfh=387,68g) y secos (101,21 g y 50,20 g) más altos, de las plantas de kiwicha que recibieron agroplasma al 4%, esto probablemente se deba a la influencia de los componentes nutricionales que contiene el fertilizante, tales como nitrógeno, fósforo, potasio entre otros, los cuales han permitido que las plantas aumenten su anabolismo, como la fotosíntesis, síntesis de almidón, proteínas y otras biomoléculas, las cuales conllevan a incrementar su masa y por ende su peso seco; así mismo estas plantas tienden a incrementar la absorción y retención de agua e incrementar su peso fresco.

Para las clorofilas (a y b), según el ANAVA se encontraron diferencias significativas, siendo el más alto para la clorofila b del tratamiento con Agroplasma al 4% (8,79 Ug/ml), el cual representa un incremento del 75,29 % respecto a su control, esto nos indica que probablemente agroplasma influye en la síntesis de clorofila b, más que clorofila a, con lo que puede permitir que absorba una mayor cantidad de energía luminosa y posteriormente transformarla en energía química en forma de Adenosin Trifosfato (ATP), útil en la captación del Anhidrido Carbónico (CO₂) para el ciclo de Calvin del proceso fotosintético.

Las diferencias significativas según el ANAVA respecto al rendimiento de *A. caudatus* var. Oscar blanco “kiwicha”, en los parámetros de: longitud de panoja, peso de semillas por planta y kilogramos por hectárea, indican que Agroplasma al 4 %, permitiendo obtener 2227,07 kg/ha de semillas de kiwicha y 98,14 g de semillas de amaranto por planta (Tabla 4), representando un incremento del 40,02 % y 40,02 % respectivamente ; en el caso del rendimiento por hectárea es superior a 1000 Kg/ha de semillas de kiwicha obtenidos en el Institute of Plant and Soil Science Research Center of Dinamarca¹⁴, pero dentro del rango de los resultados de 1000 – 2500 Kg/ha por el INIA-Perú, para los periodos 1992-1993²⁴ y 800-2492 Kg/ha, reportados para Quito en los periodos 1992 y 1993¹, pero superiores a 628-1422 Kg/ha, que recibieron como fertilizante solamente Nitrógeno en una dosis de 50 Kg/ha para una población de 62 500 plantas/ha¹⁵. Este incremento del rendimiento también tendría una relación directa con la mayor longitud de la inflorescencia (98,14 cm), permitiendo un incremento del 103,27 % respecto al control, así mismo es superior al tamaño de la inflorescencia (90 cm) reportado por el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria⁶. Este dato corrobora que Agroplasma influye en el tamaño de la inflorescencia o panoja, permitiendo un mayor número de flores, que finalmente se convierten en semillas y de esta manera favorece un mejor rendimiento de kiwicha.

Para la calidad de las semillas de kiwicha, respecto a proteínas totales, según el ANAVA se encontraron diferencias significativas, siendo el porcentaje más alto (15,7%) para el tratamiento con Agroplasma al 4 % (Tabla 5 y figura 5), representando un incremento del 26,5% respecto a su control, así mismo es superior a 14,6 g % obtenido por el Centro de investigación de Cultivos Andinos, en la misma variedad de kiwicha¹¹, pero menor al rango de 13-18g% en *A. caudatus*, encontrado por el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria⁶ semejante a 15 g % en kiwicha²⁵; pero menor a 16,1g % en *A. caudatus* L. “kiwicha”²⁶

En conclusión: (i) el Agroplasma al 4% influyó significativamente en el crecimiento de las plantas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco “kiwicha”, (ii) el Agroplasma al 4% influyó significativamente en rendimiento de semillas por planta y por hectárea de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco “kiwicha” y (iii) el Agroplasma al 4% influyó significativamente en la cantidad de proteínas totales en semillas de *Amaranthus caudatus* L. var. Oscar Blanco “kiwicha”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mujica A, Berti M. El cultivo del Amaranto (*Amaranthus* spp.): Producción. Mejoramiento Genético y Utilización. FAO. Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios. Roma, Italia. 1997.

2. Arellano M, Albarracin G, Mucciarelli S. Estudio comparativo de hojas de *Beta vulgaris* con *Amaranthus dubius* Mart ex thell. *Phyton* 2004; 53:193-197.
3. Mujica A, Jacobsen E, Chirinos L. Experiencias en el manejo de los recursos genéticos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranto (*Amaranthus caudatus* L. y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Perú. **In:** Compendio de Exposiciones de Reunión para diseñar el componente regional del proyecto IPGRI-IFAD, La Paz-Bolivia.2001.
4. Martínez C, Espitia E, Caballero J. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.1979
5. Vele G. Amaranto: símbolo de Inmortalidad www.menssana.com.ve/nutr_nat/amaranto.htm. 2000
6. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). Kiwicha con cualidades óptimas para agroindustria y exportación. Nota de prensa 033-INEA-OII-PW. 2006
7. Guillen F. Caracterización y análisis de crecimiento de dos ecotipos de coime (*Amaranthus caudatus*) en condiciones de cultivo de campo. Tesis Ing°. Agrónomo. Universidad Autónoma. Tarija-Bolivia. 1990.
8. Pedersen B, Kalinowski L, Eggum B. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) I. Protein and minerals of raw processed grain. *Plant Food for Human Nutrition*. 1987; 36:309-324.
9. Zamora J. Industrialización del amaranto. Tesis Ing°. Químico. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija-Bolivia. 1991
10. Nieto C. El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. 1990
11. Lizárraga V. Evaluación del contenido de proteínas y fibras de 64 muestras de la Colección *Amaranthus caudatus* “Kiwicha”.Tesis Ing°. Agrónomo. Univcersidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco. Perú. 1981
12. Bressani R. The proteins of grain amaranth. *Foods Reviews International*. 1989; 51:1338.
13. Barrantes P. *Amaranthus caudatus*: Determinación analítica en la “achita”.Tesis Ing°. Químico. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Perú. 1969
14. Jacobsen S, Iteno K, Mujica A. Amaranto como un cultivo nuevo en el norte de Europa. *Agronomia Tropical*. 2002; 52(1):109-119.
15. Torres G, Trinidad A, Reyna T. Respuesta de genotipos de Amaranto a densidades de poblaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana* 2006; 9(04):307-312.
16. Monteros JC. INIAP-Alegría. Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo N° 245. Ecuador. 1994
17. Bio-Plasma. Fertilizante Ecológico. Lima-Perú. 2006
18. Castro P, Villar P, Pérez C. Leaf morphology and leaf chemical composition in three *Quercus* (*Fagaceae*) species along a precipitation gradient in NE Spain. *Trees. Structure and Function*. 1997; 11: 127-13.
19. Rivera C, Zapata A, Pinilla J. Comparación de la estimación de clorofila a mediante los métodos espectrofotométricos y fluorométrico. 2005; 10(2): 95.
20. Wiener G. Laboratorios: Método calorimétrico para la determinación de hierro sérico, proteínas totales y hemoglobina. Rosario-Argentina. 2000
21. De Sousa N, Rojas E. Estimación del área foliar de *Heliconia bihai* (L.) L. y *H. Latispatha benth*. *Bioagro* 1992; 4(4):106-114.
22. Steel R, Torrie J. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da Edición. Editorial. McGraw-Hill S.A. México. 1993
23. Spiegel M. Teoría y Problemas de Probabilidades y Estadísticas. Serie dcompendios Shawm Edit. Mc Graw Hill. México. 1982
24. Mujica A, Izquierdo J, Jacobsen S. Prueba americana de cultivares de amaranto (*Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus hypocondriacus* L. y *Amaranthus cruento* L.) **En:** Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos. Perú. 1999
25. Bejosano F. Protein quality evaluation of *Amaranthus* wholemeal flours and concentrates. *J Sci Foot & Agricul*. 1999; 76(1):100-106.
26. Cárdenas, M. Manual de plantas económicas de Bolivia. Cochabamba-Bolivia: Edit Icthus. 1969.

Recibido: enero, 2017

Aceptado: abril, 2017

Autor de c la correspondencia: jchico@unitru.edu.pe