

## Physical Mechanical and Chemical Properties of *Allium sativum* L. Cultivated with Different Concentrations of QuitoMax®

### *Propiedades físico mecánicas y químicas de Allium sativum L. cultivado con diferentes concentraciones de QuitoMax®*

PhD. Dariellys Martínez-Balmori<sup>11</sup> PhD. Liane Portuondo-Farías<sup>1</sup>, MSc. Annarellis Álvarez-Pinedo<sup>1</sup>, Est. Reinier Méndez-Serpa<sup>1</sup>, MSc. Saturnina Mesa-Rebato<sup>1</sup>, PhD. Iván Castro-Lizazo<sup>1</sup>, PhD. Humberto Izquierdo-Oviedo<sup>11</sup>

<sup>1</sup>Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>11</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**ABSTRACT.** Biostimulants are used in order to increase the growth, development, yields and quality of crops. The beneficial effect of QuitoMax®, a biostimulant of national production on productive indicators in different crops has been verified, although research on the quality of the agricultural product obtained is limited. In this way, the goal of this work was to evaluate quality parameters of garlic (*Allium sativum* L.) obtained from two varieties of the Criollo clone: 'Criollo-9' and 'Criollo-Víctor' treated with concentrations of QuitoMax®. Bulbs of both varieties used were obtained from cloves embedded in QuitoMax® concentrations of 1, 5 and 10 mg L<sup>-1</sup> before manual planting in flower beds. Fifty days after planting (dap) a foliar application was made with these same doses, maintaining a group of control plants for a total of four treatments per clone. Indicators of external and internal quality were determined, as well as physicochemical properties, protein and carbohydrate content in the garlic extract. The use of QuitoMax® did not significantly change most of the indicators evaluated. The changes found in a few indicators were in the sense of increasing quality and dependent on the variety and concentration of the biostimulant. The use of QuitoMax® in the garlic production system is promising for the benefit of the quality of the agricultural products.

**Keywords:** chitosan, chitin, garlic, bioproducts.

**RESUMEN.** Los bioestimulantes se utilizan con la finalidad de incrementar el crecimiento, desarrollo, rendimientos y calidad de los cultivos. El efecto benéfico del QuitoMax®, bioestimulante de producción nacional, sobre indicadores productivos en diferentes cultivos se ha verificado, aunque las investigaciones sobre la calidad del producto agrícola obtenido son escasas. De esta forma el objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros de calidad del ajo (*Allium sativum* L.) obtenido de dos variedades del clon Criollo: 'Criollo-9' y 'Criollo-Víctor' tratados con concentraciones de QuitoMax®. Se trabajó con bulbos de ambas variedades que se obtuvieron de bulbillos embebidos en concentraciones de QuitoMax® de 1, 5 y 10 mg L<sup>-1</sup> previo a la plantación manual en canteros y a los 50 días después de plantado (ddp) se realizó una aplicación foliar con estas mismas dosis manteniéndose un grupo de plantas control para un total de cuatro tratamientos por clon. Se determinaron indicadores de calidad externa e interna, así como propiedades físico-químicas y contenido de proteínas y carbohidratos en el extracto de ajo. El uso del QuitoMax® no modificó significativamente la mayoría de los indicadores evaluados. Las alteraciones encontradas en unos pocos indicadores fueron en el sentido de incrementar la calidad y dependientes de la variedad y la concentración del bioestimulante. El uso del QuitoMax® en el sistema de producción del ajo es promisorio para el beneficio de la calidad del producto agrícola.

**Palabras claves:** quitosana, quitina, ajo, bioproductos.

<sup>1</sup> Author for correspondence: Dariellys Martínez-Balmori, e-mail: darielly@unah.edu.cu

Received: 20/07/2020.

Approved: 04/12/2020.

## INTRODUCTION

Sustainable agriculture is one of the major priorities of the 2030 Agenda, which contributes to poverty reduction through approaches in favor of the poor population, promoting the empowerment of family farming, women and youth; as well as the value chain, access to markets and social protection systems. The use of varieties of crops adapted to the conditions of the country and the analysis of production, harvesting and post-harvest processes notably help to develop precision agriculture, with a minimum cost, that guarantees the food demand of the world population.

The use and study of biostimulants and their effects is a practical alternative that contributes to the development of sustainable agricultural production systems. Biostimulants are defined as any substance or microorganism capable of increasing nutrition efficiency, tolerance to abiotic stress and the quality of crops (Du Jardin, 2015). According to Drobek *et al.* (2019) they are preparations of natural origin that support the pro-ecological cultivation of vegetables and fruits, whose effects can be multifaceted. At the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) of the Republic of Cuba, a group of bioproducts are developed in order to increase the growth and development of crops. Among these bioproducts is QuitoMax®, a liquid biostimulant based on chitosan polymers, obtained from the chitin present in the lobster exoskeleton, with beneficial results in development, yields and anti-stress protection in several important economic crops (Morales *et al.*, 2016).

Horticulture is an attractive activity, mainly due to the growing demand for horticultural species with nutritional and/or medicinal value and high production volumes in small areas. Garlic (*Allium sativum* L.) is an annual horticultural plant of the *Alliaceae* family, which is used as a condiment and aromatic agent in food cooking, in addition to being used in the pharmaceutical industry, due to the chemical compounds it presents (Espinoza *et al.*, 2010). In Cuba, the yields of this crop are very low, despite the fact that high volumes of mineral fertilizers and pesticides are applied in its production system (Pupo *et al.*, 2016).

Scientific studies related to the use of QuitoMax® or other types of biostimulants in garlic cultivation are limited (Balmori *et al.*, 2019). Similarly, those related to the modification of the parameters of quality of the agricultural fruit are insufficient. In this sense, the aim of this work was to evaluate the quality parameters of garlic (*Allium sativum* L.) obtained from two Criollo clones: 'Criollo-9' and 'Criollo-Víctor' treated with concentrations of QuitoMax®.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials and Experimental Conditions

Garlic bulbs harvested from a field experiment developed with two Criollo clones were used: 'Criollo-Víctor' and 'Criollo-9' in the Farm 'La Jaula', belonging to San José de las Lajas Municipality, Mayabeque Province, during the period 2018-2019. The field experiment was carried out in a Sialitic Brown soil, according to the classification of

## INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es una de las grandes prioridades de la Agenda 2030, que contribuye con la reducción de la pobreza mediante enfoques que favorecen a la población pobre, fomentando el empoderamiento de la agricultura familiar, las mujeres y los jóvenes; así como la cadena de valor, el acceso a los mercados y los sistemas de protección social. La utilización de variedades de cultivos adaptadas a las condiciones del país y el análisis de procesos de producción, cosecha y poscosecha, ayudan notablemente a que se desarrolle una agricultura de precisión, con un costo mínimo, que garantice la demanda de alimentos de la población mundial.

La utilización y el estudio de los bioestimulantes y sus efectos, es una alternativa práctica que contribuye al desarrollo de los sistemas de producción agrícola sostenibles. Los bioestimulantes se definen como cualquier sustancia o microorganismo capaz de aumentar la eficiencia en la nutrición, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los cultivos (Du Jardin, 2015). Según Drobek *et al.* (2019), son preparaciones de origen natural que soportan el cultivo pro-ecológico de vegetales y frutos, cuyos efectos pueden ser multifacéticos. En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de la República de Cuba se desarrollan un grupo de bioproductos con la finalidad de incrementar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Dentro de estos bioproductos se encuentra el QuitoMax®, bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosana, obtenido de la quitina presente en el exoesqueleto de las langostas, con resultados beneficiosos en el desarrollo, los rendimientos y la protección anti estrés en varios cultivos de importancia económica (Morales *et al.*, 2016).

La horticultura es una actividad atractiva, debido principalmente a la creciente demanda de especies hortícolas con valor nutricional y/o medicinal y los altos volúmenes de producción en áreas pequeñas. El ajo (*Allium sativum* L.) es una planta hortícola anual de la familia *Alliaceae*, que se utiliza como condimento y agente aromático en la cocción de alimentos, además de que se emplea en la industria farmacéutica, debido a los compuestos químicos que presenta (Espinoza *et al.*, 2010). En Cuba los rendimientos de este cultivo son muy bajos, a pesar de que en su sistema productivo se aplican altos volúmenes de fertilizantes minerales y plaguicidas (Pupo *et al.*, 2016).

Investigaciones relacionadas con el uso de QuitoMax® o de otros tipos de bioestimulantes en el cultivo del ajo son escasas Balmori *et al.* (2019), así como también son insuficientes aquellas relacionadas con la modificación de los parámetros de calidad del fruto agrícola, en este sentido se planteó como objetivo de este trabajo evaluar parámetros de calidad del ajo (*Allium sativum* L.) obtenido de dos clones criollos: 'Criollo-9' y 'Criollo-Víctor' tratados con concentraciones de QuitoMax®.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales y Condiciones Experimentales

Se utilizaron bulbos de ajo cosechados de un experimento de campo desarrollado con dos clones 'Criollo': Criollo-Víctor y Criollo-9 en la Finca "La Jaula", perteneciente al municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque durante el período 2018-2019. El experimento de campo se desarrolló en un suelo Pardo sialítico, según la clasificación de los suelos de

Cuban soils (Hernández *et al.*, 2015), with pH = 7.80 and organic matter content (OM) of 5.59 %. The plantation was carried out in flower beds of (20 × 1.40 × 0.30 m) made up of soil and organic fertilizer. The cloves were planted manually with a planting density of 4 rows at 20 × 10 cm between plants.

Before planting, the cloves were soaked 24 hours in QuitoMax® solutions at concentrations of 1.0; 5.0 and 10.0 mg L<sup>-1</sup> and in water (control treatment). At 50 days after planting (dap), foliar applications were made with the same doses of the biostimulant, keeping the group of control plants with water, for a total of four treatments for each clone. For the ‘Criollo-Víctor’ clone the treatments were designated as: CV-0, CV-1, CV-5 and CV-10, and for the ‘Criollo-9’ clone they were designated as: C9-0, C9-1, C9-5 and C9-10.

QuitoMax®, whose active ingredient is chitosan, was kindly provided by the Bioactive Products Group (GPA) of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). This liquid biostimulant is obtained by deacetylation of chitin extracted from lobster exoskeleton. Concentrations of 1.0, 5.0 and 10.0 mg L<sup>-1</sup> of QuitoMax® were used, whose composition shown on the product’s marketing label is presented in Table 1.

Cuba Hernández *et al.* (2015), con pH= 7.80 y contenido de materia orgánica (MO) de 5.59 %. La plantación fue realizada en canteros de (20 × 1,40 × 0,30 m) conformados con suelo y abono orgánico. Los bulbillos se plantaron manualmente con una densidad de plantación 4 hileras a 20 × 10 cm entre plantas.

Antes de la plantación los bulbillos fueron embebidos 24 horas en soluciones de QuitoMax® a concentraciones de 1,0; 5,0 y 10,0 mg L<sup>-1</sup> y en agua (tratamiento control). A los 50 días después de plantado (ddp) se realizaron aplicaciones foliares con las mismas dosis del bioestimulante, manteniéndose el grupo de plantas control con agua, para un total de cuatro tratamientos para cada clon. Para el clon ‘Criollo-Víctor’ los tratamientos se designaron como: CV-0, CV-1, CV-5 y CV-10, y para el clon ‘Criollo-9’ se designaron como: C9-0, C9-1, C9-5 y C9-10.

El QuitoMax®, cuyo principio activo es la quitosana, fue gentilmente proporcionado por el Grupo de Productos Bioactivos (GPA) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Este bioestimulante líquido es obtenido por desacetilación de la quitina extraída del exoesqueleto de langostas. Se utilizaron concentraciones de 1.0, 5.0 y 10.0 mg L<sup>-1</sup> de QuitoMax®, cuya composición mostrada en la etiqueta de comercialización del producto se presenta en la Tabla 1.

**TABLE 1. Composition of QuitoMax®, a chitosan polymer produced by INCA**  
**TABLA 1. Composición del QuitoMax®, polímero de quitosana producido por el INCA**

Components	Quantity
Chitosan	> 4 g L <sup>-1</sup>
Acetic acid	> 0,4 %
Potassium	> 0,07 %
Sodium benzoate	> 0,05 %

Cultural attentions were developed according to the Organoponic and Orchards Intensives Manual (INIFAT, 2010). Irrigation was carried out on alternate days with a 10 L watering can and the removal of weed plants by manual weeding. The culture was harvested 120 days after planting and 20 bulbs were selected at random from each treatment for the evaluation of external quality parameters. The raw garlic extract from each of the treatments (5 extracts per treatment) was obtained by macerating 5 g of the skinless cloves and subsequent filtration through gauze.

**Determination of Caliber, Firmness, Pungency and °Brix of Garlic Plant Bulbs of ‘Criollo’ Clones Cultivated with Different Concentrations of Quitomax®**

The caliber of bulb is a classification according to the equatorial diameter of the bulb. this work, the classification proposed by Burba (1997) was used which establishes caliber 3 (26-35 mm), caliber 4 (36-45 mm) and caliber 5 (46-55 mm).

The firmness of the bulb was performed using a CEMA C-08 Digital Penetrometer in the Laboratory of Quality and Metrology of the Faculty of Technical Sciences, UNAH. The firmness of the bulb was taken as the maximum force that the bulb supports up to the separation of the cloves, and is expressed in kg F. The °Brix was measured using a manual refractometer placing 1 to 2 drops of the diluted garlic extract (1:10) in the

Las atenciones culturales se desarrollaron según el Manual de Organopónico y Huertos Intensivos (Rodríguez *et al.*, 2010). El riego se realizó en días alternos con regadera de 10 L de capacidad y la eliminación de plantas arvenses mediante el escarde manual. El cultivo se cosechó a los 120 días de plantado y se seleccionaron 20 bulbos al azar de cada tratamiento para la evaluación de parámetros de calidad externa. El extracto crudo del ajo de cada uno de los tratamientos (5 extractos por tratamiento) se obtuvo mediante maceración de 5 g de los bulbillos sin piel y posterior filtración a través de gasa.

**Determinación del calibre, firmeza, pungencia y °Brix de bulbos de plantas de ajo de los clones ‘Criollo’ cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®**

El calibre del bulbo es una clasificación según el diámetro ecuatorial del bulbo, y en este trabajo se utilizó la clasificación propuesta por Cásseres (1997) de calibre 3 (26-35 mm), calibre 4 (36-45 mm) y calibre 5 (46-55 mm).

La firmeza del bulbo se realizó usando un Penetrómetro Digital CEMA C-08 en el Laboratorio de Calidad y Metrología de la Facultad de Ciencias Técnicas de la UNAH. La firmeza del bulbo se tomó como la fuerza máxima que soporta el bulbo hasta el desprendimiento de los bulbillos, y se expresa en kg F. El °Brix se midió utilizando un refractómetro manual colocando de 1 a 2 gotas del extracto de ajo diluido (1:10) en el prisma del

prism of the refractometer, avoiding the formation of air bubbles. The measurement was made by holding the refractometer in sunlight. After each measurement (three replicates per treatment) the prism was cleaned and dried.

The pungency (pyruvic acid content) with spectrophotometer according to techniques modifications of Benkeblia (2000), Espinoza *et al* (2010) and Grégrová *et al* (2013). At 2 aliquots of the diluted garlic extract (1:10) 2 aliquots of 5 % trichloroacetic acid were added for the inactivation of the enzyme aliinase and it was left to rest for 1 hour. Then it was centrifuged for 1 min and 1 mL of 2,4-dinitrophenylhydrazine (0.125 g in 1 L of 2 mol L<sup>-1</sup> HCl solution) was added to 1 mL of the supernatant. It was incubated in a water bath at 37°C for 15 min. Subsequently, 5 mL of NaOH 24 g L<sup>-1</sup> were added and stirred for 5 minutes. Absorbance readings were recorded at 490 nm.

### Physical-Chemical and Chemical Properties of Garlic Extract from Plants of ‘Criollo’ Clones Cultivated with Different Concentrations of QuitoMax®

The electrical conductivity (EC) and pH (active acidity) of the diluted garlic extract (1:10) were performed by conductimetry and potentiometry respectively, according to the Cuban standard NC 39: 1999. The total measured acidity corresponds to the total acid content in the extract and was determined by acid-base volumetry, using NaOH 0.025 mol L<sup>-1</sup> as titrant and phenolphthalein as indicator. The results were expressed as a function of the organic acids with the highest content in fruit and vegetable juices: citric, malic and tartaric acid (Domene & Segura, 2014), as well as pyruvic acid. The calculation was made as a function of the molar mass of each acid taking into account the volumetric law and expressed as a percentage (Table 2).

The determination of the total protein content in the extract was made by the Biuret method. To an aliquot of the diluted extract, 1 mL of distilled water and 8 mL of the Biuret reagent (mixture of copper sulfate in basic medium that forms with the peptide bonds a blue complex) were added. The dilution was shaken and around 10 min were waited for good color development. Absorbance was read at 540 nm in UV-Visible spectrophotometer (Rayleigh-1601).

The reducing carbohydrate content in the garlic extract was determined on a Rayleigh-1601 UV-visible spectrophotometer and glucose standards (0.2 to 1 mg mL<sup>-1</sup>) were used. The reducing carbohydrate content was determined using 3 mL of 3,5-dinitrosalicic acid and 1 mL of the garlic extract, 1:10 dilution according to the methodology described by Noelting & Bernfeld (1948).

refractómetro, evitando la formación de burbujas de aire. La medición se realizó sosteniendo el refractómetro hacia la luz solar. Después de cada una de las mediciones (tres réplicas por tratamiento) el prisma fue limpiado y secado.

La pungencia (contenido de ácido pirúvico) fue determinada espectrofotométricamente según modificaciones de las técnicas de los trabajos de Benkeblia (2000); Espinoza *et al.* (2010) y Gregrova *et al.* (2013). A 2 alícuotas del extracto de ajo diluido (1:10) se le adicionaron 2 alícuotas de ácido tricloroacético al 5% para la inactivación de la enzima aliinasa y se dejó reposar durante 1 hora. Luego se centrifugó durante 1 min y a 1 mL del sobrenadante se le adicionó 1 mL de 2,4-dinitrofenilhidracina (0,125 g en 1 L de solución de HCl 2 mol L<sup>-1</sup>). Se incubó en baño maría a 37°C durante 15 min. Posteriormente se adicionaron 5 mL de NaOH 24 g L<sup>-1</sup> y se agitó durante 5 minutos. Lecturas de absorbancia se registraron a los 490 nm.

### Propiedades físico-químicas y químicas del extracto de ajo de plantas de los clones ‘Criollo’ cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®

La conductividad eléctrica (CE) y el pH (acidez activa) del extracto de ajo diluido (1:10) se realizó por conductimetría y potenciometría respectivamente, según la norma cubana NC 39:1999. La acidez valorable total se corresponde con el contenido total de ácidos en el extracto y se determinó mediante volumetría ácido-base, usando NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup> como agente valorante y fenolftaleína como indicador. Los resultados fueron expresados en función de los ácidos orgánicos de mayor contenido en zumos de frutas y hortalizas: ácido cítrico, málico y tartárico Domene & Segura (2014), además en función del ácido pirúvico. El cálculo fue realizado en función de la masa molar de cada ácido teniendo en cuenta la ley de la volumetría y se expresó en porcentaje (Tabla 2).

La determinación del contenido de proteínas totales en el extracto se realizó por el método de Biuret. A una alícuota del extracto diluido se le añadieron 1 mL de agua estilada y 8 mL del reactivo de Biuret (mezcla de sulfato de cobre en medio básico que forma con los enlaces peptídicos un complejo de color azul). Se agitó y aguardó 10 min para el buen desarrollo del color. La absorbancia fue leída a 540 nm en espectrofotómetro UV-Visible (Rayleigh-1601).

El contenido de carbohidratos reductores en el extracto de ajo se determinó en un espectrofotómetro UV-visible Rayleigh-1601 y se utilizaron patrones de glucosa (0,2 hasta 1 mg mL<sup>-1</sup>). El contenido de carbohidratos reductores fue determinado colorimétricamente utilizando 3 mL de ácido 3,5-dinitrosalicílico y 1 mL del extracto de ajo, dilución 1:10 según la metodología descrita por Noelting & Bernfeld (1948).

TABLE 2. Expressions for the calculation of titratable acidity according to organic acid. Modified from Domene & Segura (2014) where Vg: volume spent on titration

TABLA 2. Expresiones para el cálculo de acidez valorable según el ácido orgánico Modificado de Domene & Segura (2014), donde Vg: volumen gastado en la valoración

Acid	Molar Mass (g mol <sup>-1</sup> )	g of acid L <sup>-1</sup>	% of acid
Citric	192,12	Vg*0,16	Vg*0,016
Malic	134,09	Vg*0,17	Vg*0,017
Tartaric	150,09	Vg*0,19	Vg*0,019
Pyruvic	88,06	Vg*0,22	Vg*0,022

The data were processed using the Statgraph v 5.1 statistical package, a simple classification analysis of variance (ANOVA) was performed and the multiple comparison of means was achieved using the Tukey test at 95 % confidence.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Determination of Caliber, Firmness, Pungency and °Brix of Garlic Plant Bulbs of ‘Criollo’ Clones Cultivated with Different Concentrations of Quitomax®

The quality of the garlic bulb can be measured through various indicators such as caliber, firmness, color, pungency, total soluble solids content and phenol content (Argüello *et al.*, 2006; Grégrová *et al.*, 2013; Akan, 2019). Table 3 shows the results of the indicators of caliber, firmness and pungency of garlic bulbs from plants of the ‘Criollo’ clones treated with different concentrations of the non-microbial biostimulant QuitoMax®.

**Table 3. Values of caliber, firmness and pungency of the garlic plant bulbs (*Allium sativum* L.) of the ‘Criollo’ clones cultivated with different concentrations of QuitoMax®. (Means of three repetitions)**

**TABLA 3. Valores de calibre, firmeza y pungencia de los bulbos de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) de los clones ‘Criollo’ cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. (Medias de tres repeticiones)**

Treatments	Caliber (%)		Firmness (Kg F)	Pungency (mg L <sup>-1</sup> )
	3 (26-35 mm)	4 (36-45 mm)		
<b>‘Criollo-9’</b>				
C9-0	40	60	17.22	2.48
C9-1	40	60	15.33	2.36
C9-5	20	80	16.77	2.33
C9-10	60	40	15.23	2.59
ESx			1.13	0.0045
CV (%)			9.84	6.43
<b>‘Criollo- Víctor’</b>				
CV-0	100	-	16.38	2.49 bc
CV-1	40	60	15.66	1.93 c
CV-5	80	20	15.83	3.13 a
CV-10	40	60	16.02	2.97 ab
ESx			1.08	0.0037
CV (%)			10.04	9.87

In none of the clones were obtained bulbs of 5 caliber (46-55 mm), this result could be justified by the fact that for the ‘Criollo’ clones the maximum caliber reached is 4. In the literature consulted, no reports were found of caliber (or equatorial diameter) of bulbs for ‘Criollo’ clones, with the exception of the ‘Criollo-9’ clone for which a range of values for the equatorial diameter of the bulb from 34 to 39 mm is reported (Izquierdo & Gómez, 2012).

Table 3 shows that the influence of the use of QuitoMax® on this indicator depends on the cultivar and the concentration of the biostimulant. While for the cultivar ‘Criollo-9’ the major

Los datos se procesaron utilizando el paquete estadístico Statgraph v 5.1, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA) y la comparación múltiple de medias fue realizada utilizando el test de Tukey al 95 % de confianza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación del calibre, firmeza, pungencia y °Brix de plantas de ajo de los clones ‘Criollo’ cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®

La calidad del bulbo de ajo puede ser medida a través de varios indicadores como el calibre, firmeza, color, pungencia, contenido de sólidos solubles totales y contenido de fenoles (Argüello *et al.*, 2006; Gregrova *et al.*, 2013; Akan, 2019). En la Tabla 3 se presentan los resultados de los indicadores de calidad calibre, firmeza y pungencia de los bulbos de ajo de plantas de los clones ‘Criollo’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulante no microbiano QuitoMax®.

En ninguno de los clones se obtuvieron bulbos de calibre 5 (46-55 mm), resultado que pudiera ser justificado por el hecho de que para los clones ‘Criollo’ el calibre máximo alcanzado es de 4. En la literatura consultada no se encontraron reportes de calibre (o diámetro ecuatorial) de bulbos para clones ‘Criollo’, a excepción del clon ‘Criollo-9’ para el que se reporta un rango de valores para el diámetro ecuatorial del bulbo de 34 a 39 mm (Izquierdo y Gómez, 2012).

En la Tabla 3 se observa que la influencia del empleo de QuitoMax® sobre este indicador depende del cultivar y de la concentración del bioestimulante. Mientras que para el cultivar ‘Criollo-9’ la mayor

amount of bulbs with caliber 4 are founded using the QuitoMax® concentration of 5 mg L<sup>-1</sup>, for the cultivar ‘Criollo-Víctor’ the major amount of bulbs with caliber 4 was obtained when QuitoMax® concentrations of 1.0 and 10.0 mg L<sup>-1</sup> are used.

It is necessary to highlight that for this last cultivar (‘Criollo-Víctor’) the percentage of bulbs with caliber 4 only appears in plants treated with the doses of the biostimulant QuitoMax®, this could have an important commercial and economic implication once the bulb is the commercial attribute of this crop.

The increase in the diameter of the garlic bulb in plants cultivated with biostimulants has been reported by several authors (Balmori *et al.*, 2019; Pupo *et al.*, 2016; Shafeek *et al.*, 2015; Paradjickovic *et al.*, 2014; Denre *et al.*, 2014; Anjum *et al.*, 2014; Zaki *et al.*, 2014). Shafeek *et al.* (2015), in the study of the effect of foliar application of humic acid (HA) in garlic cultivation (Chinese cv.) under field conditions, found that plants treated with the highest concentration of HA produced bulbs of higher caliber. The results of this work indicate that the use of the highest concentration of the biostimulant (QuitoMax®) does not always lead to the production of larger diameter bulbs.

The results for bulb firmness are within the range of values reported by Balmori *et al.* (2019), who used dilutions of a humic vermicomposting extract in the cultivation of the ‘Criollo-9’ clone as a biostimulant. No significant differences were found between the clones or between the QuitoMax® concentrations. The latter indicates the possibility that there is no influence of this biostimulant on the number of external cataphylls (protective leaves), which influences the ease of cloves separation (López *et al.*, 2012).

For pungency (pyruvic acid content), which corresponds to the concentration of alliin, the precursor substrate and responsible for the smell and taste of garlic (Espinoza *et al.*, 2010), significant differences were found between QuitoMax® concentration only for the ‘Criollo-Víctor’ clone, with the highest concentrations of the biostimulant, being those with significantly higher values. These results are in correspondence with those of Denre *et al.* (2014), researchers who in the study of the effect of different concentrations (100, 200, 300 and 400 ppm) of a commercial humic acid on the pungency of the Gargajali variety of garlic, found a significant increase in this indicator as the concentration of the biostimulant increases.

°Brix is an indicator used in the agri-food industry to measure the approximate amount of sugars, although in reality with this scale the content of total soluble solids is determined, the most abundant being sugars and organic acids (Domene & Segura, 2014). In Figure 1 it is observed that for the ‘Criollo-9’ clone the concentration of 1 mg L<sup>-1</sup> of QuitoMax® was significantly higher than the rest of the treatments, while for the ‘Criollo-Víctor’ clone there were no significant differences between treatments.

The °Brix values found in this work are slightly lower than those reported in the literature for this cultivar from 17.2 to 21.3 °Brix (Izquierdo & Gómez, 2012), as well as those reported by other authors in other cultivars such as Pardo *et al.* (2007) who report ranges from 25.1 to 29.4 °Brix and Grégrová *et al.* (2013)

cantidad de bulbos de calibre 4 se encuentran cuando se utiliza la concentración de QuitoMax® de 5 mg L<sup>-1</sup>, para el cultivar ‘Criollo-Víctor’ se obtienen la mayor cantidad de bulbos con calibre 4 cuando se utilizan concentraciones de QuitoMax® de 1,0 y 10,0 mg L<sup>-1</sup>.

Es necesario destacar que para este último cultivar (‘Criollo-Víctor’) el porcentaje de bulbos con calibre 4 solamente se presenta en las plantas tratadas con las dosis del bioestimulante QuitoMax®, esto pudiera tener una implicación comercial y económica importante una vez que el bulbo es el atributo comercial de este cultivo.

El aumento del diámetro del bulbo de ajo en plantas cultivadas con bioestimulantes ha sido reportado por varios autores Anjum *et al.* (2014); Denre *et al.* (2014); Paradjickovic *et al.* (2014); Zaki *et al.* (2014); Shafeek *et al.* (2015); Pupo *et al.* (2016); Balmori *et al.* (2019) en el estudio del efecto de la aplicación foliar de ácido húmico (AH) en el cultivo de ajo (Chinese cv.) en condiciones de campo, encontraron que las plantas tratadas con la mayor concentración de AH produjeron bulbos de mayor calibre. Los resultados de este trabajo indican que no siempre el uso de la mayor concentración del bioestimulante (QuitoMax®) conduce a la producción de bulbos de mayor diámetro.

Los resultados para la firmeza del bulbo se encuentran dentro del rango de valores reportados por Balmori *et al.* (2019), quienes utilizaron en el cultivo del clon ‘Criollo-9’ como bioestimulante, diluciones de un extracto húmico de vermicompost. No se encontraron diferencias significativas entre los clones ni entre las concentraciones de QuitoMax®. Esto último indica la posibilidad de que no exista una influencia de este bioestimulante sobre el número de catáfilas externas (hojas protectoras), que influye en la facilidad de desprendimiento de los bulbillos (Lopez *et al.*, 2012).

Para la pungencia (contenido de ácido pirúvico), que se corresponde con la concentración de aliina, sustrato precursor del olor y sabor del ajo Espinoza *et al.* (2010), se encontraron diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de QuitoMax® solamente para el clon ‘Criollo-Víctor’, siendo las concentraciones más elevadas del bioestimulante las de valores significativamente superiores. Estos resultados están en correspondencia con los de Denre *et al.* (2014), investigadores que en el estudio del efecto de diferentes concentraciones (100, 200, 300 y 400 ppm) de un ácido húmico comercial en la pungencia de la variedad de ajo Gangajali, encontraron un incremento significativo de este indicador a medida que aumenta la concentración del bioestimulante.

El °Brix es un indicador utilizado en la industria agroalimentaria para medir la cantidad aproximada de azúcares, aunque en realidad con esta escala se determina el contenido de sólidos soluble totales, siendo los más abundantes los azúcares y ácidos orgánicos (Domene & Segura, 2014). En la Figura 1 se observa que para el clon ‘Criollo-9’ la concentración de 1 mg L<sup>-1</sup> de QuitoMax® fue significativamente superior al resto de los tratamientos, mientras que para el clon ‘Criollo-Víctor’ no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Los valores de °Brix encontrados en este trabajo se encuentran un poco inferiores a los reportados en la literatura para este cultivar de 17,2 a 21,3 °Brix Izquierdo & Gómez (2012), así como los reportados por otros autores en otros cultivares como Pardo *et al.* (2007), quienes reportan rangos desde 25,1 hasta 29,4 ° y Grégrová

with reports from 31.6 to 38.7 °Brix. However, they are within the range of values reported by Balmori *et al* (2019) who made foliar applications of dilutions of an extract of humic substances in the cultivar ‘Criollo-9’. The results of °Brix found in this work indicate that there should be no changes in the carbohydrate content due to the use of QuitoMax®.

*et al* (2013) con reportes desde 31,6 hasta 38,7 °Brix. No obstante, están dentro del rango de valores reportados por Balmori *et al.* (2019), quienes realizaron aplicaciones foliares de diluciones de un extracto de sustancias húmicas en el cultivar ‘Criollo-9’. Los resultados de °Brix encontrados en este trabajo indican que no debe existir modificaciones en el contenido de carbohidratos por el uso del QuitoMax®.

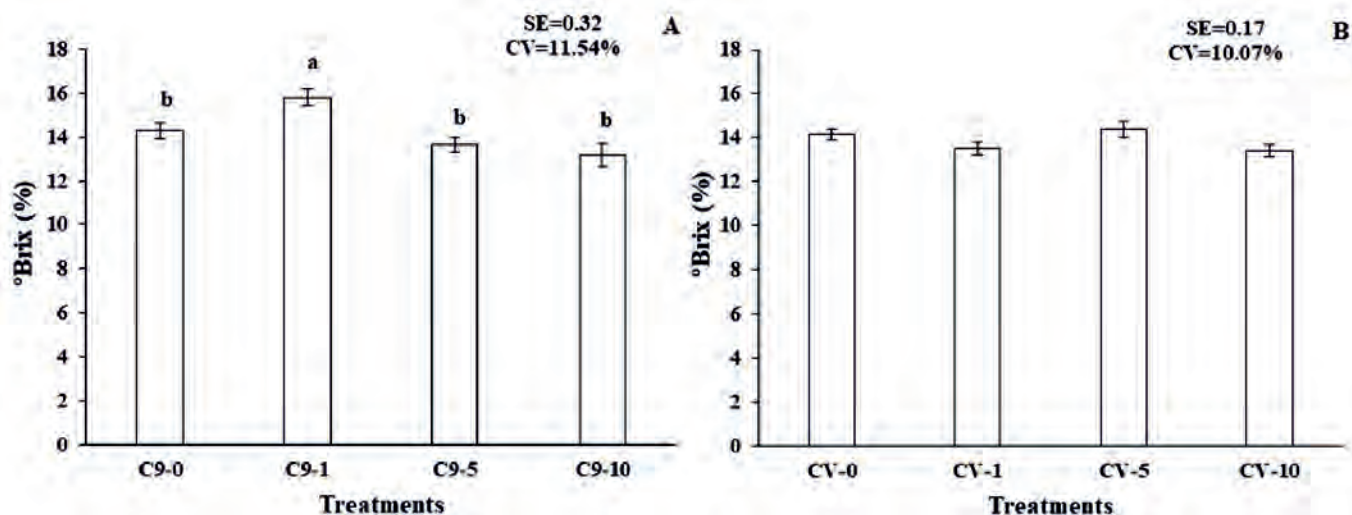


FIGURE 1. °Brix values of the extract of bulbs of garlic plants (*Allium sativum* L.) from clones ‘Criollo-9’ (A) and ‘Criollo-Victor’ (B) cultivated with different concentrations of QuitoMax®. (Means of three repetitions. Different letters represent significant statistical differences according to Tukey for  $p < 0.05$ ).  
 FIGURA 1. Valores de °Brix del extracto de bulbos de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) de los clones ‘Criollo-9’ (A) y ‘Criollo-Victor’ (B) cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. (Medias de tres repeticiones. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativa según Tukey para  $p < 0,05$ ).

### Physical-Chemical and Chemical Properties of Garlic Extract from Plants of ‘Criollo’ Clones Cultivated with Different Concentrations of QuitoMax®

For both cultivars of ‘Criollo’ clone, the use of QuitoMax® does not significantly modify the indicators of electrical conductivity (EC) and pH, while the titration acidity in the case of the ‘Criollo-Victor’ clone is significantly modified with the concentration of the biostimulant.

Electrical conductivity is an indicative of the content of total salts, as well as acidic and basic ionizable substances. Hydrogenium and hydroxyl ions are the ones that most contribution to the conductivity of a solution. The values found in this work are slightly lower than those of Balmori *et al* (2019), authors who did find significant differences between the dilutions tested of the humic extract and the control treatment.

The pH values, indicative of the concentration of  $H_3O^+$  ions in the extract, which comes from the acidic compounds present in it, are between 6.50-6.59, a range that corresponds to those reported by Pardo *et al* (2007) in 14 garlic cultivars: five of purple type (Moraluz, Morasol, Moratop, Mulvico and Planasa), 7 of white type (Basic, Corail, Cristo, Garcua, Ramses, Supreme and Thermidrome) and two of Chinese type (Planasa and Sprint). Other authors such as Espinoza *et al* (2010) working with six garlic cultivars (Cincomesino, Barranquino precoz, Mapuri, Alfa suquia, Pata de perro and Barranquino tardío) found lower pH ranges, as did Akan (2019) who reported a range from 5.5-6.33 for four varieties of garlic: French cultivar har-

### Propiedades físico-químicas y químicas del extracto de ajo de plantas de los clones ‘Criollo’ cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®

Para ambos cultivares del clon ‘Criollo’ el uso del QuitoMax® no modifica significativamente los indicadores de conductividad eléctrica (CE) y pH, mientras que la acidez valorable en el caso del clon ‘Criollo-Victor’ se modifica significativamente con la concentración del bioestimulante.

La conductividad eléctrica es un indicativo del contenido de sales totales, así como de sustancias ionizables ácidas y básicas. Los iones hidronio e hidroxilo son los que más contribuyen a la conductividad de una disolución. Los valores encontrados en este trabajo son ligeramente inferiores a los del trabajo de Balmori *et al.* (2019), autores que si encontraron diferencias significativas entre las diluciones ensayadas del extracto húmico y el tratamiento control.

Los valores de pH, indicativo de la concentración de iones  $H_3O^+$  en el extracto, que proviene de los compuestos ácidos presentes en el mismo, se encuentran entre 6,50-6,59, rango que se corresponde a los reportados por Pardo *et al.* (2007) en 14 cultivares de ajo: cinco de tipo púrpura (Moraluz, Morasol, Moratop, Mulvico y Planasa), 7 de tipo blanco (Basic, Corail, Cristo, Garcua, Ramses, Supreme y Thermidrome) y dos de tipo chino (Planasa y Sprint). Otros autores como Espinoza *et al* (2010) trabajando con seis cultivares de ajo (Cincomesino, Barranquino precoz, Mapuri, Alfa suquia, Pata de perro y Barranquino tardío) encontraron rangos de pH menores, al igual que Akan (2019), que reporta un rango de 5,5-6,33 para cuatro variedades de ajo: cultivar francés cosechado

vested in the eastern region of France (Nice), Spanish cultivar called 'Ajo Spring Blanco', Chinese cultivar from the province of Shandong and the cultivar 'Taşköprü' from of the district with the same name located in the Black Sea Region, northern part of Turkey. According to this author, pH levels are mainly determined by irrigation, fertilization and ecological conditions. The EC and acidity values of the extract of garlic plant bulbs from the 'Criollo 9' and 'Criollo Víctor' clones treated with different concentrations of QuitoMax® are presented in Table 4.

en la región este de Francia (Nice), cultivar español denominado 'Ajo Spring Blanco', cultivar chino de la provincia de Shandong y el cultivar 'Taşköprü' proveniente del distrito con igual nombre localizado en la Región del Mar Negro, parte norte de Turquía. Según este autor los niveles de pH están determinados principalmente por la irrigación, fertilización y condiciones ecológicas. Los valores de CE y acidez del extracto de bulbos de plantas de ajo de los clones "Criollo 9" y "Criollo Víctor" tratadas con diferentes concentraciones de QuitoMax® se presentan en la Tabla 4.

**TABLE 4. Values of electrical conductivity (EC), active acidity (pH) and measurable acidity (% organic acids) in the extract of bulbs of garlic plants (*Allium sativum* L.) from 'Criollo' clones cultivated with different concentrations of QuitoMax®. (Means of three repetitions. Different letters represent statistically significant differences according to Tukey for  $p < 0.05$ )**

**TABLA 4. Valores de conductividad eléctrica (CE), acidez activa (pH) y acidez valorable (% ácidos orgánicos) en el extracto de bulbos de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) de los clones 'Criollo' cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. (Medias de tres repeticiones. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativa según Tukey para  $p < 0,05$ )**

Treatments	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	% organic acids			
			Citric	Malic	Tartaric	pyruvic
<b>'Criollo-9'</b>						
C9-0	1631	6,56	0,37	0,40	0,44	0,51
C9-1	1751	6,56	0,32	0,34	0,38	0,44
C9-5	1660	6,59	0,32	0,34	0,38	0,44
C9-10	1728	6,50	0,37	0,40	0,44	0,51
Esx	34,18	0,019			0,012	
CV (%)	6,99	0,99			11,36	
<b>'Criollo Víctor'</b>						
CV-0	1869	6,53	0,32 b	0,34 b	0,38 b	0,44 b
CV-1	1705	6,54	0,19 c	0,20 c	0,22 c	0,26 c
CV-5	1855	6,56	0,42 a	0,44 a	0,49 a	0,57 a
CV-10	1732	6,52	0,40 a	0,43 a	0,48 a	0,55 a
Esx	46,48	0,06			0,03	
CV (%)	8,99	3,09			7,86	

The titration acidity of the garlic extract expressed as a function of the organic acids: citric, malic, tartaric and pyruvic, is significantly different between the biostimulant concentrations only for the 'Criollo-Víctor' clone. The highest concentrations (5 and 10  $\text{mg L}^{-1}$ ) of QuitoMax® significantly exceed the control treatment and the concentration of 1  $\text{mg L}^{-1}$  of the biostimulant is significantly lower than the rest of the treatments, results that correspond to those obtained for the Pungency indicator presented previously (Table 3).

The content of organic acids influences on the taste of food, color, microbial stability and the quality of preservation, while the content of organic compounds such as proteins and carbohydrates, are related to culinary and medicinal properties of garlic (Espinoza *et al.*, 2010). Figure 2 shows the results for the protein content in the garlic extract of both cultivars, observing that for the cultivar 'Criollo-9' there are no significant differences between the treatments, but in the cultivar 'Criollo-Víctor' the QuitoMax® concentration of 5  $\text{mg L}^{-1}$  significantly exceeds the rest of the treatments.

La acidez valorable del extracto de ajo expresada en función de los ácidos orgánicos: cítrico, málico, tartárico y pirúvico, es significativamente diferente entre las concentraciones del bioestimulante solamente para el clon 'Criollo-Víctor'. Las concentraciones más elevadas (5 y 10  $\text{mg L}^{-1}$ ) de QuitoMax® superan significativamente al tratamiento control y la concentración de 1  $\text{mg L}^{-1}$  del bioestimulante es significativamente menor al resto de los tratamientos, resultados que se corresponden con los obtenidos para el indicador pungencia presentados anteriormente (Tabla 3).

El contenido de ácidos orgánicos influye en el sabor de los alimentos, el color, la estabilidad microbiana y en la calidad de conservación, mientras que el contenido de compuestos orgánicos como por ejemplo las proteínas y los carbohidratos, están relacionados con las propiedades culinarias y medicinales del ajo (Espinoza *et al.*, 2010). En la Figura 2 se presentan los resultados para el contenido de proteínas en el extracto de ajo de ambos cultivares, observándose que para el cultivar 'Criollo-9' no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero en el cultivar 'Criollo-Víctor' la concentración de QuitoMax® de 5  $\text{mg L}^{-1}$  supera significativamente al resto de los tratamientos.



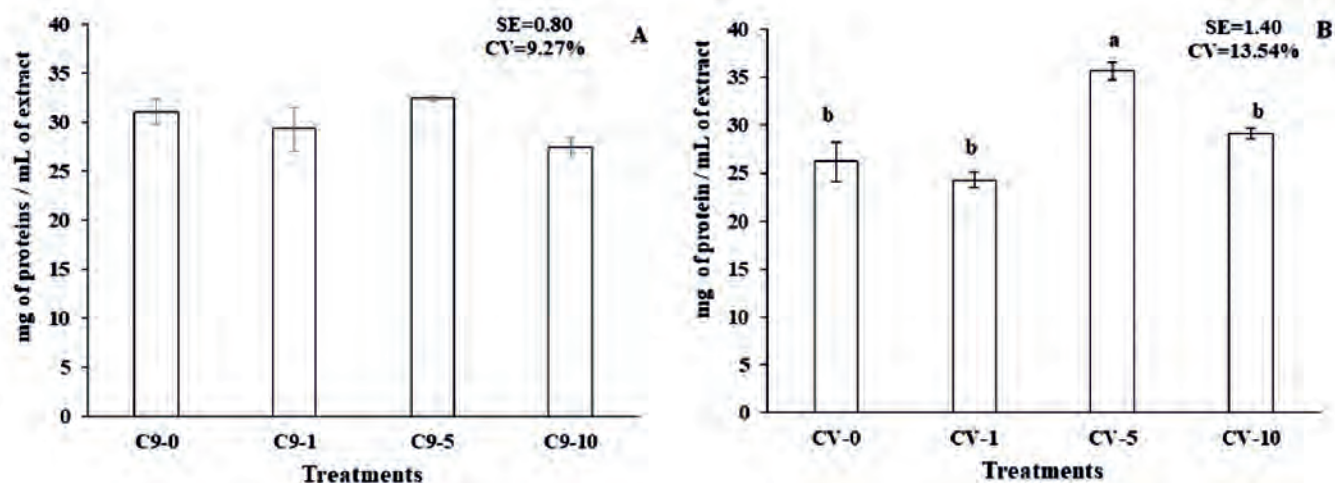


FIGURE 2. Total protein content in the extract of garlic plant bulbs (*Allium sativum* L.) from clones ‘Criollo-9’ (A) and ‘Criollo-Victor’ (B) cultivated with different concentrations of QuitoMax®. (Means of three repetitions. Different letters represent significant statistical differences according to Tukey for  $p < 0.05$ ).  
 FIGURA 2. Contenido de proteínas totales en el extracto de bulbos de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) de los clones ‘Criollo-9’ (A) y ‘Criollo-Victor’ (B) cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. (Medias de tres repeticiones. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativa según Tukey para  $p < 0,05$ ).

Increased protein concentration in plants cultivated with biostimulants has been reported by several authors (Anjum *et al.*, 2014; Shafeek *et al.*, 2015, Canellas *et al.*, 2015). In the consulted literature, few investigations were found where the content of N in the agricultural fruit of plants treated with QuitoMax® is reported. Fawzy *et al* (2012) report an increase in protein and nitrogen content in bulbs of garlic plants (Chinese cv.) cultivated with foliar application of Chito-Care®, a commercial product of chitosan from Egypt. Authors such as Sabreen & Mohsen (2015) studying the effect of foliar application of chitosan concentrations at concentrations of 0.05 and 10 g L<sup>-1</sup> in the pumpkin crop, found an increase of N content in the fruit when used the highest concentration of the biostimulant.

It is possible that the increase found in this study only for one of the concentrations in the cultivar ‘Criollo-Victor’ is conditioned by the form and time of application of the biostimulant. In this work, an imbibition of the cloves and a single foliar application are performed at 50 dap, while for example in the work by Sabreen & Mohsen (2015) in pumpkin, the foliar applications of chitosan were carried out three times with intervals of 10 days beginning at 25 days after planting. Another possibility could be the kind of chitosan, authors such as Costales *et al* (2016) point out that the degree of deacetylation and molecular mass of chitosan influence their biological response, information that is not generally found in commercial chitosan-based biostimulants.

Figure 3 shows the results for the content of reducing carbohydrates in garlic extract from plant bulbs treated with QuitoMax®, showing significant differences between treatments. For the ‘Criollo-9’ cultivar, all the concentrations of the biostimulant significantly exceed the control and the concentrations of QuitoMax® 5 and 10 mg L<sup>-1</sup> are significantly higher than 1 mg L<sup>-1</sup>. For the cultivar ‘Criollo-Victor’ a similar behavior is found,

El aumento de la concentración de proteínas en plantas cultivadas con bioestimulantes ha sido reportado por varios autores (Anjum *et al.*, 2014; Canellas *et al.*, 2015; Shafeek *et al.*, 2015). En la literatura consultada se encontraron pocas investigaciones donde se reporta el contenido de N en el fruto agrícola de plantas tratadas con QuitoMax®. Fawzy *et al.* (2012) reportan un aumento del contenido de proteínas y de nitrógeno en tejidos de bulbos de plantas de ajo (cv. Chinese) cultivadas con aplicación foliar de Chito-Care®, un producto comercial de quitosana de Egipto. Autores como Sabreen & Mohsen (2015), estudiando el efecto de la aplicación foliar de concentraciones de quitosana a concentraciones de 0,05 y 10 g L<sup>-1</sup> en el cultivo de la calabaza, encontraron un aumento del contenido de N en el fruto cuando se empleó la mayor concentración del bioestimulante.

Es posible que el incremento encontrado en este trabajo solamente para una de las concentraciones en el cultivar ‘Criollo-Victor’ esté condicionado por la forma y momento de aplicación del bioestimulante. En este trabajo se realiza una imbibición de los bulbillos y una única aplicación foliar a los 50 ddp, mientras que por ejemplo en el trabajo de Sabreen & Mohsen (2015) en calabaza, las aplicaciones foliares de quitosana se realizaron tres veces con intervalos de 10 días comenzando a los 25 días después de la siembra. Otra posibilidad pudiera ser el tipo de quitosana, autores como Costales *et al.* (2016), señalan que el grado de desacetilación y masa molecular de las quitosanas influyen en su respuesta biológica, información que generalmente no consta en los bioestimulantes comerciales a base de quitosana.

En la Figura 3 se muestran los resultados para el contenido de carbohidratos reductores en el extracto de ajo de bulbos de plantas tratados con QuitoMax®, observándose diferencias significativas entre los tratamientos. Para el cultivar ‘Criollo-9’ todas las concentraciones del bioestimulante superan significativamente al control, y las concentraciones de QuitoMax® 5 y 10 mg L<sup>-1</sup> son significativamente superiores a la de 1 mg L<sup>-1</sup>. Para el cultivar ‘Criollo-Victor’ se encuentra un comportamiento

all the treatments with the biostimulant concentrations are significantly higher than the control treatment with no significant differences between them.

to similar, todas los tratamientos con las concentraciones del bioestimulante son significativamente superiores al tratamiento control, no existiendo diferencias significativas entre ellas.

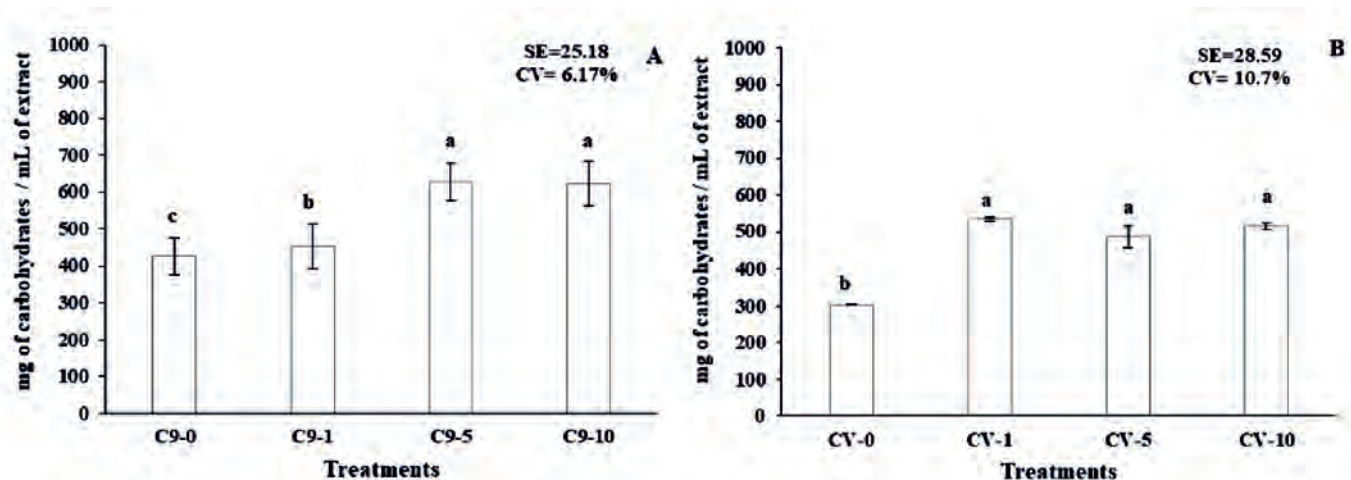


FIGURE 3. Reducing carbohydrate content in the extract of garlic plant bulbs (*Allium sativum* L.) from clones 'Criollo-9' (A) and 'Criollo-Victor' (B) cultivated with different concentrations of QuitoMax®. (Means of three repetitions). Different letters represent significant statistical differences according to Tukey for  $p < 0.05$ .  
 FIGURA 3. Contenido de carbohidratos reductores en el extracto de bulbos de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) de los clones 'Criollo-9' (A) y 'Criollo-Victor' (B) cultivadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. (Medias de tres repeticiones. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativa según Tukey para  $p < 0,05$ ).

These results do not correspond to those of °Brix (Figure 1) where no significant modifications were found, which is logical since it is not about the content of total carbohydrates, but only the content of carbohydrates that contain a potentially free carbonyl group (monosaccharides and reducing disaccharides). Polysaccharides are not quantified by this technique because although they have the carbonyl group, it is small in the macromolecule and does not react.

In order to establish a relationship between °Brix and carbohydrate content, it would be necessary to determine the total carbohydrate content, and especially of fructanes, such as scodorse, reserve polysaccharide and more abundant in garlic that has been related to the quality of the bulb (Argüello *et al.*, 2006). Another possible correlation would be from the identification of the carbohydrates present in the garlic extract by techniques such as high-performance liquid chromatography (HPLC). Investigations about the influence of QuitoMax® on carbohydrate metabolism were not found. Chitosan stimulates the physiological processes in the plant and increases the size of the cells, which makes the nutrients easier to be assimilated by the plant, increasing its growth, development and yields (Rodríguez *et al.*, 2017).

Even though integral mechanization of garlic cultivation is not common in Cuba, machinery such as planters or harvesters can save time and field labor. Other machinery such as sorters contributes to increasing yields and quality (López *et al.*, 2012). Knowledge of the physical, mechanical and chemical properties of garlic is of great importance for the mechanization of this crop and its commercial destination. The efficiency of the sheller / sorting machines depends on the caliber, firmness, number of fertile leaves, number and degree of humidity of external cataphiles. In addition, one of the most common errors in the use of planters is the poor

Estos resultados no se corresponden con los de °Brix (Figura 1) donde no se encontraron modificaciones significativas, lo que es lógico ya que no se trata del contenido de carbohidratos totales sino solamente del contenido de carbohidratos que contienen un grupo carbonilo potencialmente libre (monosacáridos y disacáridos reductores). Los polisacáridos no son cuantificados por esta técnica debido a que, aunque poseen el grupo carbonilo, éste es pequeño en la macromolécula y no reacciona.

Para establecer alguna relación entre °Brix y contenido de carbohidratos sería necesario realizar la determinación del contenido de carbohidratos totales, y en especial de fructanos, como por ejemplo la escodorsa, polisacárido de reserva y más abundante en el ajo que ha sido relacionado con la calidad del bulbo (Argüello *et al.*, 2006). Otra posible correlación sería a partir de la identificación de los carbohidratos presentes en el extracto de ajo por técnicas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Investigaciones acerca de la influencia del QuitoMax® en el metabolismo de carbohidratos no fueron encontrados. La quitosana estimula los procesos fisiológicos en la planta e incrementa el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por la planta, aumentando su crecimiento y desarrollo, y los rendimientos (Rodríguez *et al.*, 2017).

Aun cuando en Cuba no es común la mecanización integral del cultivo de ajo, maquinarias como las plantadoras o cosechadoras pueden ahorrar tiempo y mano de obra. Otras maquinarias como las seleccionadoras y las clasificadoras contribuyen al aumento de los rendimientos y la calidad (Lopez *et al.*, 2012). El conocimiento de las propiedades físico mecánicas y químicas del ajo reviste gran importancia para la mecanización de este cultivo y su destino comercial. La eficiencia de las máquinas desgranadoras / seleccionadoras depende del calibre, firmeza, número de hojas fértiles, número y grado de humedad de catáfilas externas. Además, uno de los errores más comunes en

calibration of the cloves (López *et al.*, 2012). The elements described above and the quantification of the chemical compounds in the different varieties of garlic are important factors when selecting the cultivars with the best chemical characteristics for the food or pharmaceutical industry (Espinoza *et al.*, 2010).

Several authors have justified the different values of the indicators evaluated in this study by the origin of the garlic, the type of soil where the planting was carried out, the cultural attentions provided and environmental factors. According to Akan (2019), the effect of the variety is significant in morphological indicators, but not in the case of biochemical indicators, suggesting that this latter behavior can be explained by genetic and environmental conditions. In this work, both cultivars were planted under the same experimental conditions, so the responses to the application of QuitoMax® would be conditioned by the type of cultivar.

## CONCLUSIONS

- With the use of biostimulants, not only to increase the size of the agricultural fruit is intended, but also to avoid an alteration to the detriment of the already established quality values for the fruit. In this work, there were no notable variations in garlic quality parameters for both clones, making it possible to use QuitoMax® in the production of this crop. The few modifications found in the quality indicators evaluated (size, pungency, % of organic acids, content of reducing carbohydrates and proteins) contribute to the increase in internal quality and depend on the concentration of the biostimulant and the variety.

## REFERENCES

- AKAN, S.: "Evaluation and Comparison of Some Parameters in Four Garlic Varieties", *Jurnal Universitas Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4): 1866-1875, 2019, ISSN: 2536-4618, e-ISSN: 2146-0574, DOI: <https://dx.doi.org/10.21597/jist.541783>.
- ANJUM, K.; AHMED, M.; BABER, K.J.; ALIZAI, A.M.; AHMED, N.; TAREEN, H.M.: "Response of garlic bulb yield to bio-stimulant (bio-cozyme) under calcareous soil", *Life Science International Journal*, 8(1-4): 3058-3062, 2014, ISSN: 0024-3205.
- ARGÜELLO, J.A.; LEDESMA, A.; NÚÑEZ, S.B.; RODRÍGUEZ, C.H.; GOLDFARB, D.M. del C.: "Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado Paraguayo garlic bulbs", *HortScience*, 41(3): 589-592, 2006, ISSN: 0018-5345.
- BALMORI, D.; DOMÍNGUEZ, C.; CARRERAS, C.; REBATOS, S.; FARÍAS, L.; IZQUIERDO, F.; BERBARA, R.; GARCÍA, A.C.: "Foliar application of humic liquid extract from vermicompost improves garlic (*Allium sativum* L.) production and fruit quality", *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1): 103-112, 2019, ISSN: 2195-3228, DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s40093-019-0279-1>.
- BENKEBLIA, N.: "Phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase, pyruvic acid and total phenolics variations in onion bulbs during long-term storage", *LWT-Food Science and Technology*, 33(2): 112-116, 2000, ISSN: 0023-6438, DOI: <https://dx.doi.org/10.1006/fstl.1999.0624>.
- CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; ALESSANDRO P.: "Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture", *Scientia horticultrae*, 196: 15-27, 2015, ISSN: 0304-4238, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>.
- CÁSSERES, B.J.L.: *Obtención de nuevos cultivares de ajo*, no. 2, Inst. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Cincuenta Temas Sobre la Producción Ajo, La Consulta, Mendoza, Argentina, 49-56 p., 1997.
- COSTALES, D.; FALCÓN, R.A.; NÁPOLES, M.C.; DE WINTER, J.; GERBAUX, P.; ONDERWATER, R.C.A.; WATTIEZ, R.; CABRERA, J.C.: "Effect of chitosaccharides in nodulation and growth in vitro of inoculated soybean", *American Journal of Plant Sciences*, 7: 1380-1391, 2016, DOI: <https://dx.doi.org/10.4236/ajps.2016.79131>.
- DENRE, M.; GHANTI, S.; SARKAR, K.: "Effect of humic acid application on accumulation of mineral nutrition and pungency in garlic (*Allium sativum* L.)", *International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research*, 5(2): 7-12, 2014, ISSN: 2141-2154, DOI: <https://dx.doi.org/10.5897/IJBMBR2014.0186>.
- DOMENE, M.A.; SEGURA, M.: "Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria", *Negocios Agroalimentario Cooper Cajamar Fichas de Transferencia*, 5: 1-18, 2014.

el uso de las plantadoras es la mala calibración de los bulbillos (Lopez *et al.*, 2012). Los elementos descritos anteriormente y la cuantificación de los compuestos químicos en las diferentes variedades de ajo, son un factor importante a la hora de seleccionar los cultivares con mejores características químicas para la industria alimentaria o farmacéutica (Espinoza *et al.*, 2010).

Varios autores han justificado los diferentes valores de los indicadores evaluados en este estudio por la procedencia del ajo, el tipo de suelo donde se realizó la siembra, las atenciones culturales realizadas y factores ambientales. Según Akan (2019), el efecto de la variedad es significativo en indicadores morfológicos, pero no para el caso de indicadores bioquímicos, sugiriendo que este último comportamiento puede ser explicado por condiciones genéticas y ambientales. En este trabajo ambos cultivares se plantaron bajo las mismas condiciones experimentales, por lo que las respuestas ante la aplicación del QuitoMax® estarían condicionadas por el tipo de cultivar.

## CONCLUSIONES

- Con el uso de bioestimulantes no solamente se pretende un mayor tamaño del fruto agrícola sino también que no se produzca una alteración en detrimento de los valores ya establecidos de calidad para el fruto. En este trabajo no se evidenciaron notables variaciones en los parámetros de calidad del ajo para ambos clones, por lo que es posible el uso del QuitoMax® en la producción de este cultivo. Las pocas modificaciones encontradas en los indicadores de calidad evaluados (calibre, pungencia, % de ácidos orgánicos, contenido de carbohidratos reductores y proteínas) contribuyen al incremento de la calidad interna y dependen de la concentración del bioestimulante y la variedad.

- DROBEK, M.; FRĄC, M.; CYBULSKA, J.: “Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—a review”, *Agronomy*, 9(6): 335, 2019, DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/agronomy9060335>.
- DU JARDIN, P.: “Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation”, *Scientia Horticulturae*, 196: 3-14, 2015, ISSN: 0304-4238.
- ESPINOZA, C.F.W.; RÍOS, R.E.M.; ELÍAS, P.C.C.A.: “Determinación de fenoles totales, fructanos y pungencia en seis cultivares de ajos (*Allium sativum* L.) en el Perú”, *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(1): 101-109, 2010, ISSN: 1810-634X.
- FAWZY, Z.F.; EL-SHAL, Z.S.; LI, Y.S.; ZHU, O.; SAWAN, O.M.: “Response of garlic (*Allium sativum*, L.) plants to foliar spraying of some bio-stimulants under sandy soil condition.”, *Journal of applied sciences research*, (February): 770-776, 2012, ISSN: 1819-544X.
- GREGROVA, A.; ČÍŽKOVÁ, H.; BULANTOVA, I.; RAJCHL, A.; VOLDRICH, M.: “Characteristics of garlic of the Czech origin”, *Czech Journal of Food Sciences*, 31(6): 581-588, 2013, ISSN: 1805-9317.
- HERNÁNDEZ, J.A.; PÉREZ, J.J.M.; BOSCH, I.D.; CASTRO, S.N.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, vol. 93, San Jose de las Lajas, Mayabeque. Cuba, 91 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- IZQUIERDO, O.H.; GÓMEZ, O.: “Criollo-9, un cultivar de ajo resistente a las enfermedades fitopatógenas y elevado potencial de rendimiento”, *Cultivos Tropicales*, 33(2): 68-68, 2012, ISSN: 0258-5936, e-ISSN: 1819-4087.
- LOPEZ, A.M.; BURBA, J.L.; LANZAVECHIA, S.: *Análisis sobre la mecanización del cultivo de ajo*, Inst. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Proyecto Ajo Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, La Consulta, Mendoza, Argentina, 2012.
- MORALES, G.D.; DELL AMICO, R.J.; JEREZ, M.E.; HERNÁNDEZ, Y.D.; MARTÍN, M.R.: “Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Cultivos Tropicales*, 37(1): 142-147, 2016, ISSN: 0258-5936, e-ISSN: 1819-4087.
- NOELTING, G.; BERNFELD, P.: “Sur les enzymes amylolytiques. III. La  $\alpha$ -amilase: dosage d'activité et controle de l'absence d' -amilase”, *Helv. Chim. Acta*, 31: 286-290, 1948, DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/hlca.19480310637>.
- PARADJIKOVIC, N.; TKALEC, M.; VINKOVIC, S.: “Biostimulant application in transplants production of *Allium sativum* L. and Wild roses (*Rosa canina* L.)”, En: *Fifth International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2014”*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 23-26, 2014, *Book of proceedings: Fifth International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2014”*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 23-26, 2014, Ed. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 694-699, 2014, DOI: <https://dx.doi.org/10.7251/agsyl.40469.4p>.
- PARDO, J.E.; ESCRIBANO, J.; GOMEZ, R.; ALVARRUIZ, A.: “Physical–chemical and sensory quality evaluation of garlic cultivars”, *Journal of Food Quality*, 30(5): 609-622, 2007, ISSN: 0146-9428, DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00146.x>.
- PUPO, F.C.; GONZÁLEZ, R.G.; CARMENATE, F.O.; PEÑA, M.L.; PÉREZ, L.V.; RODRÍGUEZ, O.E.: “Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba”, *Cultivos Tropicales*, 37(4): 57-66, 2016, ISSN: 0258-5936, e-ISSN: 1819-4087.
- RODRÍGUEZ, A.; COMPANIONI, N.; PEÑA, E.; CAÑET, F.; FRESNEDA, J.; ESTRADA, J.; REY, R.; FERNÁNDEZ, E.; VÁZQUEZ, L.; AVILÉS, R.: *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*, Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), ACTAF ed., La Habana, Cuba, 6-23 p., 2010.
- RODRÍGUEZ, P.A.T.; RAMÍREZ, A.M.Á.; FALCÓN, R.A.; BAUTISTA, B.S.; VENTURA, Z.E.; VALLE, F.Y.: “Effect of QuitoMax® on yield and its components of rice cultivar (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5.”, *Cultivos Tropicales*, 38(4): 156-159, 2017, ISSN: 0258-5936, e-ISSN: 1819-4087.
- SABREEN, I.K.A.; MOHSEN, A.A.: “Effect of chitosan and nitrogen rates on growth and productivity of summer squash plants”, *Middle East J. Agric. Res.*, 4(4): 673-681, 2015, ISSN: 2077-4605.
- SHAFEEK, M.R.; ALI, A.H.; MAHMOUD, A.R.; HAFEZ, M.M.; RIZK, F.A.: “Improving growth and productivity of garlic plants (*Allium sativum* L.) as affected by the addition of organic manure and humic acid levels in sandy soil conditions.”, *International journal of current microbiology and applied sciences*, 4(9): 644-656, 2015, ISSN: 2319-7692, e-ISSN: 2319-7706.
- ZAKI, H.; TONEY, H.; ABD ELRAOUF, R.: “Response of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.) to inorganic and organic fertilization”, *Nature and Science*, 12(10): 52-60, 2014, ISSN: 1545-0740.

*Dariellys Martínez-Balmori*, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [darielly@unah.edu.cu](mailto:darielly@unah.edu.cu)

*Liane Portuondo-Farías*, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [lianehabana@gmail.com](mailto:lianehabana@gmail.com)

*Annarellis ÁlvarezPinedo*, Prof. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Agrícola, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [annarellis@unah.edu.cu](mailto:annarellis@unah.edu.cu)

*Reinier Méndez-Serpa*, estudiante de quinto año, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [darielly@unah.edu.cu](mailto:darielly@unah.edu.cu)

*Saturnina Mesa-Rebato*, Prof. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [satur@unah.edu.cu](mailto:satur@unah.edu.cu)

*Iván Castro-Lizazo*, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, Autopista Nacional y carretera Tapaste km 23½ CP: 32700, Apartado Postal: 18-19. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. e-mail: [ivanc@unah.edu.cu](mailto:ivanc@unah.edu.cu)

*Humberto Izquierdo-Oviedo*, Investigador Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Departamento de Fisiología Vegetal, e-mail: [hioviedo@inca.edu.cu](mailto:hioviedo@inca.edu.cu)

The authors of this work declare that they have no conflict of interest.

This article is subject to the Creative Commons 4.0 International Attribution-Non-Commercial License (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.