





# ANÁLISIS NO INVASIVO BASADO EN IMAGEN COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

*Non-invasive image-based analysis as a sustainable alternative for  
the food industry: a bibliographic review*

*Análise não invasiva baseada em imagem como alternativa  
sustentável para a indústria de alimentos: uma revisão bibliográfica*

Andrés Leonardo Pasato Guanga<sup>1</sup> , Esteban Mauricio Fuentes Pérez<sup>1</sup>   
<sup>1</sup> Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), Universidad  
Técnica de Ambato (UTA). Ambato-Ecuador, [apasato0344@uta.edu.ec](mailto:apasato0344@uta.edu.ec),  
[tebanfuentes@gmail.com](mailto:tebanfuentes@gmail.com), [e.fuentes@uta.edu.ec](mailto:e.fuentes@uta.edu.ec)

Fecha de recepción: 01 de junio de 2021  
Fecha de aceptación: 27 de agosto de 2021.

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** La creciente demanda de alimentos a nivel global requiere de eficiencia en todos los procesos y controles, la implementación de la tecnología cada vez toma mayor importancia sobre todo en la modernización en los procesos de producción, incluyendo dispositivos accesibles a los actores del sector agrícola. El desarrollo e implementación de tecnología de análisis no convencionales y no invasivos demuestra confiabilidad manteniendo un enfoque sostenible. **OBJETIVO.** El objetivo de la presente revisión es dar una visión del empleo de análisis de imagen, desde las tres dimensiones relacionadas al concepto de sostenibilidad con la gran particularidad de presentar resultados fiables. **MÉTODO.** Se realizó una revisión sistemática de bibliografía de los últimos años referente a resultados de análisis de parámetros de calidad en frutos frescos y su relación con sostenibilidad, seleccionando 40 documentos de un total de 92 referencias, eliminando por baja relevancia. **RESULTADOS.** Los análisis tradicionales presentan limitaciones y desviaciones frente al desarrollo sostenible. Al mismo tiempo que surgen investigaciones sobre el uso de métodos no convencionales de análisis en alimentos, siendo en análisis de imagen una herramienta de aplicación factible que presenta resultados con precisión superior al 90%. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** La determinación



Pasato Guanga & Fuentes Pérez. Análisis no invasivo basado en imagen  
como alternativa sostenible para la industria alimentaria: revisión bibliográfica.  
Julio – Diciembre 2021

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i3.374>





de parámetros en alimentos mediante análisis de imagen (método no convencional) emerge como una herramienta de análisis y control con gran potencial en las cadenas agroalimentarias contribuyendo con confiabilidad de resultados y aportando al desarrollo sostenible.

**Palabras Clave:** Métodos no convencionales, sostenibilidad, análisis de imagen, control de calidad.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The growing demand for food at a global level requires efficiency in all processes and controls, the implementation of technology is becoming mandatory, especially in the modernization of field production, which includes devices accessible to the actors in the sector. The development and implementation of unconventional analysis and technology demonstrates reliability while maintaining a sustainable approach. **OBJECTIVE.** The objective of the review is to present how the use of image analysis addresses the three dimensions of the sustainability concept and to present reliable results. **METHOD.** A systematic review of the bibliography of recent years was carried out regarding the results of the analysis of quality parameters in fresh fruits and their relationship with sustainability, selecting 40 documents from a total of 92 references, eliminating them due to low relevance. **RESULTS.** Traditional analyzes have limitations and deviations from sustainable development. At the same time, research is emerging on the use of non-conventional methods of analysis in food, with image analysis being a feasible application tool that presents results with precision greater than 90%. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** The determination of parameters in food through image analysis (unconventional method) emerges as an analysis and control tool with great potential in the food chains, contributing with reliability of results and contributing to sustainable development.

**Key Words:** Non-conventional methods, sustainability, image analysis, quality control.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO.** A crescente demanda por alimentos em nível global requer eficiência em todos os processos e controles, a implantação de tecnologia torna-se cada vez mais importante, principalmente na modernização da produção do campo, que inclui dispositivos acessíveis aos atores do setor. O desenvolvimento e implementação de tecnologia de análise não convencional demonstra confiabilidade enquanto mantém uma abordagem sustentável. **OBJETIVO.** O objetivo da revisão é apresentar como o uso da análise de imagens aborda as três dimensões do conceito de sustentabilidade e apresentar resultados confiáveis. **MÉTODO.** Foi realizada uma revisão sistemática da bibliografia dos últimos anos sobre os resultados da análise dos parâmetros de qualidade em frutas frescas e sua relação com a sustentabilidade, selecionando 40 documentos de um total de 92 referências, eliminando-os por serem de baixa relevância. **RESULTADOS.** As análises tradicionais têm limitações e desvios do desenvolvimento sustentável. Ao mesmo tempo, estão surgindo pesquisas sobre a utilização de métodos não convencionais de análise em alimentos, sendo a análise de imagens uma ferramenta de aplicação viável que apresenta resultados com precisão superior a 90%. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** A determinação de parâmetros em alimentos por meio de análise de imagens (método não convencional) surge como uma ferramenta de análise e controle com grande potencial nas cadeias agroalimentares, contribuindo com a confiabilidade dos resultados e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.





**Palavras-chave:** Métodos não convencionais, sustentabilidade, análise de imagens, controle de qualidade.

## INTRODUCCIÓN

La adopción de nuevas tecnologías por parte de la industria alimentaria hacen posible el aumento de la productividad y de la eficiencia en la línea de producción [1], aportando al desarrollo y expansión de la producción agrícola que demanda un mayor número de análisis y controles para garantizar la calidad. Los controles tradicionales son ensayos que requieren en su gran mayoría de equipos de laboratorio, uso de reactivos químicos, herramientas, materiales y costos considerables, enmarcados en los procesos de determinación de macro y micro nutrientes o propiedades físico químicas de los alimentos frescos en general, lo cual desencadena en una mayor generación de contaminantes [2].

El desarrollo sostenible y la digitalización de las cadenas agroalimentarias demanda técnicas cada vez más eficientes, sostenibles y resilientes, economizando el consumo general de energía [3]. La difusión de tecnologías móviles, el internet de las cosas, el uso de métodos de análisis no convencionales y la teledetección se convierten en la solución más atractiva a las problemáticas ocasionadas por el uso de reactivos en los métodos analíticos tradicionales e incluso algunos instrumentales [4]. Históricamente la innovación tecnológica ha mejorado la competitividad y el crecimiento económico en diferentes campos en lo que se ha implementado [5]. Se ha mencionado en varios trabajos que el uso de las tecnologías incluidas en la agricultura de precisión, no se ha tomado en cuenta el enfoque sostenible que posee. El presente trabajo buscar presentar el soporte a los aspectos de la sostenibilidad sin dejar de lado los potenciales beneficios.

Las técnicas no convencionales y no destructivas como lenguas, ojos y narices electrónicas pueden sustituir a los órganos de los sentidos de los inspectores, eliminando la subjetividad del análisis reduciendo incluso el error en el análisis; tomando en cuenta que el control de calidad para los productos frescos se basa en caracterizar la apariencia y las propiedades sensoriales básicas [6] aunque los métodos de análisis no invasivos no se limitan solo a este tipo de análisis llegando incluso a la determinación de microcomponentes o propiedades bioactivas en los alimentos [7]. Se puede señalar que las técnicas de evaluación no destructivas permiten obtener datos de una muestra de un producto generalmente sin pre-tratamientos y sin afectar su aspecto y calidad [8]. La obtención de datos es en tiempo real y hasta veinte veces más rápida que por métodos tradicionales.

El procesamiento digital de imágenes, captura imágenes, las compara con una matriz e imprime un resultado; las metodologías empleadas permiten cuantificar diversos parámetros a partir de la captura de una imagen con el requerimiento de equipos populares y accesibles y ampliamente disponibles como laptops y teléfonos inteligentes [9].

La presente revisión tiene como objetivo principal, destacar la importancia de los métodos analíticos no invasivos, especialmente el análisis de imagen como alternativa





sostenible a los métodos de determinación tradicionales, reduciendo de sobremanera el impacto ambiental producido por los insumos requeridos durante el proceso de determinación de una muestra.

## MÉTODO

Para la presente revisión se consultó en las plataformas de Scopus, EMBASE, CINAHL como fuentes principales. Las frases utilizadas en la búsqueda fueron: análisis de imagen (image analysis), métodos de análisis no invasivos (non invasive methods of analysis), métodos de análisis no convencional (non conventional methods of analysis), análisis de alimentos (food analysis). Además, se recopiló información de los aspectos de la sostenibilidad en desde artículos de acceso libre. La bibliografía se construyó mediante la revisión de 92 documentos científicos actualizados, se aplicó un filtro para descartar estudios no relevantes, para lo cual se emplearon criterios de selección como: fechas de actuales de publicación, presentación de resultados cuantitativos, aplicación en cadenas agroalimentarias, artículos con full texto. Se obtuvieron 40 documentos de los cuales se recuperó la información presentada, identificando citas y referencias [10]. Se describieron los métodos de análisis tradicionales en alimentos de producción primaria con el método no convencional de análisis de imagen, presentando ventajas, precisión del método y aplicaciones.

## RESULTADOS

Los métodos tradicionales para la determinación de calidad de los frutos frescos son las mediciones de pH, acidez titulable y grados °Brix, procedimientos fundamentados en la química analítica que requieren de equipos costos y el empleo de ácidos y bases. Pese al requerimiento de los ensayos mencionados, no existe una correlación directa cuando se analiza dos variedades de un mismo fruto [11].

Los métodos de análisis tradicionales realizados en alimentos para determinar parámetros físico químicos y de calidad no tienen como prioridad la optimización de recursos, debido a que fueron estandarizados en los años de 1940 y 1960, donde no existía preocupación alguna por el medio ambiente, regulación ni control de emisiones en la producción ni en el manejo de reactivos necesarios en el proceso de determinación de cierto parámetro físico químico [3]. En los métodos de análisis tradicionales, un mayor número de réplicas representa mayor costo y mayor riesgo químico del analista por exposición a reactivos químicos [12].

Los ácidos utilizados en laboratorios de alimentos son entre otros el ácido sulfúrico, el ácido nítrico y el ácido clorhídrico, usados con frecuencia para la digestión *in vitro* de la materia orgánica. La concentración de ácido nítrico en la atmósfera contribuye a la formación de lluvia ácida como resultado de la reacción de gases nitroso y humedad ambiental. De manera similar se generan vapores corrosivos producto de las reacciones de ácido clorhídrico y la humedad ambiental [13]. El empleo de bases es



menos frecuente, sin embargo el contacto directo provoca irritaciones y ulceraciones en la piel [14].

El empleo de sentidos electrónicos (métodos no convencionales) implica realización de mediciones in situ como una de sus ventajas, incluyendo un análisis con poco o ningún pretratamiento de la muestra, generando mayor seguridad para el operador, a la vez que se minimiza el uso de reactivos [15]. Además se evitan técnicas e instrumentación costosas y voluminosas, capaces de ser llevadas a cabo únicamente por personal capacitado [16]. El desarrollo y uso de sentidos electrónicos en la industria alimentaria es de vital importancia por su rapidez, sencillez, reproducibilidad y consistencia en aplicaciones comerciales [17].

La técnica de análisis de imagen permite la inspección de la calidad en frutas y hortalizas, tomando en cuenta las principales características para su determinación. Las principales métricas de color utilizadas son Cielab\* y RGB [9]. Siendo el sistema de coordenadas RGB (Red, Green and Blue) más utilizado en análisis de imagen por computador en la determinación del color [18]. Diversos ensayos han sido revisados para conocer la confiabilidad del método.

Los dos parámetros principales analizados en una inspección visual tradicional para apreciación de calidad son el color de la corteza y los defectos físicos externos. En la evaluación del color la precisión puede ir en el mejor de los casos alrededor del 99,1% hasta un 85,0% de precisión, según el parámetro evaluado y espacio de color como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Eficiencia para el análisis de calidad de frutas y verduras en función de las características del color.

Autor (es)	Fruta	Parámetros	Espacio de color	Precisión
[19]	Frutilla	Clasificación por calidad externa	CIE Lab	88.8%
[20]	Cítricos	Clasificación de color	RGB	93.0%
[21]	Manzana	Clasificación por color	RGB	100.0%
[22]	Carambola	Discriminación de madurez	HSI	95.3%
[23]	Banana	Evaluación de madurez	RGB	99.1%

Clave. RGB: red, Green and blue. HSI: saturation and intensity.

La eficiencia de la detección de daños físicos externos presentó un valor máximo de 100,0% y un mínimo de 79,0%, los valores varían dependiendo el método empleado, los valores están presentados en Tabla 2. Los daños físicos externos son analizados como afecciones del tejido vegetal, deformaciones o decoloraciones [24] como se



observa en la Figura 1. De acuerdo a la morfología, con énfasis en el tamaño, la aplicación de análisis de imagen presentó una precisión promedio del 80,0%. Para la predicción de la textura los análisis tuvieron datos de precisión superiores al 90,0%[25].



**Figura 1.** Ejemplo de detección de defectos físicos en hojas de maíz, analizando la decoloración.

**Tabla 2.** Comparación de diferentes defectos para análisis de calidad de frutas y hortalizas

Autor (es)	Fruta	Parámetros	Método	Precisión
[26]	Manzana	Detección de defectos	Cámara de color	89.0%
[27]		Detección de pudredumbre	LDA	91.2%
[28]	Naranja	Detección de defectos comunes	PCA	93.7%
[27]		Detección de pudredumbre	ANN, DT	98.0%
[29]	Papa	Detección de tuberculosis	PCA	96.3%
[30]	Champiñones	Detección de moretones	PCA	79-100%
[31]	Tomate	Detección de defectos	ANN	96.5%

Clave. LDA: Asignación de Dirichlet. PCA: análisis de un componente principal. ANN: Red neuronal artificial. R/W.



Sun et al.,(2017) realizó un estudio para clasificar las lesiones por frío en melocotones usando redes neuronales, logró una precisión de 86,6% ; 93,4% ; 96,7% para cuatro clases, tres clases y clasificación de dos clases, respectivamente. Las redes neuronales son un tipo de inteligencia artificial juega un papel fundamental en los métodos de análisis no invasivos ya que permite el aprendizaje supervisado, añadiendo así más datos a la matriz inicial, lo cual permite fortalecer los modelos de predicción/determinación [33].

Un software de ordenador procesa la imagen captada de una fruta o vegetal en un promedio de 50 milisegundos. Es decir se analizan 20 imágenes en 1 segundo para un determinado parámetro [34], lo que provoca que una limitante del método sea las operaciones manuales. La precisión del método es otra característica que se adapta a las demandas de la agricultura 4.0, que tiene como eje central la sostenibilidad y la precisión en los procesos previos a la cosecha [35]. Como dato adicional permite el control de malezas con una precisión del 98,0% [36], un soporte vital para evitar pérdidas del cultivo.

El análisis de imagen toma gran importancia por la accesibilidad sobre todo en las zonas rurales, mismas que representan el contexto general respecto a las zonas de producción agraria en el mundo, tomando en cuenta que aproximadamente el 70% de su población cuenta con un teléfono inteligente [4] la mejor solución es la de proveer a sus habitantes con herramientas adaptadas a la tecnología disponible. La disponibilidad de 40 megapíxeles como mínimo de los teléfonos inteligentes (100 megapíxeles en algunos casos) cubren de sobra los requisitos de la fotometría. El análisis puede complementarse con periféricos que aumentan la calidad y el resultado adquiere mayor significancia [37].

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los valores de precisión media de los resultados obtenidos mediante análisis de imagen para los parámetros de calidad en frutos frescos son superiores al 90%. La velocidad de análisis permite procesar al menos 20 veces más rápido los datos, dando factibilidad a procesar el total de un lote de producción o un número mayor de la muestra. La facilidad de realizar controles de calidad mediante uso de tecnología, reducirá las pérdidas de alimentos en la cadena, aliviando la presión sobre los recursos naturales. Las características citadas prevén un alto grado de seguridad y confiabilidad por parte del método [38].

La aplicación de análisis de imagen en frutos frescos para determinar parámetros de calidad reduce la demanda de recursos humanos, económicos y en gran magnitud minimizan el impacto ambiental ocasionado por el uso de reactivos en los procesos de determinación tradicionales. La tecnificación de controles en procesos agrarios permite el desarrollo económico y social de los actores rurales que opten por su implementación [39].





El uso de teléfonos inteligentes por parte de las familias rurales, permitirá reducir las pérdidas de productos por falta de control de calidad. Las pérdidas en producción además del perjuicio económico dañan la salud del suelo cuando no existe un manejo correcto de desechos [40]. Influenciando a la mejora de la gestión ambiental.

### FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este aporte no cuenta con ninguna fuente de financiamiento.

### DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés alguno.

### APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo aporta respecto al desarrollo de las nuevas tecnologías y su utilidad dentro del campo de la industria alimentaria, pudiendo aplicarse técnicas o métodos no tradicionales para el análisis de alimentos, tomando en cuenta el gran aporte que supone no utilizar reactivos químicos y la sencillez que significa un análisis que no requiere de personal cualificado.

### DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Andrés Pasato se encargó de la recolección de información, escritura del documento, Esteban Fuentes planteó la idea de investigación, revisión y corrección del documento, envió.

### REFERENCIAS

- [1] A. R. Trejo, A. M. Alquicira, and I. J. G. Mondragón, "La industria 4.0 y la industria alimentaria," *Repos. la Red Int. Investig. en Compet.*, vol. 13, pp. 895–911, 2019.
- [2] M. del C. Doria, "Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente," *Scielo*, vol. 20, 2009.
- [3] E. N. Espinosa-Descalzo, "Gestión ambiental en la enseñanza de la química analítica," *Scielo*, vol. 86, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.301>.
- [4] N. Trendov, S. Varas, and M. Zeng, "Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales," *Div. Tecnol. la Inf. Organ. las Nac. Unidas para la Aliment. y la Agric.*, pp. 1–26, 2019.
- [5] G. C. Lima, F. L. Figueiredo, A. E. Barbieri, and J. Seki, "Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT [Agro 4.0: Habilitando a transformação digital da agricultura por meio da IoT]," *Rev. Cienc. Agron.*, vol. 51, no. 5, 2020, doi: 10.5935/1806-6690.20200100.
- [6] G. Özdoğan, X. Lin, and D.-W. Sun, "Rapid and noninvasive sensory analyses of food products by hyperspectral imaging: Recent application





- developments,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 111, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.044>.
- [7] E. O. Balde??n, M. Alca??iz, R. Masot, E. M. Fuentes, J. M. Barat, and R. Grau, “Voltammetry pulse array developed to determine the antioxidant activity of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaug) and tumbo (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey) juices employing voltammetric electronic tongues,” *Food Control*, vol. 54, pp. 181–187, 2015, doi: 10.1016/j.foodcont.2015.01.044.
- [8] H. El-Mesery, H. Mao, and E.-F. Abomohra, “Applications of Non-destructive Technologies for Agricultural and Food Products Quality Inspection,” *Sensors*, vol. 19, pp. 2–3, 2019, doi: 10.3390/s19040846.
- [9] C. A. Padrón-Pereira, G. M. Padrón-León, A. I. Montes-Hernández, and R. A. Oropeza-González, *Procesamiento digital de imágenes: Determinación del color en muestras de alimentos y durante la maduración de frutos*, 1st ed. Valencia, 2016.
- [10] S. H. Jaber *et al.*, “Skin reactions in a subset of patients with stage IV melanoma treated with anti-cytotoxic T-lymphocyte antigen 4 monoclonal antibody as a single agent,” *Arch. Dermatol.*, vol. 142, no. 2, pp. 166–172, 2006, doi: 10.1111/dth.14171.
- [11] C. E. Astudillo-Ordoñez and P. Rodríguez, “Physicochemical parameters of avocado *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) grown in Antioquia (Colombia) for export,” *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.*, vol. 19, 2018, doi: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:694](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:694).
- [12] E. Torres Espinoza and J. P. Castrellón Santa Anna, “Minimización del impacto ecológico empleando microescala en los laboratorios de enseñanza química,” *Educ. química*, vol. 11, no. 2, pp. 262–265, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.2.66463>.
- [13] A. C. Lincoln, “Tratamiento de los gases ácidos en el laboratorio químico de la unidad minera Arcata,” Universidad Nacional San Agustín, 2017.
- [14] M. T. Castro-Calleja and D. Torres-Pérez, “Introducción del enfoque ecológico en los laboratorios de la química analítica básica,” *Rev. Cuba. química*, vol. 23, 2011.
- [15] F. Pena-Pereira, W. Wojnowski, and M. Tobiszewski, “AGREE—Analytical GREENness Metric Approach and Software,” *Anal. Chem.*, vol. 92, no. 14, pp. 10076–10082, 2020, doi: 10.1021/acs.analchem.0c01887.
- [16] G. Rateni, P. Dario, and F. Cavallo, “Smartphone-based food diagnostic technologies: A review,” *Sensors*, vol. 17, no. 6, p. 1453, 2017.
- [17] R. Ordoñez-Araque, J. Rodríguez-Villacres, and J. Urresto-Villegas, “Electronic nose, tongue and eye: Their usefulness for the food industry [Nariz, lengua y ojo electrónico: Su utilidad para la industria alimentaria],”


- Vitae*, vol. 27, no. 3, pp. 1–13, 2020, doi: 10.17533/udea.vitae.v27n3a01.
- [18] K. Przybył, P. Boniecki, K. Koszela, Ł. Gierz, and M. Łukomski, “Computer vision and artificial neural network techniques for classification of damage in potatoes during the storage process,” *Czech J. Food Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 135–140, 2019, doi: <https://doi.org/10.17221/427/2017-CJFS>.
- [19] X. Liming and Z. Yanchao, “Automated strawberry grading system based on image processing,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 71, pp. S32–S39, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.09.013>.
- [20] U.-O. Dorj, M. Lee, and S. Yun, “An yield estimation in citrus orchards via fruit detection and counting using image processing,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 140, pp. 103–112, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.019>.
- [21] M. Suresha, N. A. Shilpa, and B. Soumya, “Apples grading based on SVM classifier,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 975, p. 8878, 2012.
- [22] M. Z. Abdullah, J. Mohamad-Saleh, A. S. Fathinul-Syahir, and B. M. N. Mohd-Azemi, “Discrimination and classification of fresh-cut starfruits (*Averrhoa carambola* L.) using automated machine vision system,” *J. Food Eng.*, vol. 76, no. 4, pp. 506–523, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.053>.
- [23] D. S. Prabha and J. S. Kumar, “Assessment of banana fruit maturity by image processing technique,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 52, no. 3, pp. 1316–1327, 2015.
- [24] W. Vásquez-Castillo, M. Racines-Oliva, P. Moncayo, W. Viera, and M. Seraquív, “Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador,” *Enfoque UTE*, vol. 10, no. 4, pp. 57–66, 2019, doi: 10.29019/enfoque.v10n4.545.
- [25] A. Bhargava and A. Bansal, “Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review,” *J. King Saud Univ. Inf. Sci.*, vol. 33, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.06.002>.
- [26] Z. Xiao-bo, Z. Jie-wen, L. Yanxiao, and M. Holmes, “In-line detection of apple defects using three color cameras system,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 70, no. 1, pp. 129–134, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.09.014>.
- [27] J. Gómez-Sanchis *et al.*, “Hyperspectral system for early detection of rottenness caused by *Penicillium digitatum* in mandarins,” *J. Food Eng.*, vol. 89, no. 1, pp. 80–86, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.009>.
- [28] J. Li, X. Rao, and Y. Ying, “Detection of common defects on oranges using hyperspectral reflectance imaging,” *Comput. Electron. Agric.*, vol.

- 78, no. 1, pp. 38–48, 2011, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.05.010>.
- [29] Y. Si, S. Sankaran, N. R. Knowles, and M. J. Pavek, “Potato Tuber Length-Width Ratio Assessment Using Image Analysis,” *Am. J. Potato Res.*, vol. 94, no. 1, pp. 88–93, 2017, doi: 10.1007/s12230-016-9545-1.
- [30] A. A. Gowen, C. P. O’Donnell, M. Taghizadeh, P. J. Cullen, J. M. Frias, and G. Downey, “Hyperspectral imaging combined with principal component analysis for bruise damage detection on white mushrooms (*Agaricus bisporus*),” *J. Chemom.*, vol. 22, no. 3–4, pp. 259–267, 2008, doi: <https://doi.org/10.1002/cem.1127>.
- [31] M. Arakeria and Lakshmanab, “Computer Vision Based Fruit Grading System for Quality Evaluation of Tomato in Agriculture industry,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 79, pp. 426–433, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.03.055>.
- [32] Y. Sun *et al.*, “Hyperspectral reflectance imaging combined with chemometrics and successive projections algorithm for chilling injury classification in peaches,” *Lwt*, vol. 75, pp. 557–564, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.006>.
- [33] G. R. Eguez, “Análisis del desempeño de redes neuronales artificiales en la reconstrucción de datos pluviométricos de la ciudad de Quito,” Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, 2020.
- [34] P. Pérez-Vidal, L. Gracia, and C. Gracia, “Short communication. Computer vision applied to saffron flower (*Crocus sativus* L.) processing,” *Spanish J. Agric. Res.*, vol. 9, 2011, doi: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/20110904-119-11>.
- [35] Y. Lu and S. Young, “A survey of public datasets for computer vision tasks in precision agriculture,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 178, p. 105760, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105760>.
- [36] H. K. Suh, J. IJsselmuiden, J. W. Hofstee, and E. J. van Henten, “Transfer learning for the classification of sugar beet and volunteer potato under field conditions,” *Biosyst. Eng.*, vol. 174, pp. 50–65, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.06.017>.
- [37] K. Kalinowska, W. Wojnowski, and M. Tobiszewski, “Smartphones as tools for equitable food quality assessment,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 111, pp. 271–279, 2021, doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.068.
- [38] S. C. Rodriguez, “Validación de un método analítico para la determinación de boro en muestras foliares de *Citrus reticulata*,” *Rev. Tumbaga*, vol. 1, no. 7, 2012.
- [39] A. L. Arnal, “Digitalización de la agricultura, un reto y una oportunidad,” *Navarra Agrar.*, no. 240, pp. 4–8, 2020.

- [40] A. Knierim, M. Kernecker, K. Erdle, T. Kraus, F. Borges, and A. Wurbs, "Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub," *NJAS - Wageningen J. Life Sci.*, vol. 90–91, 2019, doi: 10.1016/j.njas.2019.100314.

### NOTA BIOGRÁFICA



Andrés Leonardo Pasato Guanga. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-1784-0359>  
Es estudiante de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. Su línea de investigación es Tecnología de investigación y sistemas de control. Sus principales áreas de interés son la ciencia de los alimentos, economía circular, gestión de la calidad.



Esteban Mauricio Fuentes Pérez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-1094-086X>  
Es Ingeniero en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador (2008) y tiene una maestría en Seguridad Alimentaria de la Universidad Politécnica de Valencia - España (2013). Posteriormente, obtuvo un doctorado en Ciencia Tecnología y gestión Alimentaria por la Universidad Politécnica de Valencia - España (2017), enfocado en la aplicación de una lengua electrónica voltamétrica para el análisis de alimentos líquidos. Actualmente es Docente Investigador en la Universidad Técnica de Ambato, sus principales áreas de interés son la ciencia de los alimentos, la química, los sensores.





This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Pasato Guanga & Fuentes Pérez. Análisis no invasivo basado en imagen como alternativa sostenible para la industria alimentaria: revisión bibliográfica.  
Julio – Diciembre 2021  
<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i3.374>

