

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0163>

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO CON QUITOSANO EN LA REDUCCIÓN MICROBIOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DEL COLOR DEL BANANO POSCOSECHA

EFFECT OF CHITOSAN COATING ON MICROBIOLOGICAL REDUCTION AND COLOR PRESERVATION OF POSTHARVEST BANANAS

Uscocovich-Álvarez Ángel Alberto¹; Baquerizo-Figueroa Julio Manuel²; Rojas-Urbe Loguard Smith³; Santos-Falconez María Celina³; Reinoso-Baque Iván Manuel³; Díaz-Camposano Edison Geovanny^{3*}

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Campus Politécnico El Limón Km 11/2 vía la Pastora. Calceta, Manabí, Ecuador.

² Universidad de Guayaquil. Ciudadela Universitaria Av. Delta S/N y Av. Kennedy. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito Km 1 ½ vía Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

*Correo: ediazc2@uteq.edu.ec

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del recubrimiento comestible de quitosano en las propiedades microbianas y color de cáscara del banano poscosecha, formulando porcentajes del recubrimiento de quitosano (0,75%-1,00%-1,25 %-1,50 % p/v) más bananos sin tratamiento como control. El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar y la prueba de Dunnett; con cinco tratamientos y cinco bloques concernientes a los días 0, 5, 10, 15 y 20 de almacenamiento poscosecha. Los factores dependientes fueron color de la cáscara durante la maduración y recuento microbiológico de mohos y levaduras (Log UPC/g). Los mejores resultados se presentaron en el fruto recubierto con 1 % de quitosano, con menor luminosidad (54,27); las muestras que reportaron disminución en el recuento de mohos y levaduras con 0,28 Log UPC/g fueron las recubiertas con 1,50 % quitosano.

Palabras clave: Quitosano, recubrimiento comestible, banano, color.

Abstract

The objective of the present work was to determine the effect of edible chitosan coating on the microbial properties and peel color of postharvest bananas, formulating percentages of chitosan coating (0,75%-1,00%-1,25%-1,50% w/v) plus untreated bananas as a control. The experimental design employed was completely randomized blocks and Dunnett's test; with five treatments and five blocks concerning days 0, 5, 10, 10, 15, and 20 of postharvest storage. The dependent factors were peel color during ripening and microbiological count of molds and yeasts (Log UPC/g). The best results were presented in the fruit coated with 1 % chitosan, with lower lightness (54,27); the samples that reported a decrease in the count of molds and yeasts with 0,28 Log UPC/g were those coated with 1,50 % chitosan.

Keywords: Chitosan, edible coating, banana, color.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 19 de mayo de 2023.

Fecha de aceptación: 22 de junio de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2024.

1. Introducción

En la producción tradicional del banano son utilizados agroquímicos contaminantes como herbicidas, insecticidas y fungicidas que afectan el suelo (García et al., 2022; Molpeceres et al., 2023), así como los productos (Ugarte et al., 2022) y las personas involucradas en su producción y consumo (Rengel y Cárdenas, 2022; Manzano et al., 2023), desencadenando que los países que necesitan esta fruta opten por comprar bananos orgánicos certificados en lugar de bananos regulares (Candelario, 2021).

Vargas et al. (2022) argumenta que la principal problemática en el banano poscosecha es el deterioro causado por microorganismos, lo que se debe a las condiciones ambientales durante el proceso de maduración, ocasionando su pudrición y disminución de la calidad de la fruta. Los microorganismos producen alteraciones (Mesa, 2020) que desencadenan procesos bioquímicos que aceleran la degradación de las propiedades de los frutos como color, sabor, tiempo de maduración, entre otros (Benites, 2022; Figueroa et al., 2022).

Los fungicidas comunes que se usan para controlar las pudriciones fúngicas en frutas y verduras son fungicidas químicos, que a menudo causan contaminación y problemas de salud pública. Por tal motivo, se plantea el uso de inhibidores no químicos como el quitosano (Tripathi y Dubey, 2004).

Posterior a su cosecha, las frutas denominadas climatéricas continúan su proceso madurativo (Giacomin et al., 2022; Toconás et al., 2022), debido a que siguen respirando, producir etileno y liberando dióxido de carbono (Reynoso, 2019). Prácticas adecuadas en el manejo poscosecha de la fruta, posibilita el retraso en características como la degradación, la pérdida de peso, el pardeamiento y descomposición (Suárez, 2021).

Según Cajamar (2014) el color es una propiedad óptica muy importante en los alimentos y con el análisis instrumental de frutos, la determinación es más rigurosa y científica. Por esta herramienta instrumental, Carrillo et al. (2019), pudieron determinar que el tratamiento con deshidratación forzada de banano pudo mantener

un color más natural que el proceso deshidratado por convección natural.

La tendencia es buscar alternativas que sustituyan a los recubrimientos derivados del petróleo por materiales biodegradables. Un caso específico son los materiales poliméricos con base biológica como quitosano (Wang et al., 2018), dado que forman una barrera que reemplaza la capa de cera protectora y crea una película de aire selectiva que cambia la atmósfera interna y ralentiza la degradación (Esyanti et al., 2019).

En la actualidad, los biorecubrimientos son constantemente innovados debido a que reducen los cambios en características como la pérdida de peso y el oscurecimiento, reducen la actividad enzimática e incluso otorgan una vida más larga en la fruta (Ojeda et al., 2019; León et al., 2021). Esta tecnología es cada vez más importante para extender la vida útil de frutas frescas y mínimamente procesadas, puesto que estos materiales son biodegradables, biocompatibles, no tóxicos y actúan como una barrera contra la humedad (Sánchez et al., 2008).

El objetivo de esta investigación fue determinar los diferentes

porcentajes de quitosano en recubrimientos aplicados al banano poscosecha en las propiedades color de maduración y recuento de mohos y levaduras con la intención de prolongar la vida del fruto.

2. Metodología

2.1. Descripción metodológica

Los frutos se obtuvieron de la productora de banano Hacienda "Michelle" del cantón Bolívar, y el recubrimiento se elaboró en un Laboratorio de Bromatología, Microbiología y Química.

Las variables dependientes fueron el color de la cáscara durante la maduración y recuento microbiológico de mohos y levaduras. Los análisis fueron efectuados en un Laboratorio de Investigación de Ciencias de Alimentos.

Se utilizó un diseño factorial completamente al azar, donde la variable independiente fue el porcentaje de quitosano con cuatro niveles (0,75-1-1,25-1,5 %), así como el control sin tratar y cinco bloques de los días cero, cinco, diez, quince, veinte de almacenamiento; tres repeticiones, proporcionando cuatro tratamientos y 12 unidades

experimentales. Se analizaron estadísticamente por el análisis de varianza (ADEVA) con el fin de evaluar el comportamiento de los datos y poder comparar las concentraciones utilizadas; además de la prueba HDS de Tukey. En tabla 1 se muestran los tratamientos usados.

Tabla 1.

Tratamientos de aplicación de quitosano en banano.

Tratamiento	Nivel	Porcentaje quitosano
1	a1	0,75
2	a2	1,00
3	a3	1,25
4	a4	1,50
	Control	0

2.2. Preparación del recubrimiento

Mezcla 1: Se mezclaron 990 ml de agua destilada con 10 ml de ácido acético glacial (v/v 1 %).

Mezcla 2: Se proporcionaron las concentraciones de quitosano con cada tratamiento (0,75%-1,00%-1,25%-1,50%). Posteriormente con una bola magnética y plancha de calentamiento (marca CORNING) a 400 RPM durante 20 minutos se

disolvieron los grumos del quitosano al 95 % de desacetilación.

Envasado: Cada uno de los tratamientos fueron almacenados en recipientes de material plástico y rotulados.

Almacenamiento 1: Añadiendo la emulsión en cada recipiente de acuerdo a tratamiento para ser sumergidos los frutos de banano.

2.3. Aplicación del recubrimiento en banano

Selección: Los frutos se lavaron con solución de 0,8 ppm de hipoclorito de sodio y seleccionando los bananos con apariencias físicas similares en color, forma y peso.

Selección y clasificación: Fueron seleccionados 75 dedos del fruto de banano uniformes, escogiendo tres dedos de banano para cada tratamiento más la réplica. Posteriormente fueron distribuidos y rotularlos en bolsas de polietileno de baja densidad de acuerdo a cada tratamiento.

Inmersión: Cada fruto correspondiente a cada tratamiento más sus réplicas se sumergieron durante un minuto, formando una

película delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua et al. 2010).

Almacenamiento e inspección: Cada tratamiento y control se almacenaron en cajas de cartón rotuladas a temperatura ambiente. Efectuando inspecciones con análisis de colorimetría y microbiológicos cada cinco días.

2.4. Métodos de evaluación

Análisis de color: Se cuantificó con un colorímetro marca Konica Minolta CR-400 junto con escalas L^* , a^* , b^* . Las mediciones de color se expresaron con base en los parámetros de cromaticidad a^* (verde [-], rojo [+]) y b^* (azul [-], amarillo [+]). Las mediciones se efectuaron en 3 lugares del fruto, extremo superior, centro y extremo inferior, por triplicado.

Fue utilizado el sistema CIE $L^* a^* b^*$, que se basa en coordenadas tridimensionales, donde L es el eje vertical, a y b son los ejes horizontales. La figura 1 muestra que el color que cae dentro de la caja es considerado aceptable, mientras que el color que cae fuera de ella es rechazado (Minolta, 2014).

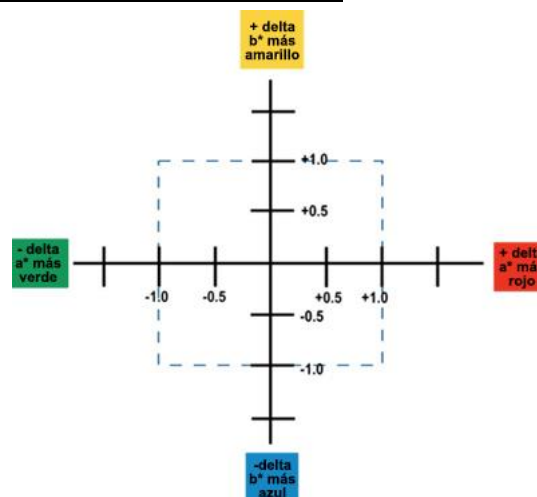


Figura 1. Tolerancia de color.

Recuento microbiológico: Se evaluó el recuento de mohos y levaduras después de aplicar los recubrimientos de quitosano en base a las normas INEN 1529-7 y INEN 1529-5 (INEN, 1990; INEN, 2012).

3. Resultados y discusión

3.1. Longitud de luminosidad

En el tratamiento de control hay una variación altamente significativa (0,010) en contraste a los bananos recubiertos con los diferentes porcentajes de quitosano. De igual forma los resultados demostraron variación altamente significativa ($p < 0,05$) en los días de almacenamiento con 0,002.

Se encontró una variación altamente significativa ($p < 0,05$) entre el control y el tratamiento de recubrimiento con

quitosano, donde también se observaron diferencias altamente significativas en la variable número de días de almacenamiento de los bananos después de la cosecha. Por lo tanto, todos los tratamientos mostraron menor luminosidad que el

control, lo que demuestra que el quitosano afecta en la maduración del banano.

Se observa en la tabla 2 que no hubo mayor diferencia de luminosidad entre los tratamientos y el control.

Tabla 2.

Comparaciones múltiples de longitud luminosidad.

Tratamientos	(J) tratamientos	Desv. Error	Sig.
T1	Control	1,45698	1,000
T2	Control	1,45698	1,000
T3	Control	1,45698	0,964
T4	Control	1,45698	1,000
*Significativo, NS no significativo			

Lo mostrado en la tabla 3 indica que con respecto a la HSD al 5 % de probabilidad de error, el día 0 se ubica en la primera categoría estadística, los días 5 y 10 en la segunda categoría estadística, y

finalmente los días 10, 20 y 15 se ubica en la tercera. En la categoría estadística la longitud fue de 56,1587, disminuyó el día 20 y terminó con un brillo de 55,4667 en almacenamiento poscosecha.

Tabla 3.

Prueba de subconjuntos homogéneos Tukey de longitud luminosidad.

Porcentaje de pérdida de peso				
HSD Tukey				
Días	N	Subconjunto		
		1	2	3
Día 0	5	50,0380		
Día 5	5	51,2320	51,2320	
Día 10	5	52,3087	52,3087	52,3087
Día 20	5		55,4667	55,4667
Día 15	5			56,1587
Sig.		0,542	0,067	0,109
Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05. Cada casilla muestra el rango de media de muestras de luminosidad.				

Con lo expuesto en la figura 2, el tratamiento dos es el de menor luminosidad, mientras que el tres es el que más se aproximó al control; todos los tratamientos se situaron por debajo del control. Es importante indicar que el tratamiento dos y tratamiento cuatro son los más cercanos al color verde por colorimetría, indicando que la aplicación de un determinado

porcentaje de quitosano en la cobertura puede alargar el tiempo de maduración. Se encontró que el tratamiento dos tenía una representación de datos simétrica y la media era mucho más baja que el tratamiento de control, mientras que se observó que el cuatro tenía un rango estadístico más bajo pero tenía una asimetría positiva en su representación de datos.

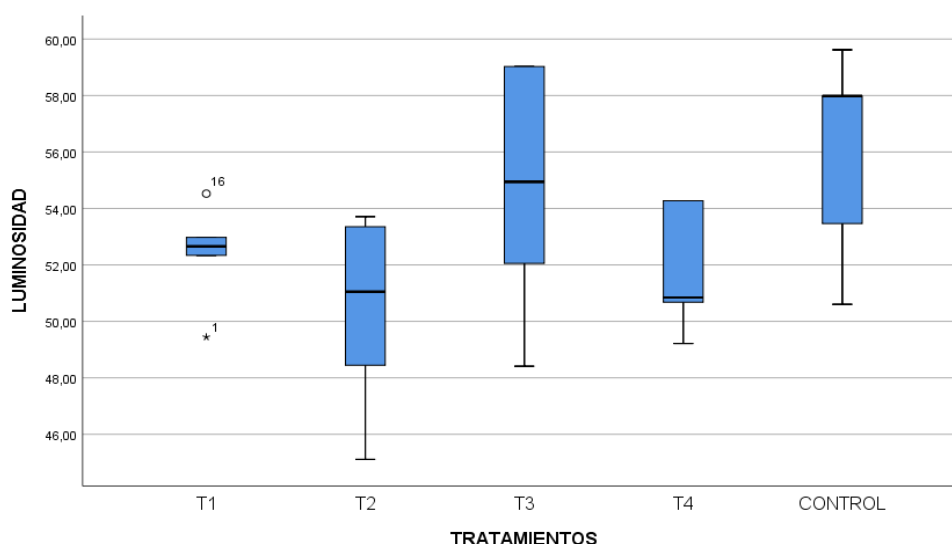


Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes de longitud de luminosidad.

3.2. Recuento de mohos y levaduras

Existe variación altamente significativa (0,001) del control en comparación con los tratamientos de quitosano. Por su parte, no existió diferencia significativa (0,090) para la variable de bloqueo días de

almacenamiento del banano con recubrimiento de quitosano.

De manera similar en la tabla 4, todos los tratamientos que contenían diferentes porcentajes de quitosano mantuvieron una mejor respuesta en comparación con el control, demostrando su actividad

microbiana reducida al cubrir los
bananos y almacenarlos a

temperatura ambiente durante 20
días después de la cosecha.

Tabla 4.
Comparaciones múltiples de mohos y levaduras.

Tratamientos	(J) tratamientos	Desv. Error	Sig.
T1	Control	0,06916	0,004*
T2	Control	0,06916	0,001*
T3	Control	0,06916	0,000*
T4	Control	0,06916	0,000*
*Significativo, NS no significativo			

Todos los tratamientos están por debajo del control como se aprecia en la Figura 3. Los tratamientos 3 y 4 con mayor porcentaje de quitosano fueron los que mantuvieron los niveles más bajos de moho y levadura a los 20 días poscosecha. Además, se encontró que el contenido microbiano de los

tratamientos 1 y 2 era mucho más bajo que el del control. Sin embargo el tratamiento 2 reportó simetría en la representación de datos, mientras que el tratamiento 4 tuvo una media más baja que todos los tratamientos, un intervalo estadístico más bajo y asimetría positiva en la representación de datos.

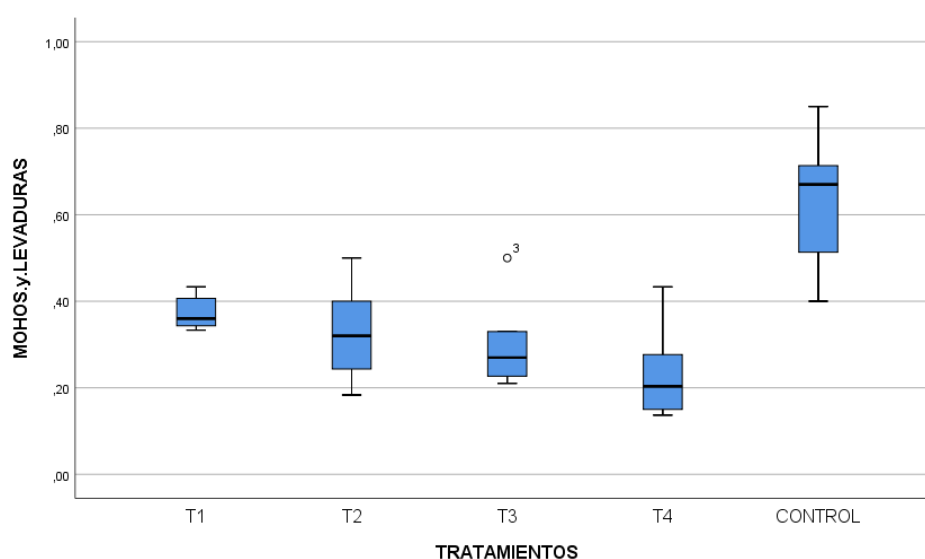


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de mohos y levaduras.

3.1. Discusión

Los recubrimientos reducen la decoloración de la fruta fresca, lo que se puede lograr agregando agentes anti pardeantes que reducen la actividad enzimática (García y Barrett, 2002), al disminuir la concentración en O₂, CO₂ y reduciendo la actividad de clorofilasa (Stewart et al., 2005), procesos que puede ser retrasados con la aplicación de recubrimientos. La investigación realizada por Jafarizadeh et al. (2011) demostró que al cubrir los bananos con quitosano se pudo alterar la resistencia a los gases CO₂ y O₂ y retrasar la maduración debido a la reducción lenta de la clorofila por la enzima clorofilasa en la cáscara de la fruta; Arce et al. (2016) aplicó al banano un recubrimiento con una capa de proteína de suero y quitosano, reduciendo el parámetro L* significativamente.

La disminución de color con los tratamientos implica que el banano se tornó menos brillante hasta el día 20 de almacenamiento, pero con menor impacto en otras frutas climatéricas como lo demostró Castro et al. (2018), quienes no encontraron diferencias

significativas entre los tratamientos recubiertos y no recubiertos en mango rebanado. Gonzalez et al. (2009) observaron reducciones menores para papaya en rodajas y tratada con quitosano con un peso molecular promedio de 0,01 g/mol.

Los resultados de esta investigación concuerdan con García et al. (2017), que trabajó con recubrimiento de quitosano en peras, donde el tratamiento de 1,50% impidió el crecimiento de hongos después del quinto día, pese a que en el día cero tenía 0,8 Log UPC/g. Castro et al. (2014) en muestras de papaya obtuvo una reducción significativa, recubriéndolas con quitosano. Asimismo, sucedió en la investigación de Xoca et al. (2019), que demostró que la actividad antifúngica del recubrimiento de quitosano es óptima a una concentración de 1,50% en aguacate, lo que permitió inhibir el crecimiento micelial y reducir la esporulación y germinación de las cepas de *Colletotrichum sp.*

4. Conclusión

Las variaciones en las concentraciones del recubrimiento de quitosano demostraron eficacia en el retraso de los signos de

maduración del banano. En lo que respecta al color del fruto, todos los tratamientos mostraron una reducción en el consumo de la clorofila en la cáscara, producto de la clorofilasa, dando como resultado una luminosidad de 53,71 al término de 20 días de almacenamiento debido a 1,00 % de quitosano en el recubrimiento.

Al plantearse como fungicida orgánico se logró comprobar que al aplicar mayores porcentajes de quitosano, se alcanzaron mejores resultados al reportar bajo contenido microbiano, siendo el tratamiento 4 con 0,28 UPC/g el que menor carga microbiana presentó en el fruto.

Bibliografía

- Arce, K., Ortega, K., Ochoa-Martínez, C. y Vélez, C. (2016). Propiedades poscosecha del banano Gross michel recubierto con proteína de lactosuero y quitosano. *Vitae*, 23(Supl 1), S749-S753. <https://search.proquest.com/openview/59659171e5fd46fb7c9812022ac84128/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>
- Benites Vegas, J. A. (2022). Validación del sistema con ozono durante la etapa de lavado del banano orgánico con fines de evaluar los parámetros de calidad de la fruta en la cooperativa APPBOSA, Sullana-Piura (Bachelor's thesis, Universidad Privada Antenor Orrego). Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9237>
- Cajamar, G. C. (2014). Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria. 3. Grupo Corporativo Cajamar, 3. <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/fichas-de-transferencia/parametros-de-calidad-externa-en-la-industria-agroalimentaria/#>
- Candelario Sánchez, L. E. (2021). Estudio de la producción de banano orgánico en el Ecuador con énfasis en la exportación (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Babahoyo). Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9375>
- Carrillo-Carrillo, M., Castorena-Alemán, D., y García-Jiménez, L. (2019). Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo. *Revista de Sistemas Experimentales*. 6(19), 19-23.
- Castro, M, Rivadeneira, C. y Santacruz, S. (2018). Recubrimientos comestibles a

- base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango cortado. *Revista de la Universidad del Zulia*, 7(18), 55-68.
- Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, I., Santacruz S. y Ziani, K. (2014). Aplicación de recubrimientos Comestibles a Base de quitosano y áloe vera sobre Papaya (*Caríea Papaya*. ev. "Maradol") *Cortada*. *Revista de la Facultad de ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato*, 22(2), 05-12.
- Djioua, T., Charles, F., Freire Jr, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M., y Sallanon, H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International journal of food science & technology*, 45(4), 849-855.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02209.x>
- Esyanti, R. R., Zaskia, H., & Amalia, A. (2019). Chitosan nanoparticle-based coating as post-harvest technology in banana. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1204 (1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012109>
- Figuerola, E. C., Torres, E., Hernández, H. M. H., & García, M. E. (2022). Revisión sobre las tecnologías emergentes no térmicas para el procesamiento de alimentos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1-14.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8596823>
- Garcia, E., & Barrett, D. M. (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. *Fresh-cut fruits and vegetables*, 267-304.
- García, M. R. C., Posligua, V. G. E., Mantuano, M. H. L., Basurto, R. M., Montes, Y. M. G., & Delgado, E. G. L. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc"). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. 42-53.
- García, Y., Ponce, D. P., Mancero, D., & Pancho, T. (2022). Incidencia del manejo de plantaciones comerciales del cultivo de banano sobre la calidad del suelo, Balao, Guayas. *Polo del Conocimiento*, 7(10), 2011-2027.
<http://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i10.4827>
- Giacomin, M., Jacobi, D. P., Cavalli, P. H. C., da Silveira Caron, R., Picoli, G. Z., & Dos Santos, R. S. (2022). Efeito da temperatura na pós-colheita de frutas de clima temperado

- em diferentes embalagens. Anais da Feira de Ciência, Tecnologia, Arte e Cultura do Instituto Federal Catarinense do Campus Concórdia, 5(1), 23-23.
- González-Aguilar, A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M., Villegas-Ochoa, A. y Ayala-Zavala, F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya "Maradol". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3405>
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 1990. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-7. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonia. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito. Recuperado de: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2012. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-5. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito. Recuperado de: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- Jafarizadeh, H., Osman, A., Tan, C. y Abdul, R. (2011). Development of an edible coating based on chitosan-glycerol to delay Berangan banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. *International food research journal*, 18(3), 989-997.
- León, E. G., Janampa, C., Cáceres, C., Giu, C., Ruiz, P., Chalco, M., ... & Malnati, M. (2021). Efecto de recubrimientos comestibles en la calidad del ají jalapeño (*Capsicum annuum*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(2), 201-211. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81369610007>
- Manzano, R. L. M., Rivadeneira, O. A. M., Carrasco, E. A. C., & Adrián, Y. A. Z. (2023). Necesidades de capacitación en manejo de residuos sólidos en la agricultura. Caso de estudio: recinto la prosperidad del Cantón Montalvo. *Revista Conrado*, 19(92), 520-529. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3074>
- Mesa Reinaldo, J. R. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección

- fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109. Recuperado a partir de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/407>
- Minolta, K. (2014). Entendiendo el espacio de color CIE L* A* B*. Recuperado de: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Molpeceres, C., Zulaica, L., & Tomaino, V. B. (2023). Cuestionamientos al uso de agroquímicos en Argentina y el mundo (2000-2020): una revisión. *Novum Ambiens*, 1(1). <https://revistas.udca.edu.co/index.php/novumambiens/article/view/2340>
- Ojeda, Gonzalo Adrián, Arias Gorman, Adriana María, & Sgroppo, Sonia Cecilia. (2019). Nanotecnología y su aplicación en alimentos. Mundo nano. *Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 12(23). <https://doi.org/10.22201/ceiic.h.24485691e.2019.23.67747>
- Rengel, J. M., & Cardenas, M. F. (2022). Evaluación de riesgos toxicológicos en las personas que laboran en bananeras de la Provincia El Oro. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(5), 453-463.
- <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/315>
- Reynoso Maguiña, M. B. (2019). Influencia del momento de cosecha en la calidad de banana (*Musa sp.*) variedad Gros Michel (Bachelor's thesis, Universidad Nacional Agraria La Molina). Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4009>
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M. y Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. Simposio llevado a cabo en Memorias VIII Congreso SEAE "Alimentación y Agricultura Ecológica". Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Bullas, Murcia, España. https://agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verdlposters/5%20P.%20CALIDAD/calidad3.pdf
- Stewart, O., Raghavan, G., Golden, K., y Garipey, Y. (2005). MA storage of Cavendish bananas using silicone membrane and diffusion channel systems. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 309-317.

- <https://doi.org/10.1016/j.posth.2004.10.003>
- Suárez, D. B. (2021). Incidencia en la maduración de la fruta climatérica y no climatérica durante la poscosecha para su exportación y comercialización en el Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/uploads/articulos/0ba70e3445357b7ccc88df39293268d6.pdf>
- Toconás, N. M., Villalva, F. J. ., Sajama, J. N., Olivares La Madrid, A. P., Ramón, A. N., Alcocer, J. C., Goncalvez de Oliveira, E., & Armada, M. (2022). Harina de banana: producción, caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional: Producción de harina de banana. *Revista Española De Nutrición Humana Y Dietética*, 27(1), 7–16. <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1732>
- Tripathi, P. y Dubey, N. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and Technology*, 32(3), 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.posth.2003.11.005>
- Ugarte-Barco, F. A., Zhiñin-Huachun, I. A., & Hernández-Pérez, R. (2022). Influencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (*Musa AAA cv. Williams*). *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1456>
- Vargas Fernández, J. P., Wang Wong, A., & Muñoz Fonseca, M. (2022). Microorganismos asociados a la enfermedad conocida como pudrición suave del fruto de banano (*musa sp.*) y alternativas de control microbiológicas y químicas a nivel in vitro. *k(2)*, 61-76. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52046>
- Wang, H., Qian, J., y Ding, F. (2018). Emerging chitosan-based films for food packaging applications. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(2), 395-413. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04528>
- Xoca-Orozco, L., Aguilera-Aguirre, S., López-García, U., Gutiérrez-Martínez, P., y Chacón-López, A. (2019). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum* sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Bio Ciencias*, 5(1). <https://doi.org/10.15741/revbio.05.e355>