

APLICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HIDROLIZADOS DEL PROCESO DE PELAMBRE ENZIMÁTICO COMO FUENTE DE AMINOÁCIDOS LIBRES EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ

**Luisiana Vega Zavaleta,
Lena Tellez Monzón
Cecilia Nieto Aravena,
Mary Flor Césare Coral,
Natalia Vega Zavaleta,
Rocio Vargas Parker,
Lizardo Visitación Figueroa
Universidad Nacional Agraria La Molina**

Saber y Hacer

Revista de Ingeniería de la USIL

Vol. 1, Nº 2, Segundo semestre 2014. pp. 22-33

“Aplicación de residuos sólidos hidrolizados del proceso de pelambre enzimático como fuente de aminoácidos libres en el crecimiento de plántulas de maíz”

Luisiana Vega Zavaleta^{1*}, Lena Tellez Monzón¹, Cecilia Nieto Aravena¹, Mary Flor Césare Coral¹, Natalia Vega Zavaleta¹, Rocio Vargas Parker², Lizardo Visitación Figueroa¹

Universidad Nacional Agraria La Molina

Recibido: 07.08.14

Aprobado: 29.08.14

1 Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental del Departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias de la UNALM Lima – Perú, *luisiana_vega@hotmail.com

2 HELIANTHUS SAC, Laboratorio de desarrollo e investigación Curtiembre, Av. Guardia Civil #314 Chorrillos - Lima – Perú, helianthus@speedy.com.pe, rvargpark@yahoo.com, Tlf: 2516000

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto del uso de residuos sólidos hidrolizados provenientes del proceso de pelambre enzimático de la industria de curtiembre sobre el crecimiento de plántulas de maíz. Los residuos sólidos del proceso de pelambre enzimático están conformados por pelos, cuya composición química es la queratina. Estos residuos fueron sometidos a una hidrólisis alcalina, a condiciones de 0.50 gramos de hidróxido de calcio por gramo de residuo sólido, 90 °C, ocho horas y en agitación constante. La fase líquida del producto hidrolizado fue utilizada para preparar las concentraciones de 1, 4, 8, 12 y 16%, que se aplicaron a las plántulas de maíz como agua de riego.

Las variables analizadas, nitrógeno en hoja fresca, altura de maíz y largo de hoja, presentaron relación directa con

las concentraciones evaluadas, ya que el hidrolizado aporta principalmente nitrógeno, en la forma de aminoácidos libres, que estimula positivamente el crecimiento de las plantas. Además, se determinó que el tratamiento de 12% del hidrolizado de residuos sólidos presentó los mejores resultados en altura de maíz, largo de hoja y nitrógeno en hoja fresca, que fueron de 51.34, 39.83 y 37.68%, respectivamente, superiores al blanco que consistía solo en agua potable. Se puede concluir que el residuo líquido de queratina hidrolizada aporta aminoácidos libres en la planta, lo que constituye un nutriente y factor regulador del crecimiento.

Palabras clave: Pelambre enzimático, residuo sólido, aminoácidos libres.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of using hydrolyzed solid waste from the enzymatic unhairing process in the tanning industry on the growth of maize seedlings. Solid waste from the process of enzymatic unhairing is made up of hair, whose chemical composition is keratin. These residues were subjected to an alkaline hydrolysis, under conditions of 0.50 grams of calcium hydroxide per gram of solid residue, 90°C, for eight hours and under constant stirring. The liquid phase of the hydrolyzed product was used to prepare the concentrations of 1, 4, 8, 12 and 16%, which was applied to maize seedlings as irrigation water.

The analyzed variables: fresh leaf nitrogen, corn height and leaf length, showed a direct

relationship with the concentrations evaluated, because the hydrolyzate contributes mainly nitrogen in the form of free amino acids, which positively stimulates the growth of plants. Furthermore, it was found that a 12% solid residue hydrolyzate treatment produced the best results in corn height, leaf length and in fresh leaf nitrogen, which were 51.34%, 39.83% and 37.68%, respectively, higher than the target, which was just drinking water. It can be concluded that the liquid residue of hydrolyzed keratin releases free amino acids in the plant, which is a nutrient and growth regulating factor.

Keywords: enzymatic unhairing, solid waste, free amino acids.

INTRODUCCIÓN

El pelambre enzimático es un proceso alternativo al convencional, dentro de la industria del cuero, que si bien evita que el efluente final presente una alta carga contaminante por no destruir el pelo mediante el uso de químicos, genera residuos sólidos de pelo con alto potencial de reaprovechamiento por su valor proteico, pero difícilmente asimilables por sus propiedades características.

En el proceso de pelambre enzimático se recupera en promedio 6.2% de residuo sólido con respecto al peso de las pieles fresco saladas de vacuno (Helianthus S.A.C. & Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013). Estos residuos sólidos están constituidos principalmente por pelo entero, que representa un alto contenido de queratina y presenta baja biodegradabilidad, creando importantes problemas ecológicos y sanitarios por su almacenamiento y disposición final, ya que son quemados y predominantemente desechados en botaderos (Nustorova, Braikova, Gousterova, Vasileva-Tonkova & Nedkov, 2006).

La queratina, proteína del pelo, se caracteriza por su alta estabilidad y baja solubilidad debido a sus enlaces disulfuros. El residuo sólido del pelambre enzimático resulta ser una fuente potencialmente valiosa de

proteína, pero es totalmente esencial mejorar la digestibilidad a través de procesamientos de hidrólisis que permitan romper los fuertes enlaces y, en consecuencia, obtener proteína soluble, péptido de menor tamaño y aminoácidos libres (Chojnacka, Górecka, Michalak & Górecki, 2011).

La fertilización de algunas plantas con aminoácidos y péptidos de cadena corta provenientes de la hidrólisis del residuo sólido de pelo genera notables beneficios. Puede servir como el principal recurso de nitrógeno para producir aminoácidos a partir de los aminoácidos aportados o incluso para la síntesis de proteínas que requiere la planta. A nivel foliar, beneficia en la apertura de los estomas para el adecuado balance hídrico de la planta, absorción de macro y micronutrientes y, también, de gases. Asimismo, los aminoácidos crean sitios de quelación de nutrientes como cobre, manganeso y zinc, que facilitan la absorción y transporte de los mismos (Jie, Raza, Xu & Shen, 2008).

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto en el crecimiento de plántulas de maíz mediante la aplicación de residuos sólidos hidrolizados del proceso de pelambre de una curtiembre.

PARTE EXPERIMENTAL

El sustrato se obtuvo del proceso de pelambre enzimático realizado en la Planta Piloto de la empresa HELIANTHUS S.A.C. La investigación se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Química

de la Facultad de Ciencias y en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Hidrólisis del residuo sólido del proceso de pelambre

La hidrólisis del residuo sólido se efectuó en un reactor de 1 litro de capacidad. El residuo sólido (pelo) del proceso de pelambre se utilizó como sustrato, a una concentración de 40 gramos de residuo sólido por litro de solución. El agente hidrolizante fue el hidróxido de calcio, a una dosis de 0.50 gramos de hidróxido de calcio por gramo de residuo sólido. La experimentación se llevó

a cabo a 90 °C de temperatura constante, por un periodo de ocho horas y en agitación constante.

Para la presente investigación se trabajó únicamente con la fase líquida del producto de la hidrólisis del residuo sólido.

Caracterización del hidrolizado

El hidrolizado obtenido fue caracterizado utilizando los siguientes métodos:

Tabla 1
Parámetros y métodos para caracterización de hidrolizado

Parámetros	Unidad	Método
pH	-	Electrométrico
Conductividad eléctrica	mS/cm	Electrométrico
Nitrógeno total	mg/L	AOAC International Official Methods of Analysis 19th Edition, 2012. 973.48
Proteína total	mg/L	AOAC International Official Methods of Analysis 19th Edition, 2012. 973.48
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Standard Methods 20th Edition 4500- NH3-C
Nitrato	mg/L	Standard Methods 20th Edition 4500 NO3
Fósforo	mg/L	AOAC International Official Methods of Analysis 19th Edition, 2012. 973.55
Potasio	mg/L	AOAC International Official Methods of Analysis 19th Edition, 2012. 973.53
Aminoácidos libres	%	Analytical Biochemistry 136, 65-74 1984

Fuente: Elaboración propia

Aplicación del hidrolizado en plántulas de maíz

Se utilizaron macetas de plásticos que contenían 60 gramos de suelo franco. En cada maceta se sembró cuatro semillas de maíz, que fueron regadas diariamente con 100 mililitros de agua potable por un lapso de 15 días. Culminado este periodo se aplicaron los tratamientos, cada uno con tres repeticiones y un blanco. Se aplicaron cinco tratamientos con diferentes concentraciones del hidrolizado

(1, 4, 8, 12 y 16%), el pH se ajustó a 6.5 y se midió la conductividad eléctrica. Los tratamientos fueron aplicados en un volumen de 100 mililitros exclusivamente los días jueves durante siete semanas; además, la adición de agua, posterior a los 15 primeros días, dependía de la necesidad de la planta y de las condiciones climáticas.

Después de siete semanas de experimentación, se realizó la evaluación de las siguientes variables en la plántula: altura de planta, largo de hoja, peso de hoja fresco y seco, peso de

tallo fresco y seco, peso de raíz fresco y seco, y nitrógeno en hoja fresca y seca.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, inicialmente se realizó la Correlación de Pearson para identificar cuál de las seis variables se

relaciona directamente con los tratamientos con el hidrolizado. Una vez identificadas las variables, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, ambos con un nivel de confianza del 95%, para reconocer los efectos significativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del hidrolizado

Los resultados obtenidos de la caracterización del hidrolizado de residuos sólidos de pelambre enzimático se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Caracterización del hidrolizado de residuos sólidos de pelambre

Parámetros	Valor
pH	10.43
Conductividad eléctrica (mS/cm)	2.72
Proteína total (mg/L)	17815.81
Nitrógeno total kjeldahl (mg/L)	2850.53
Nitrógeno orgánico (mg/L)	2316.20
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	534.33
Aminoácidos libres (%)	58.21
Ácido glutámico	10.53
Leucina	7.89
Arginina	5.79
Prolina	5.26
Fenilalanina	5.26
Glicina	4.74
Valina	3.68
Tirosina	2.68
Ácido aspártico	2.63
Treonina	2.63
Alanina	2.63
Lisina	2.11
Serina	1.58
Metionina	0.53
Histidina	0.26
Nitrato (mg/L)	2.4
Fosforo (mg/L)	N.D.
Potasio (mg/L)	0.18

Fuente: Elaboración propia

El hidrolizado presentó 17815.81 mg/L de proteína total. El contenido de nitrógeno total kjeldahl fue de 0.29%, el cual comprendía 0.24% de nitrógeno orgánico, representado por péptidos y aminoácidos, y 0.05% de nitrógeno inorgánico de la forma amoniacal. El nitrógeno es el nutriente más importante para el desarrollo de la planta, dada su abundancia en las principales biomoléculas de la materia viva; si a esto añadimos que los suelos suelen ser más deficientes en nitrógeno que en cualquier otro elemento, no resulta extraño que sea el nitrógeno, junto con el fósforo y el potasio, el elemento clave para la nutrición mineral (Azcón-Bieto & Talón, 2008).

El contenido de aminoácidos libres fue de 58.21%, y los aminoácidos que se presentan en mayor concentración son ácido glutámico (1875.35 mg/L), leucina (1406.51 mg/L), arginina (1031.44 mg/L), prolina (937.67 mg/L) y fenilalanina (937.67mg/L). Espasa (1983) menciona que los aminoácidos libres

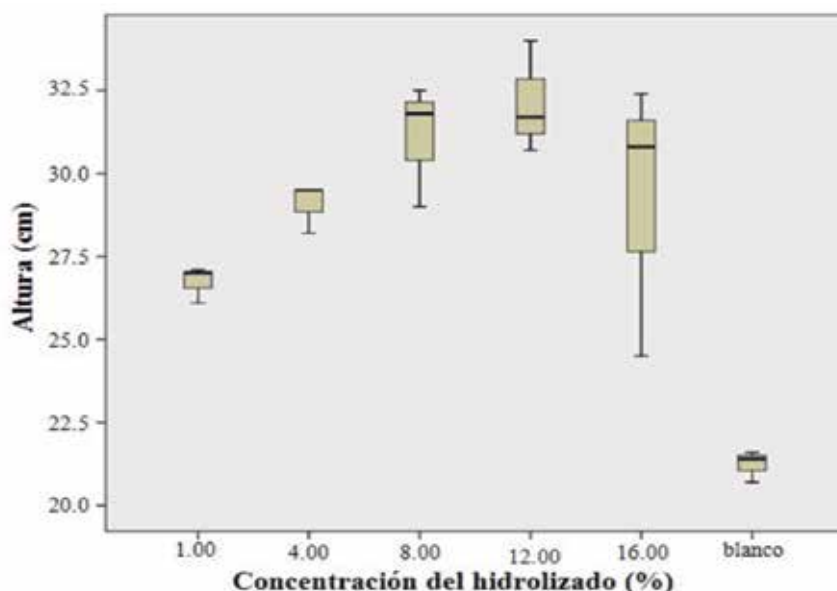
–y, por lo tanto, los hidrolizados de proteína– no solo constituyen un nutriente, sino que son un factor regulador del crecimiento para las plantas.

El contenido de fósforo y potasio en el líquido hidrolizado es despreciable. Por consiguiente, solo se le puede atribuir el aporte de nitrógeno en las formas de aminoácidos y péptidos, mas no de otro nutriente.

Aplicación del hidrolizado en plántulas de maíz

Según lo obtenido por Pearson, las variables analizadas que muestran una correlación positiva (valor de correlación entre 0.5 y 1) con respecto a la concentración del hidrolizado son: altura de maíz (0.702), largo de hoja (0.656) y nitrógeno en hoja fresca (0.771). A partir de estas variables se realizó la interpretación de la estadística descriptiva y pruebas estadísticas.

Figura 1
Diagrama de cajas y bigotes de la altura de la plántula de maíz con la concentración del hidrolizado.

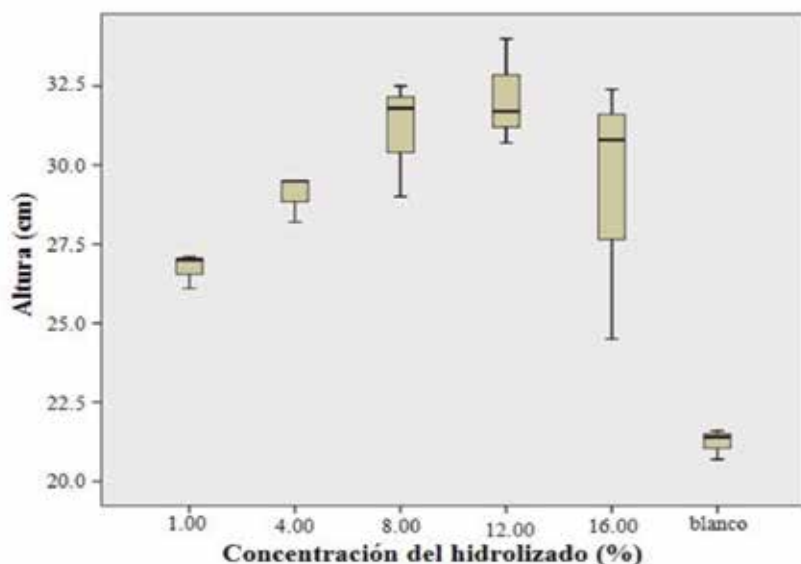


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 1, al adicionar el hidrolizado en una concentración de 12%, la altura de las muestras de maíz supera en 51.34% la altura del blanco, mientras que, al 8% del hidrolizado, supera en 46.47% la altura del blanco. El tratamiento al 12% genera un mejor efecto en relación con los demás tratamientos, con una altura promedio

de 32.13 cm; seguido por el tratamiento al 8%, que presentó una altura de 31.10 cm. Al evaluar la prueba de Tukey, se determinó estadísticamente que los tratamientos del hidrolizado a concentraciones de 4, 8, 12 y 16% son significativos frente al blanco ($p < 0.05$).

Figura 2
Diagrama de cajas y bigotes del largo de hoja de la plántula de maíz con la concentración del hidrolizado.



Fuente: Elaboración propia

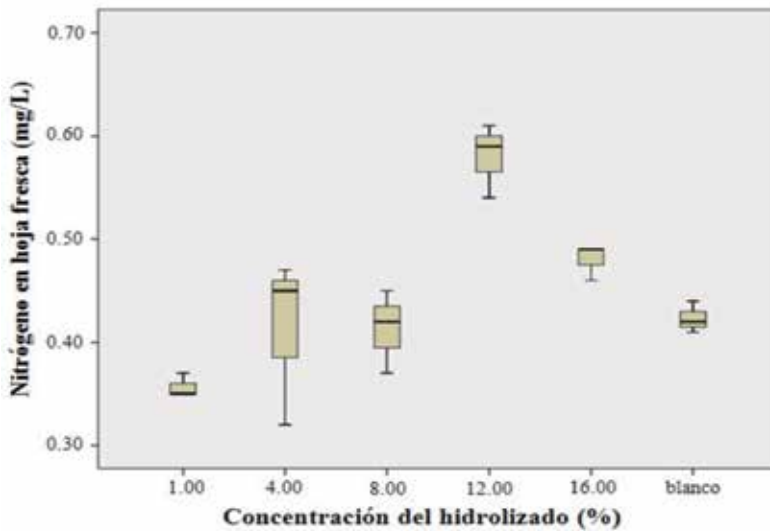
Como se observa en la figura 2, la adición del hidrolizado a una concentración de 8% presenta un largo de hoja promedio de 23.567 cm, que supera en 49.79% al largo de hoja del blanco; la concentración de 12% presentó un largo promedio de 22.00 cm, superando al blanco en 39.83%. A través de la prueba de Tukey se identificó que los tratamientos de 8 y 12% del hidrolizado son significativos estadísticamente con respecto al blanco ($p < 0.05$).

Las variables de crecimiento, altura de maíz y largo de hoja respondieron mejor a los tratamientos del hidrolizado frente al blanco,

ya que los primeros aportaron nitrógeno principalmente en la forma de aminoácidos libres, mientras que el blanco no tuvo un aporte significativo de nutrientes pues consistía solo en agua de riego. Además, el hidrolizado contenía 10.53% de ácido glutámico, que estimula el crecimiento (Arjona, 2014); 7.89% de leucina, aminoácido que promueve la síntesis de fitohormonas de crecimiento llamadas giberelinas, cuyo efecto fisiológico más notable es inducir el crecimiento en altura (Jordán & Casaretto, 2006), y 5.26% de prolina, cuyo beneficio en el crecimiento de las plantas ha sido comprobado (Espasa, 1983).

Figura 3

Diagrama de cajas y bigotes del contenido de nitrógeno en hoja fresca de la plántula de maíz con la concentración del hidrolizado.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 3, el tratamiento con el 12% del hidrolizado aporta el mayor promedio de nitrógeno en hoja fresca, de 0.581 mg/L. Al evaluar la prueba de Tukey se determinó estadísticamente que el tratamiento de 12% del hidrolizado fue significativo con respecto al blanco.

CONCLUSIONES

Los tratamientos del hidrolizado de residuos sólidos del proceso de pelambre enzimático presentaron resultados favorables frente al blanco al ser aplicados en plántulas de maíz, ya que los primeros contienen proteína soluble, que es fácilmente asimilable por las plantas en forma de compuestos nitrogenados como los aminoácidos, entre cuyas propiedades está favorecer la nutrición y regular el crecimiento en las plantas.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a la empresa HELIANTHUS S.A.C y al Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental (CIQTOBIA) del Departamento Académico de Química de la UNALM, que financiaron la investigación a través del proyecto N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI-2012.

REFERENCIAS

- Arjona, H. (2014). *Los aminoácidos en la agricultura moderna* (en línea). [Diapositivas]. Disponible en <http://www.lombrimadrid.es>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2014. Colombia.
- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal* (2da edición). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Chojnacka, K.; Górecka, H.; Michalak, I. & Górecki, H. (2011). A review: valorization of keratinous materials, *Waste and Biomass Valorization*, 2, 317-321.
- Espasa, R. (1983). La fertilización foliar con aminoácidos. *Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: fruta, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, 12, 33-35.
- Helianthus S.A.C. & Universidad Nacional Agraria La Molina (2013). *Manual práctico para la producción de cuero hasta wet blue para el pequeño productor*. Lima: Innovate Perú.
- Jie, M.; Raza, W.; Xu, Y. & Shen, Q. (2008). Preparation and optimization of aminoacid chelated micronutrient fertilizer by hydrolyzation of chicken waste feathers and the effects on growth of rice. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 571-582.
- Jordán, M. & Casaretto, J. (2006). *Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas* (en línea). La Serena: Ediciones Universidad de La Serena. Disponible en <http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal.pdf>

Nustorova, M.; Braikova, D.; Gousterova, A.; Vasileva-Tonkova, E. & Nedkov, P. (2006). Chemical, microbiological and plant analysis of soil fertilized with alkaline hydrolysate of sheep's wool waste. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 22, 383-390.