



AlphaCounter: desarrollo de una herramienta computacional para el análisis de huellas de partículas alfa en LR-115 en estudios de radón



Gerardo A. Mitma¹ Jhann C. Reyes¹ Galo Patiño¹

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen

En este estudio se introduce *AlphaCounter*, un sistema computacional diseñado para el conteo automático de huellas nucleares alfa en detectores sólidos de trazas, como CR-39 y LR-115, ampliamente empleados en el monitoreo de gas radón. El sistema utiliza técnicas de procesamiento digital de imágenes que abarcan etapas de preprocesamiento, segmentación y análisis morfológico para la detección y cuantificación de huellas alfa. *AlphaCounter* disminuye de manera significativa el tiempo de análisis y la subjetividad inherente al conteo manual, ofreciendo resultados reproducibles y confiables para aplicaciones en protección radiológica y monitoreo ambiental. Los resultados obtenidos evidencian una excelente concordancia con el conteo manual, con un coeficiente de correlación de $r = 0.985$ y un error porcentual medio del 2.53%, lo que demuestra la alta confiabilidad del método automatizado. En conjunto, el conteo automatizado se consolida como una herramienta precisa y eficiente para la cuantificación de huellas nucleares, contribuyendo al fortalecimiento de técnicas de monitoreo radiológico de bajo costo y elevada reproducibilidad.

1: Introducción

El gas radón es una fuente importante de radiación natural en interiores y representa un riesgo para la salud, por lo que su monitoreo es relevante en protección radiológica. Los detectores sólidos de trazas nucleares se usan ampliamente para este fin, aunque el conteo manual de huellas presenta limitaciones. Para superar estas dificultades, se desarrolló AlphaCounter, un software que automatiza el conteo de huellas alfa mediante procesamiento digital de imágenes. La herramienta fue validada frente a métodos tradicionales y aplicada a la estimación de concentraciones de radón y dosis ocupacionales en distintos ambientes interiores.

2: Metodología

Metodología

El desarrollo del sistema se estructuró en cinco etapas.

- Primera etapa:** Diseño del software e implementación de algoritmos de preprocesamiento, binarización y segmentación de imágenes.
- Segunda etapa:** Desarrollo de técnicas de reconocimiento de patrones para la clasificación de huellas alfa y optimización del conteo.
- Tercera etapa:** Exposición de detectores LR-115 en ambientes ocupacionales (30-90 días) y su posterior revelado químico.
- Cuarta etapa:** Validación del software mediante la comparación del conteo automatizado frente al manual y sistemas de referencia.
- Quinta etapa:** Evaluación radiológica, cálculo de la concentración de radón y estimación de la dosis efectiva ocupacional.

Ruta del radón-222

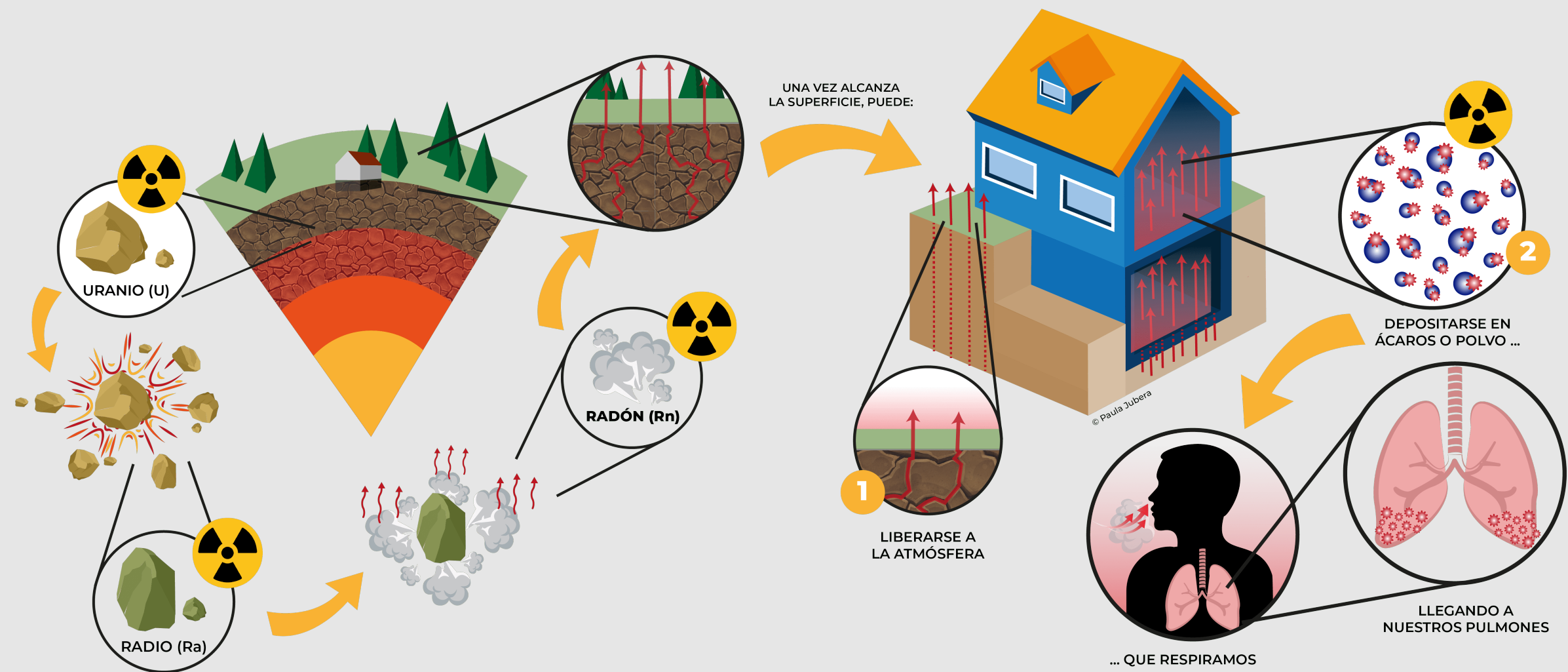


Figura 1. El radón se origina en el suelo, migra al aire interior, se inhala y sus descendientes radiactivos se depositan en los pulmones.

Arquitectura y procesamiento

Se utiliza **LabVIEW** para la adquisición, control e interfaz gráfica del sistema, **C++** y **Python** para implementar algoritmos de procesamiento de imágenes en AlphaCounter.

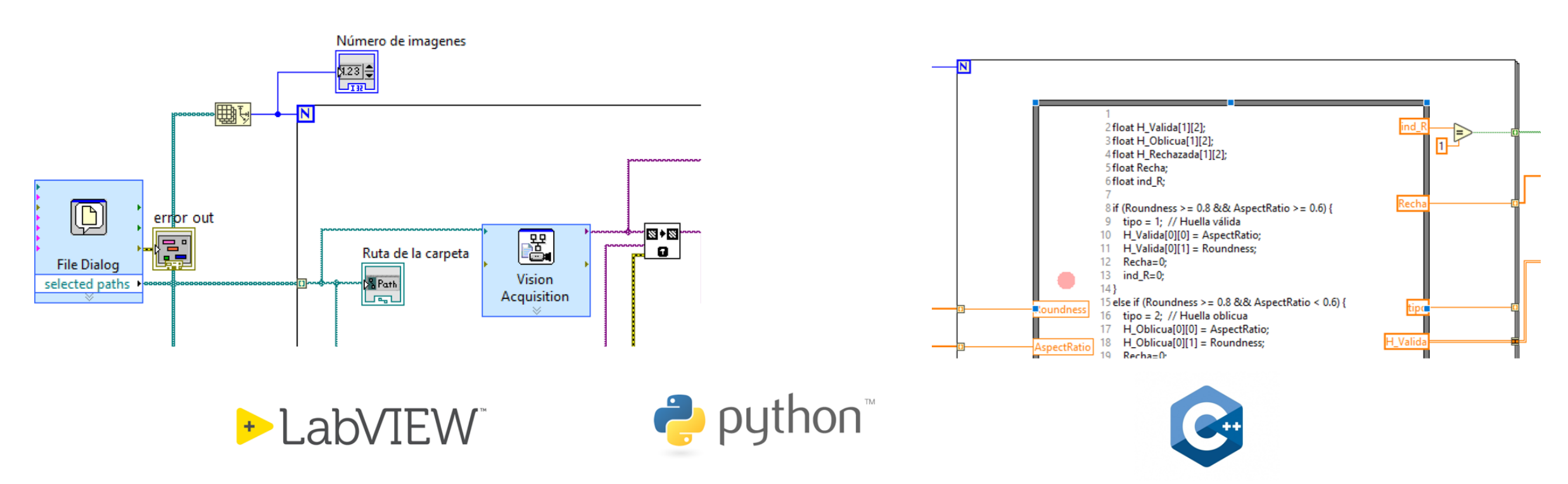


Figura 2. En el lado izquierdo se utiliza Labview en la arquitectura del software y también se combina con C++ para el procesamiento de huellas nucleares.

La escala de grises nos permite seleccionar el umbral adecuado para detectar las huellas de Rn-222. Este umbral, o corte de la montaña, facilita la clasificación de las huellas según el ángulo de incidencia y, sobre todo, permite diferenciar claramente entre las huellas reales y los posibles ruidos presentes en la micrografía.

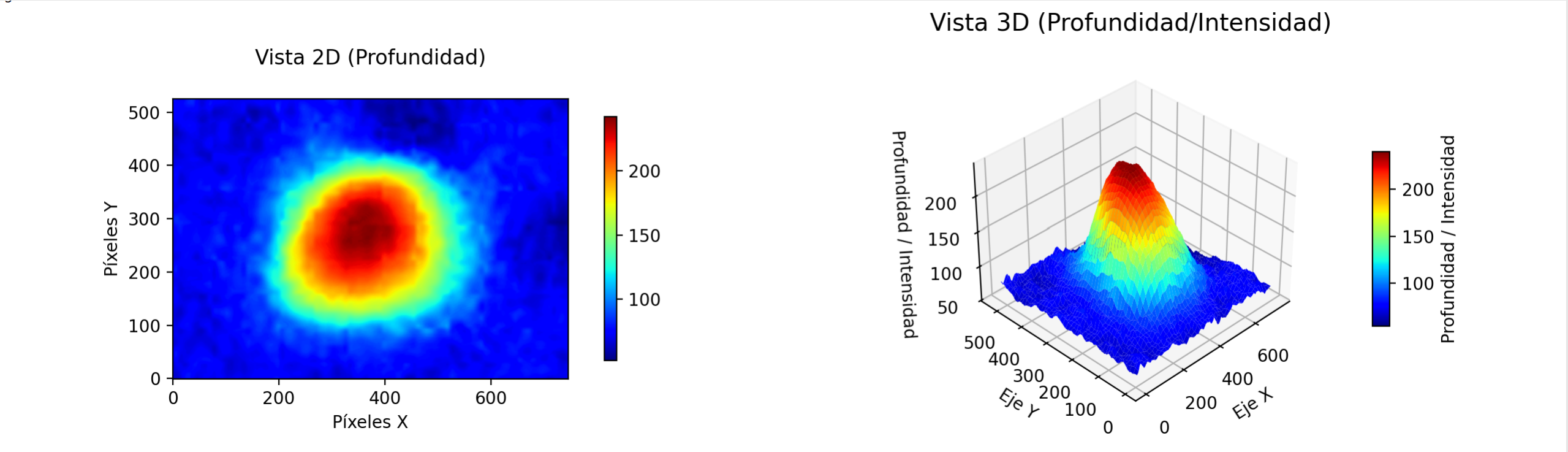


Figura 3. Coloreado de la escala de grises para resaltar la profundidad de la huella en 2D y 3D.

Conteo manual y conteo automatico

Se empleó un conjunto de microfotografías digitales de detectores de trazas nucleares tipo LR-115 previamente revelados. Las imágenes, en formato .png, presentan una resolución de 5184x3486 píxeles,

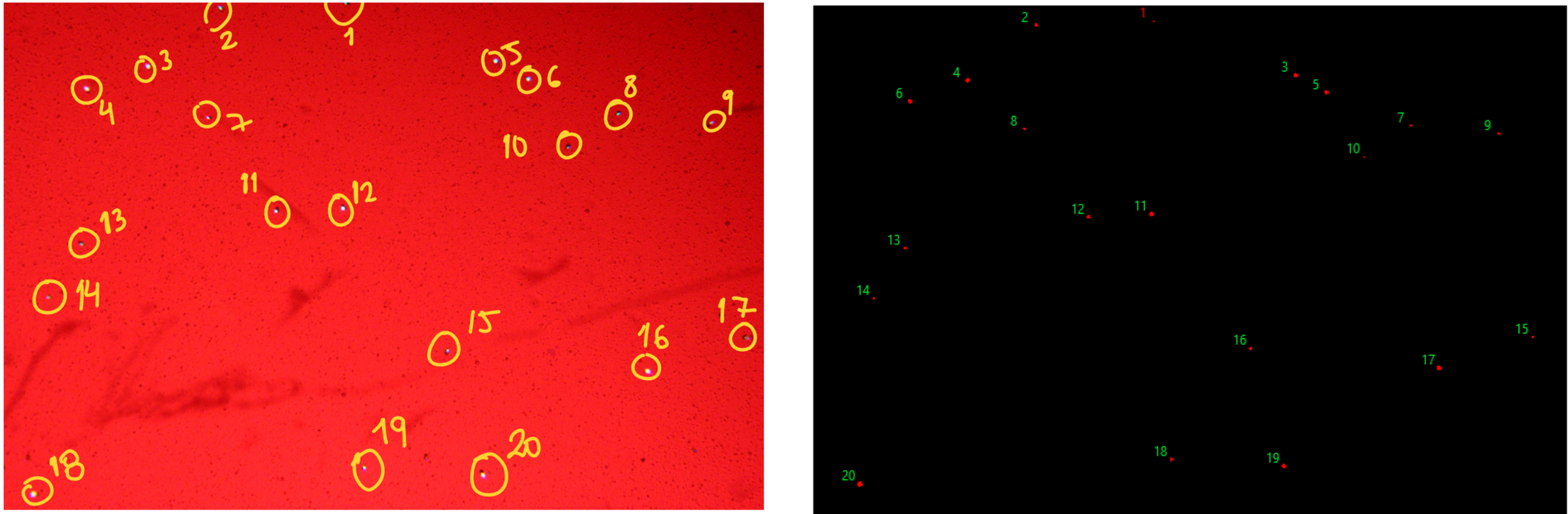


Figura 4. En el lado izquierdo se muestra el conteo manual y al lado derecho el conteo automatizado con el software AlphaCounter. .

3: Resultados

Parte de los valores obtenidos para cada imagen se muestra en la Tabla 1. En general, se trabajó con 16 imágenes para este póster, se observa una coincidencia notable entre los conteos realizados manualmente y los determinados mediante el software, con diferencias mínimas que no superan 3 huellas por imagen.

Imagen	Manual	Automático	Diferencia	Error (%)
IMG_0050	13	14	+1	7.69
IMG_0059	22	22	0	0.00
IMG_0060	22	22	0	0.00
IMG_0063	15	15	0	0.00
IMG_0064	15	14	-1	6.67
IMG_0065	15	15	0	0.00
IMG_0066	18	19	+1	5.56

Tabla 1. Comparación entre el conteo manual y el conteo automatizado de huellas.

Los parámetros estadísticos correspondientes a los conteos manuales y automatizados de las 16 imágenes se presentan en la **Tabla 2**. Los valores medios son prácticamente idénticos, con una diferencia de 0.06 huellas entre ambos métodos. Las desviaciones estándar también son muy próximas, lo que indica una dispersión similar en los datos.

Parámetro	Conteo Manual	Conteo Automático
Promedio (\bar{x})	16.44	16.38
Desviación estándar (s)	4.11	3.93
Error porcentual medio		2.53
Coefficiente de correlación (r)		0.985

Tabla 2. Parámetros estadísticos de los conteos manuales y automatizados.

El coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0.985$) revela una correlación muy alta y positiva entre ambos conjuntos de datos, lo que valida el desempeño del software como una herramienta confiable para el conteo de huellas nucleares de Rn-222 en el detector LR115.

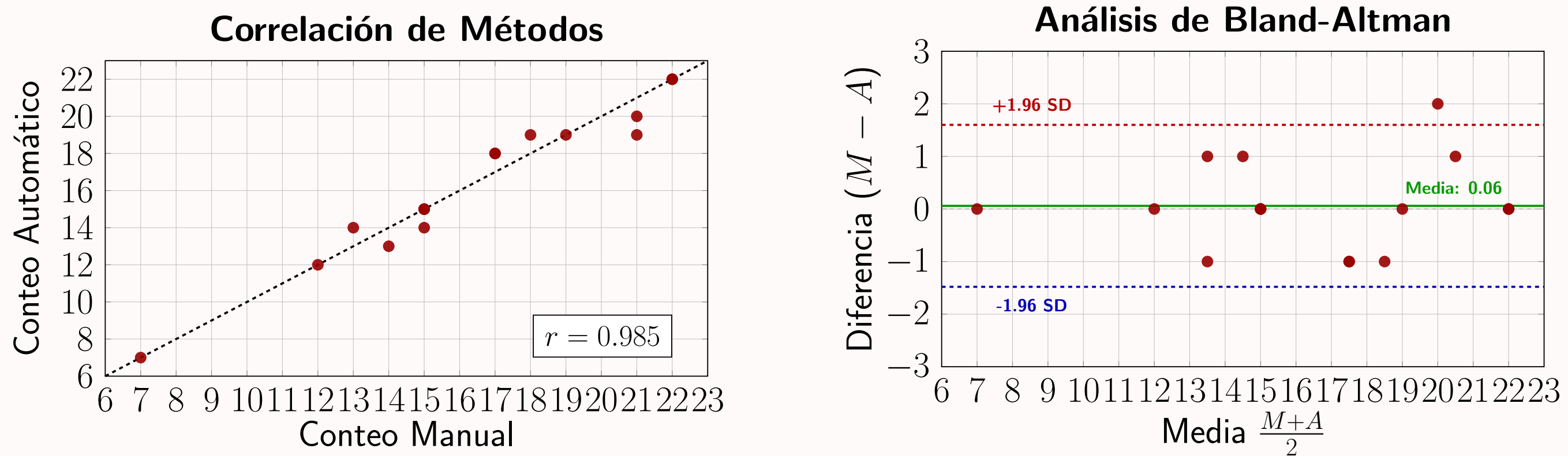


Figura 5. Evaluación del desempeño del conteo automatizado frente al manual.

Referencias

- Sánchez Rodas, L. A. (2010). "Software para el conteo y clasificación de huellas nucleares alfa de incidencia normal sobre el polímero CR-39". Tesis de maestría. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/339>.
- Nikezic, D. and K. N. Yu (2003). "Profiles and parameters of tracks in the LR 115 detector irradiated with alpha particles". In: *Measurement Science and Technology* 14.7, pp. 1051–1056. DOI: 10.1088/0957-0233/14/7/321.
- Fleischer, R. L., P. B. Price, and R. M. Walker (1975). *Nuclear Tracks in Solids: Principles and Applications*. Berkeley: University of California Press.
- Fleischer, R. L., P. B. Price, and R. M. Walker (1965). "Solid-state track detectors: Applications to nuclear science and geophysics". In: *Science* 149.3682, pp. 383–393. DOI: 10.1126/science.149.3682.383.