

## **Desarrollo, producción y la composición de capsaicina de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno en Pucallpa**

### **Development, production and capsaicin composition of Charapita chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) grown in nutrient solution with different nitrogen levels in Pucallpa**

Harry Enrique Pinedo Sánchez<sup>1</sup> y Fernando Pérez Leal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. E-mail: [harry.pinedo@hotmail.com](mailto:harry.pinedo@hotmail.com); [fernandoperez57@yahoo.com](mailto:fernandoperez57@yahoo.com)

#### **Resumen**

La investigación se desarrolló en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, evaluándose el desarrollo, producción y la composición de capsaicina del ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno. Los tratamientos establecidos para el presente experimento fueron: T1: Completo (Solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon como testigo absoluto), T2: completo + 25% N, T3: Completo + 50% N y T4: Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa (testigo parcial). El tratamiento que más afectó el crecimiento y desarrollo vegetativo fue el T3 quien presentó menores promedios en: longitud de raíz, volumen de raíces, tamaño de hojas, área foliar, número de frutos y número de semillas por fruto. Además, sus síntomas de sobredosis fueron: color verde intenso en el tallo y hojas, tanto en jóvenes como adultas, con raíces marrón claro comenzando del ápice hasta extenderse a toda la raíz. Asimismo, de acuerdo con el análisis de cromatografía HPLC para determinar el contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita, el resultado muestra que a medida que se incrementa el Nitrógeno en la solución nutritiva disminuye el contenido de capsaicina, pero aumenta el contenido de dihidrocapsaicina. Además, cualquier restricción de nutrientes después de 45 días de establecido el cultivo de ají charapita en solución nutritiva genera incrementos de estos alcaloides.

**Palabras clave:** Solución nutritiva, niveles de nitrógeno, crecimiento, desarrollo, Capsaicina.

#### **Abstract**

The investigation was developed in the module of hydroponics of the National University of Ucayali, it was evaluated the development, production and the composition of capsaicin of the chili charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivated in nutritious solution with different levels of nitrogen. The treatments established for the present experiment were: T1 Complete (Complete nutritive solution of Hoagland and Arnon as absolute control), T2 Complete + 25% N, T3 Complete + 50% N and T4 Distilled water from 45 days of established in complete nutritive solution (partial control). The treatment that most affected vegetative growth and development was T3, which presented lower averages in: root length, root volume, leaf size, leaf area, number of fruits and number of seeds per fruit. In addition, its overdose symptoms were: intense green color in the stem and leaves, both in young and adult, with light brown roots starting from the apex to extend to the entire root. Also, according to the analysis of HPLC chromatography to determine the content of capsaicin and dihydrocapsaicin in chili charapita, the result shows that as the Nitrogen in the nutritive solution increases, the content of capsaicin decreases, but the content of dihydrocapsaicin increases. In addition, any restriction of nutrients after 45 days of established the culture of chili charapita in nutritious solution generates increases of these alkaloids.

**Keywords:** Nutritive solution, nitrogen levels, growth, development, Capsaicin.

## Introducción

*Capsicum frutescens* L. es un arbusto que pertenece a la familia de las solanáceas, una de las 5 especies sembradas del género *Capsicum*, que concede diversas variedades cultivadas más picantes de ají. La Amazonía Peruana cuenta con una variedad de *Capsicum frutescens* L. y se le conoce como ají charapita, es muy querido y exquisito en la gastronomía (Selvanet, 2010).

En la gastronomía amazónica, es muy popular debido a su buen sabor y aroma. Se comercializa en el mercado local y nacional como fruto fresco, se utiliza entero, picado, congelado, enlatado, en la elaboración de deshidratados, encurtidos, macerados con limón, ensaladas, ceviches (Villachica, 1996).

En el presente trabajo se ha puesto énfasis en el estudio de los distintos factores que afectan el normal crecimiento y desarrollo de este cultivo, y la producción capsaicina y dihidrocapsaicina en donde los elementos esenciales macronutrientes cumplen un papel importante en la estructura y metabolismo vegetal. Está orientado a conseguir información respecto al ají charapita, y el efecto que causa el exceso de nitrógeno en este cultivo teniendo los siguientes objetivos:

Evaluar el crecimiento, desarrollo y contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina del ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes

niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

Determinar los síntomas visuales que causan los diferentes niveles de nitrógeno en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

## Metodología

### Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km. 6 de la Carretera Federico Basadre, región Ucayali. Se trabajó durante 5 meses, iniciándose con la fase de almacigo el 22 de mayo de 2018 y culminó el 15 de septiembre de 2018.

### Selección de la planta madre.

La planta madre seleccionada tuvo una altura de 1 m, con un diámetro de copa de 90 cm.

### Selección de los frutos.

Una vez obtenida los frutos cosechados de la planta madre se realizó la selección se consideró los siguientes criterios: Madurez total (color naranja), forma y tamaño uniforme (redondos), frutos de tamaño grande, se descartó los frutos que presentaron menor tamaño, deformes o algún tipo de daño.

### Fase de almacigo.



Se realizó en cama germinadora, conteniendo arena de río. Luego se sometió a un proceso de desinfección empleando una solución de Hipoclorito de Sodio al 2% a razón de 400 ml/m<sup>2</sup> para después lavada con agua a temperatura ambiente para eliminar los restos del desinfectante, dejándolo 24 horas. Una vez desinfectado el sustrato, se niveló con ayuda de una tabla, dejando así la cama germinadora lista para la siembra.

**Siembra de las semillas.**

La prueba de germinación nos dio como resultado hasta el 95%. La germinación se contó hasta el décimo día después de la siembra. 1g de semilla tiene aproximadamente 454 semillas de ají charapita. Las semillas de ají charapita fueron remojadas un día antes de la siembra, después se realizó la desinfección con Tiofanate metil + tiram, a una dosis de 3g en 250ml de agua, dejando remojar las semillas por 20 minutos, la cantidad de semilla que se empleó fue de 1g teniendo como densidad de siembra 1g de semilla/m<sup>2</sup>.

**Tabla 1**

*Contenido de macronutrientes en ppm en 5 ml/L de cada solución madre para la simbología A, B, C, D, y 7,5 ml/L para la simbología G.*

Tratamiento	Simbología									
	A		B		C		D		G	
	Ca	N	K	N	Mg	S	K	P	N	
T1 Completo (testigo absoluto)	200	140	195	70	48	64	39	31,9	---	
T2 completo + 25% N	200	140	195	70	48	64	39	31,9	52,5	
T3 Completo + 50% N	200	140	195	70	48	64	39	31,9	105	
T4 Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa (testigo parcial).	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	

\*La simbología A representa a la sustancia nitrato de calcio, B= nitrato de potasio C= Sulfato de magnesio, D= fosfato monopotásico y G= Nitrato de amonio y este último nos permitió incrementar el contenido del nitrógeno al 25% y 50%.

**Días a la germinación.**

Se observó que al quinto día empezaron a germinar (40%) obteniendo al octavo día el 75% y hasta los 10 días después de la siembra el 95% de germinación.

**Recipientes para el cultivo.**

Se utilizaron baldes de plástico de 4 litros, con la tapa perforada en la parte central de 1 pulgada de diámetro. Los cuales fueron

pintados con pintura esmalte de color plomo como base, para luego después de secarse ser pintados de color blanco, con la finalidad de que los rayos del sol no lleguen a la solución nutritiva y prevenir el crecimiento de algas dentro de éstas, asimismo, repeler los rayos solares. Posteriormente fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2%, seguidamente se enjuagaron 2 a 3 veces con agua destilada. Luego procedimos a etiquetar a cada balde





con su respectiva clave. Según tratamiento, para posteriormente ser ubicados bajo un techo con malla verde (Raschel) de 50% de sombra.

#### **Preparación de la solución nutritiva.**

Se usaron reactivos de laboratorio de macro y micronutrientes. Se prepararon las soluciones nutritivas de Hoagland y Arnon (1950), empleando agua destilada estéril. Para obtener la solución stock completa y con excedente de nitrógeno se prepararon de acuerdo con las siguientes tablas.

#### **Cambios de solución nutritiva.**

Esta labor se realizó cada 15 días desde el primer día del trasplante; haciendo un total de 6 cambios de solución nutritiva durante todo el desarrollo del experimento. Consistió en desechar y colocar nueva solución nutritiva en los baldes con la finalidad de mantener en condiciones adecuadas el contenido de nutrientes, ya que a medida que la planta crece su requerimiento nutricional aumenta, además, de esta manera se renueva el pH y C.E., ya que un pH ácido puede afectar el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

**Tabla 2**

*Prueba de promedios de Tukey para las variables crecimiento en estudio.*

Tratamientos	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíces (cm)	Volumen de raíces (cm <sup>3</sup> )	Altura de planta (cm)	Diámetro de copa (cm)	Número de hojas (unidades)	Tamaño de hoja (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Número de ramas primarias (unidades)
T1: Solución completa	13,10 a	27,30 b	80,75 a	59,50 c	40,25 c	617,75 a	8,21 a	3346,36 a	6,50 a
T2: Solución completa + 25% de nitrógeno	12,47 b	27,15 c	74,50 b	73,00 b	44,00 b	603,00 c	8,02 b	3012,22 b	5,00 b
T3: Solución completa + 50% de nitrógeno	12,07 b	22,25 d	52,75 c	80,25 a	49,50 a	611,25 b	7,17 c	2851,60 c	5,00 b
T4: Agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa	11,25 c	35,25 a	37,33 d	53,15 d	38,00 d	168,87. d	4,67 d	815,18 d	4,75 b

\*Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas. (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

#### **Resultados y discusión**

#### **variables crecimiento y desarrollo**

*Análisis estadístico del efecto de los diferentes niveles de nitrógeno sobre las*

Realizado la comparación de medias y el análisis de varianza de las variables



crecimiento y desarrollo, los resultados de estas variables según los tratamientos estudiados durante los 90 días de permanencia del cultivo en sustancias nutritivas se presentan en los siguientes cuadros 2 y 3.

Al efectuar la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey ( $P < 0,05$ ), para la variable diámetro del tallo se encontró que el T1 presentó un promedio mayor con 13,10mm, el T2 presentó un promedio de 12,47mm, T3 presentó un promedio de 12,07, y finalmente el T4 obtuvo el menor promedio de 11,25mm.

Para la variable longitud de raíces, se encontró que el T4 obtuvo el mayor promedio con 35,25 cm, el T1 presentó un promedio de 27,30 cm, el T2 presentó un promedio de 27,15 cm, y finalmente el T3 presentó un menor promedio con 22,25 cm de longitud.

Para la variable volumen de raíces, se encontró que el T1 presentó un promedio mayor con 80,75 cm<sup>3</sup>, el T2 presentó un promedio de 74,50 cm<sup>3</sup>, el T3 presentó un promedio de 52,75 cm<sup>3</sup>, y finalmente el T4 obtuvo el menor promedio con 37,33 cm<sup>3</sup> de volumen.

En cuanto a la altura de planta, se encontró que el T<sup>3</sup> presentó un mayor promedio con 80,25 cm, seguido del T2 el cual presentó un promedio de 73 cm, este último seguido del T1 que presentó un promedio de 59,50 cm, mientras que el T4 obtuvo el menor promedio con 53,15 cm de altura.

Para la variable diámetro de copa, se encontró que el T3 presentó mayor promedio del diámetro de copa con 49,50 cm, seguido del el T2 que presentó un promedio de 44 cm, este último seguido del T1 que presentó un promedio de 40,25 cm, y finalmente el que obtuvo el menor promedio fue el T4 con 38 cm.

Para la variable número de hojas por planta, se encontró que el T1 presentó un mayor promedio con 617,75 hojas por planta, seguido por el T3 quien presentó 611,25 hojas, el T2 que presentó un promedio de 603 hojas, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, el cual obtuvo un promedio de 168 hojas por planta, presentando defoliación.

En la tabla 3 se puede observar que para la variable tamaño de las hojas, se encontró que el T1 presentó un mayor promedio con 8,21 cm, seguido por el T2 que presentó un promedio de 8,02 cm y el T3 que presentó 7,17 cm, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, el cual obtuvo un promedio de 4,67 cm de longitud.

Asimismo se encontró que el T1 presentó un mayor promedio con 3346,36 cm<sup>2</sup> de área foliar por planta, seguido por el T2 que presentó 3012,22 cm<sup>2</sup> de área foliar por planta, el T3 presentó un promedio de 2851 cm<sup>2</sup> de área foliar por planta y el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, el cual obtuvo un promedio de 815,18 cm<sup>2</sup> de área foliar por planta.



Por otro lado se encontró que el T1 presentó un mayor promedio con 6,5 ramas por planta, seguido por el T3 y el T2 quienes presentaron un promedio de 5 ramas por

planta, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, el cual obtuvo un promedio 4,75 ramas por planta.

**Tabla 3**

*Prueba de promedios de Tukey para las variables desarrollo en estudio.*

Tratamientos	Variables del desarrollo en estudio				
	Número de frutos (unidades)	Peso promedio del fruto (g)	Número de semillas por fruto (unidades)	Peso fresco de la planta (g)	Peso seco de la planta (g)
T1: Solución completa	259,00 a	0,63 a	29,5 ab	176,12 c	32,65 c
T2: Solución completa + 25% de nitrógeno	243,75 b	0,60 b	29,97 a	191,40 b	45,34 b
T3: Solución Completa + 50% de nitrógeno	222,87 c	0,60 b	29,25 b	213,21 a	51,04 a
T4: Agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa	21,87 d	0,59 c	24,50 c	100,41 d	22,40 d

\*Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas. (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

En cuanto a los frutos el T1 presentó un mayor promedio con 259 frutos por planta, seguido por el T2 que presentó un promedio de 243,75 frutos por planta, el T3 presentó un promedio de 222,87 frutos por planta y el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, que obtuvo 21,87 frutos por planta.

Para la variable peso promedio del fruto por planta, se encontró que el T1 presentó un mayor promedio con 0,63 g de fruto por planta, seguido por el T2 que presentó un promedio de 0,60 g de fruto por planta, el T3 presentó un promedio de 0,60 g de fruto por planta, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T4, obtuvo un menor promedio con 0,59 g de fruto por planta.

En cuanto al número de semillas por frutos, se

encontró que el T2 presentó un mayor promedio con 29,97 semillas por fruto de ají, seguido del T1 que presentó un promedio de 29,5 semillas por fruto de ají, el T3 tuvo menor promedio con 29,97 semillas por frutos, y el T4, obtuvo un menor promedio que el resto de los tratamientos, con 24,5 semillas por fruto.

El T3 presentó el mayor promedio de peso fresco de planta con 213,21 gramos, seguido del T2 que presentó un promedio de 191,40 gramos de peso fresco por planta, el T1 presentó un promedio de 176,12 gramos de peso fresco por planta siendo menor que el T3 y T2, finalmente el tratamiento que presentó menor peso fresco fue el T4, el cual obtuvo un promedio de 100,41 gramos por planta.



Para la variable peso seco de planta, se encontró que el T3 presentó un mayor contenido de peso seco con 51,04 gramos de peso seco por planta, el T2 presentó un promedio de 45,34 g, el T1 presentó un promedio de 32,65 g, el T4 obtuvo un menor promedio con 22,40 g.

***Síntomas que ocasionan los diferentes niveles de nitrógeno en ají charapita (*Capsicum frutescens L.*), bajo condiciones de pucallpa.***

En cuanto a los síntomas que ocasionan los diferentes niveles de nitrógeno en ají charapita, se obtuvieron los siguientes resultados.

***T1 Solución nutritiva completa.***

La solución nutritiva completa se le consideró como testigo, para comparar las diferencias entre los tratamientos. El promedio de las horas luz fue de 5,02 horas, durante los 90 días de establecidas las plantas de ají charapita en solución nutritiva para todos los tratamientos. No se observaron síntomas de deficiencia en cuanto a color, forma, tamaño y localización, el aspecto general de las plantas tenía una apariencia y tamaño normal con relación a los demás tratamientos, estas presentaban hojas enteras de color verde oscuro, el inicio de la floración a los 44 días (después/trasplante), el inicio de fructificación a los 48 días (d/t.), en un 100 % de las plantas en estudio con relación a los demás tratamientos.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Bonilla (2008), quien dijo que los macronutrientes son elementos constituyentes de las biomoléculas estructurales (N, P, S), tales como proteínas, lípidos o carbohidratos, o pueden actuar como osmolitos (K), sus concentraciones en los tejidos de las plantas pueden variar considerablemente dependiendo de la especie, la edad de la planta y el nivel de otros elementos.



**Figura 1.** A) Aspecto de la raíz, B) planta completa; del tratamiento con solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.



**Figura 2.** A) planta completa, B) llenado de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento con solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno.

### ***T2 Solución nutritiva completa + 25% de Nitrógeno.***

El T2 presentó un color verde intenso en hojas, tallos y brotes, las hojas se presentaron ligeramente inclinado hacia abajo, la lámina foliar era más grande que el T3 y el T4, este tratamiento incluso presento mayor altura que el testigo T1, pero inferior al T3, las raíces se presentaron moderadamente pobladas y largas de color marrón claro a crema, medianamente abúndate y casi del mismo tamaño que el testigo T1, sobre esto Wild (1992), menciona que el nitrógeno forma parte de un gran número de compuestos orgánicos, incluidas hormonas de crecimiento; participa en la estructura de todas las proteínas, de los ácidos nucleicos, y además se encuentra como constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos y en varias coenzimas.

A los elementos minerales (Barceló 2001), los clasificó en cuatro grupos: ubicando en el Grupo I al N, S, P por ser componentes biológicos de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, e intermediarios metabólicos, y en el Grupo II al K, Ca, y Mg que son activadores enzimáticos o elementos requeridos para la activación de enzimas específicos.

***T3 Solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno.*** Al principio el exceso en las hojas presentaron un color verde intenso, tanto

jóvenes como adultas, presentando buen follaje, en la última etapa de evaluación presentaron hojas más pequeñas que el testigo (T1), haciendo una planta con aspecto a una coloración verde intenso (para el T3), presentado el T2 menor tonalidad que el T3, los entrenudos son más largos, presentando mayor altura de planta que el T1, asimismo presentó el tallo un color verde intenso a diferencia de los demás tratamientos, en cuanto a diámetro del tallo tuvieron menor diámetro que el T1. Asimismo, hay presencia de flores al término de la última evaluación.



**Figura 3.** A) planta completa, B) llenado y maduración de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento con solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno.

Las raíces detuvieron su crecimiento y presentó una coloración marrón claro comenzando por el ápice hasta extenderse a toda la raíz. Asimismo, el T2 presentó raíces moderadamente pobladas y largas, el T3 presentó raíces moderadamente pobladas y más cortas que el T2 debido a que el exceso de Nitrógeno se manifestó con mayor claridad en el tratamiento T3.

Por otro lado, se menciona que el contenido relativo de cada elemento no es el mismo en las distintas especies de vegetales, ni en una misma especie en distintas condiciones de cultivo, ni tampoco en los distintos órganos de una misma planta (Salisbury, 2000).

#### ***T4 Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en Solución Nutritiva.***

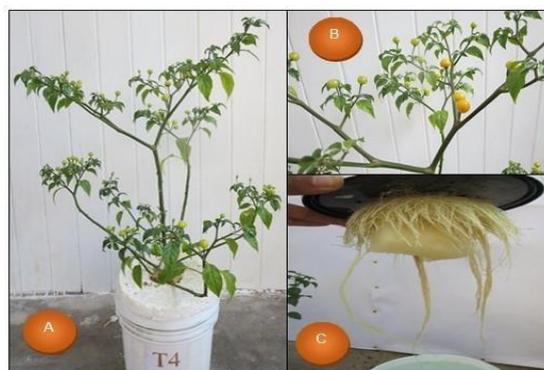
Este tratamiento fue considerado un testigo parcial, debido a que primero estuvo 45 días en solución nutritiva y luego 45 días en agua destilada, es decir hasta el final del experimento, lo que le permitió llegar a la etapa de fructificación hasta la maduración del fruto y poder realizar las comparaciones con los demás tratamientos. Los síntomas de deficiencia de este tratamiento aparecieron a las dos semanas de establecido en agua destilada, mostrándose una clorosis generalizada de la planta iniciándose en las hojas bajas y finalmente afectando a todas las hojas, en las hojas jóvenes empiezan a amarillarse desde la base, mientras que en las adultas desde el ápice hasta la base; así mismo, las hojas se desprenden fácilmente de la planta.

La caída de las hojas viejas comienza a partir de los 15 días de establecido en el tratamiento (60 días después de trasplante), en cuanto a las raíces, presentaron raíces poco abundantes y largas, esto se debe a que las plantas de este tratamiento utilizan más energía en hacer crecer sus raíces para explorar áreas más

extensas en busca de nutrientes, finalmente se tornaron blanquecinas y detuvieron su crecimiento.

Estos resultados concuerdan con la afirmación de Salisbury (2000), al indicar que la deficiencia de un elemento nutritivo en la planta dará como consecuencia irregularidades en su metabolismo y en el crecimiento de la planta, pudiendo ocasionar pérdida de peso y afectar así mismo a otros parámetros.

Según Barceló (2001), los macronutrientes también llamados elementos mayores, porque la planta los requiere en mayores proporciones, son el N, P, K, Ca, Mg, y S, y su contenido en los vegetales se expresa en valores porcentuales.



**Figura 4.** A) planta completa, B) llenado y maduración de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva de Hoagland y Arnon

#### ***Análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita (*Capsicum frutescens* L.).***

Los resultados del análisis de cromatografía HPLC, para determinar el contenido de capsaicina en ají charapita, mostraron el



siguiente resultado, el T4 obtuvo el mayor promedio en cuanto a este nivel con 506,69  $\mu\text{g/g}$  de muestra, seguido por el T1 quien presentó un promedio de 426,46  $\mu\text{g/g}$  de muestra, el T2 presentó un promedio de 389,89  $\mu\text{g/g}$  de muestra, y finalmente el T3 presentó el menor promedio con 370,46  $\mu\text{g/g}$  de muestra de fruto de ají charapita.

Asimismo, Los resultados para determinar el

contenido de dihidrocapsaicina en ají charapita, mostraron el siguiente resultado, el T2 presentó un nivel alto para dihidrocapsaicina con un promedio de 196,89  $\mu\text{g/g}$  de muestra, seguido del T3 quien presentó 151,21  $\mu\text{g/g}$  de muestra, el T4 presentó un promedio de 145,14  $\mu\text{g/g}$  de muestra, y finalmente el T1 presentó el menor promedio con 143,69  $\mu\text{g/g}$  de muestra para dihidrocapsaicina.

**Tabla 4**

*Resultados de análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita (Capsicum frutescens L.), por cromatografía HPLC.*

Tratamiento	Muestra por tratamiento	Contenido ( $\mu\text{g/g}$ de muestra fresca)	
		Capsaicina	Dihidrocapsaicina
T1	Muestra 1	426,46 $\pm$ 14,12	143,69 $\pm$ 3,58
T2	Muestra 2	389,89 $\pm$ 8,42	196,89 $\pm$ 4,49
T3	Muestra 3	370,46 $\pm$ 9,12	151,21 $\pm$ 3,66
T4	Muestra 4	506,69 $\pm$ 11,46	145,14 $\pm$ 3,67

En cuanto al contenido de Capsaicina, estos resultados nos arrojan dos datos importantes, el primero está relacionado al T4 que estuvo en solución nutritiva completa durante 45 días para luego reemplazarlo por agua destilada hasta el final del experimento, las reservas acumuladas en la planta le permitieron llegar hasta la producción. Por lo tanto, ante la ausencia de solución nutritiva la planta utilizará todos los recursos con los que cuente para producir una semilla viable, lo que justificaría que el fruto presente un nivel tan alto de capsaicina; lo segundo está relacionado al exceso de nitrógeno en T2 y T3 en plantas de ají charapita, se determinó que el exceso de este elemento disminuye

significativamente el nivel de capsaicina en los frutos, es decir que a mayor aplicación de nitrógeno menor contenido de capsaicina, mientras el T1 se mantiene a un nivel promedio. En cuanto al contenido de dihidrocapsaicina, estos resultados nos indica que existe una alteración en los componentes nutricionales del ají charapita, ya sea por ausencia de nutrientes o exceso de nitrógeno, lo que genera un aumento significativo en el nivel de dihidrocapsaicina en sus frutos.

Rojas (2016), utilizó la misma metodología con la cual realizamos el análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en nuestro estudio y determinó que el nivel de capsaicina para frutos frescos de ají charapita cultivados en



campo definitivo es de 239,8  $\mu\text{g/g}$ , siendo este valor inferior al T1 quien obtuvo un valor de 426,46  $\mu\text{g/g}$ , incluso los tratamientos con exceso de nitrógeno presentaron promedios mayores, estos resultados nos indica que las plantas cultivadas con soluciones nutritivas presentan promedios superiores que aquellas plantas que se cultivan en otras condiciones. Además, determinó que el nivel de dihidrocapsaicina para frutos frescos de ají charapita cultivados en campo definitivo es de 90,9  $\mu\text{g/g}$ , lo cual nos indica que las plantas cultivadas en soluciones nutritivas obtienen niveles más altos de estos capsaicinoides, con niveles que oscilan entre 143,69  $\mu\text{g/g}$  como se muestra en el resultado del análisis del T1 hasta 196,89  $\mu\text{g/g}$  como se muestra en el resultado del análisis del T2.

La homocapsaicina produce poco ardor en la garganta, con una sensación lenta de pungencia a través de ella (Krajewska, 2001).

Evidentemente todos los capsaicinoides actúan juntos para producir la pungencia de los chiles, pero la capsaicina es el más fuerte de todos los compuestos. La fórmula molecular de los capsaicinoides menos activos en pungencia (Krajewska, 2001).

### Conclusiones

En cuanto a los parámetros evaluados y estudiados se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, observando que las plantas cultivadas en T1, se mostraron superiores al T2 seguido del T3

y T4.

El T3, presentó mayor altura seguido del T2, T1 y T4, observándose además que a mayor altura de planta, mayor diámetro de copa, esto demuestra que existe una relación directa entre estas dos variables y que el exceso de nitrógeno influye significativamente en el crecimiento de plantas de ají charapita cultivados en soluciones nutritivas.

Las plantas de ají que presentaron menor diámetro de tallo, son aquellas que fueron sembradas con exceso de nitrógeno (T2 y T3), y en ausencia de solución mineral (T4), lo mismo ocurre con el volumen de raíces, donde se determinó que el T1 presentó mayor volumen de raíz que los tratamientos con exceso de nitrógeno (T2 y T3) y en ausencia de solución mineral (T4), esto nos indica que existe una relación inversa entre el diámetro del tallo y volumen de raíces con el exceso de nitrógeno o en ausencia de macro y micronutrientes en ají charapita.

Las raíces de las plantas de ají charapita cultivadas en ausencia de macro y micronutrientes T4, presentan las raíces más largas, con relación al T1, T2 y T3, esto nos indica que las plantas carentes de nutrientes reducen su crecimiento aéreo, pero aumenta su crecimiento radicular, esto lo hacen con la intención de tener una mayor área de exploración radicular en busca de los nutrientes.

En cuanto al área foliar, se pudo



determinar que el T1 fue superior al T2, seguido del T3 y T4, esto nos demuestra que los niveles de nitrógeno estudiados generaron toxicidad, lo cual influye significativamente disminuyendo el número y tamaño de las hojas para el cultivo de ají charapita, asimismo, en ausencia de macro y microelementos el área foliar disminuye considerablemente.

El número de ramas primarias de ají charapita disminuye significativamente con el incremento del nitrógeno en la solución nutritiva, donde observamos que el T1 fue superior al T2 y T3, sin embargo, estos dos últimos no presentaron diferencias significativas entre ellos y tampoco con el T4, debido a que el T4 estuvo 45 días cultivado en solución nutritiva para luego ser reemplazado por agua destilada hasta el final del experimento, lo que le permitió en este primer periodo (45 días cultivados en solución nutritiva) que la planta emita sus ramas primarias, esto nos indica que las plantas de ají charapita cultivadas en solución nutritiva forman sus ramas primarias en los primeros dos meses de crecimiento, pero si existe un exceso de nitrógeno, así como la ausencia de macro y microelementos entonces disminuye la emergencia de nuevas ramas primarias.

En cuanto al número de frutos y peso promedio de fruto por planta, se determinó que el T1 fue superior a los tratamientos T2, T3 y T4, asimismo, se observó que a medida

que se incrementa la concentración de nitrógeno dentro de la solución nutritiva se produce una reducción en el número y peso de frutos de ají charapita, como también en las plantas cultivadas en ausencia de macro y micronutrientes.

En cuanto al peso fresco y seco de las plantas de ají charapita, se determinó que el exceso de nitrógeno influye significativamente en el incremento de materia fresca y seca, en plantas sembradas en soluciones nutritivas, siendo el T3 superior a todos los tratamientos estudiados seguido del T2, T1 y T4.

El tratamiento que más afectó el crecimiento y desarrollo vegetativo fue el T3, quien presentó menores promedios en: longitud de raíz, volumen de raíces, tamaño de hojas, área foliar, número de frutos y número de semillas por fruto. Además, sus síntomas de sobredosis fueron: color verde intenso en el tallo y hojas, tanto en jóvenes como adultas, con raíces marrón claro comenzando del ápice hasta extenderse a toda la raíz. Asimismo, de acuerdo con el análisis químico el T3 presentó menor contenido de capsaicina versus T1, T2 y T4, sin embargo, en cuanto al contenido de dihidrocapsaicina fue superior al T1 y T4 siendo inferior al T2. Por lo tanto, se afirma que, a medida que se incrementa el nitrógeno en la solución nutritiva disminuye el contenido de capsaicina, pero aumenta el contenido de dihidrocapsaicina.

#### Agradecimientos



Esta investigación fue posible gracias al apoyo de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarnos sus instalaciones, y al Ing. Fernando Pérez Leal, Dr.

### Referencia bibliográfica

Barceló, C. 2001. Fisiología Vegetal. Edic. Pirámide. Madrid. (Grupo Anaya), S. A.). 126 p.

Bonilla, I. 2008. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. En: Azcón-Bieto, A. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de la fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. 121p.

Krajewska, A. 2001. Sensory properties of naturally occurring capsaicinoids. Pp. 902-905.

Pérez, L. 1998. Manual de prácticas de cultivos hidropónicos, 9 p.

Rojas, R. 2016. Ajíes nativos peruanos. Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial, Universidad Nacional Cayetano Heredia, 1<sup>era</sup> edición, 120 p.

Salisbury, F. 2000. Fisiología de las plantas. Editorial Paraninfo Thomson Learning, Madrid 215 p.

Selvanet, P. 2010. Selva Net maravilla natural (2010), consultado en <https://selvanet20.blogspot.pe/2010/08/aji-charapicapsic.frutescens.html>, el 12/10/18.

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima – Perú.

Wild, A. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. En: Wild, A. (ed.). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 119 p.