

Claridad Solar: Explorando las Manchas Solares a Través del Procesamiento de Imágenes

1st Jesus Chaves Acero
Ciencias exactas e ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá D.C
jesus.chaves@usa.edu.co

2nd Diego Bermudez Gonzalez
Ciencias exactas e ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá D.C
diego.bermudez01@usa.edu.co

3rd Laura Gomez Amaya
Ciencias exactas e ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá D.C
laura.gomez05@usa.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta un enfoque innovador para mejorar la definición de las manchas solares mediante el procesamiento de imágenes capturadas por el Atmospheric Imaging Assembly (AIA) a bordo del Observatorio de Dinámica Solar (SDO) de la NASA. Se aplican técnicas avanzadas, como suavizado, transformación lineal, ecualización de imágenes y ajuste de gamma, para preparar las imágenes de manchas solares. El pipeline propuesto incluye umbralización, dilatación y segmentación, logrando una identificación precisa de las manchas solares. Este estudio aborda la falta de claridad en las imágenes, proporcionando una base sólida para el análisis detallado de las manchas solares y su impacto en diversos campos, desde la astrofísica hasta el clima terrestre.

Palabras clave: *Manchas Solares, Procesamiento de Imágenes, Segmentación, Claridad, Filtro Gaussiano, AIA*

I. INTRODUCCIÓN

El Sol, fuente inagotable de energía para la vida en la Tierra, ha sido objeto de estudio e intriga a lo largo de la historia. Su actividad dinámica, expresada mediante fenómenos como las manchas solares, erupciones solares y variaciones en su radiación, despierta un interés constante en la comunidad científica. Estos eventos solares no solo influyen en nuestro clima y sistemas de comunicación, sino que también desempeñan un papel crucial en la física de plasmas y la astrofísica [1].

El estudio de las manchas solares se ha abordado desde diversas perspectivas. En un trabajo previo [2], se implementó la clasificación automática de grupos de manchas solares mediante el uso de redes neuronales, destacando la importancia de la clasificación para comprender la actividad solar y sus posibles impactos. Otro enfoque [3] se centró en la detección automatizada de actividades de manchas solares, utilizando un modelo avanzado para analizar imágenes solares. Estas estrategias evidencian la necesidad de abordar la

definición y claridad en las imágenes de manchas solares, un desafío significativo en el campo [2] [3].

En este contexto, el presente trabajo propone un enfoque innovador para mejorar la definición de las manchas solares mediante el procesamiento de imágenes capturadas por el Atmospheric Imaging Assembly (AIA) a bordo del Observatorio de Dinámica Solar (SDO) de la NASA. Se aplican técnicas avanzadas, como suavizado, transformación lineal, ecualización de imágenes y ajuste de gamma, para preparar las imágenes de manchas solares. El pipeline propuesto incluye umbralización, dilatación y segmentación, logrando una identificación precisa de las manchas solares. Este estudio aborda la falta de claridad en las imágenes, proporcionando una base sólida para el análisis detallado de las manchas solares y su impacto en diversos campos, desde la astrofísica hasta el clima terrestre.

II. SELECCIÓN DE IMÁGENES

Las imágenes de manchas solares se obtienen de AIA en cuatro fechas diferentes: el 4 de septiembre de 2023, el 11 de septiembre de 2023, el 18 de septiembre de 2023 y el 25 de septiembre de 2023. Estas imágenes se capturan en múltiples longitudes de onda específicas, cada una correspondiente a un tipo particular de luz emitida por el Sol. A continuación se presentan las 10 longitudes de onda específicas utilizadas para observar el Sol:

- **1700 Å (marrón rosado):** Luz emitida por la superficie del Sol, la fotosfera y la cromosfera.
- **4500 Å (amarillo):** Luz emitida desde la fotosfera.
- **1600 Å (amarillo-verde):** Luz emitida por el carbono a 10,000 Kelvin, entre la fotosfera superior y la región de transición.
- **304 Å (rojo):** Luz emitida por el helio a 50,000 Kelvin, en la región de transición y la cromosfera.
- **171 Å (marrón amarillo):** Luz emitida por el hierro a 600,000 Kelvin, en la atmósfera o corona cuando está calmada.

- **193 Å (marrón brillante):** Luz emitida por el hierro a 1,000,000 y 20,000,000 Kelvin, en zonas más cálidas de la corona y durante las erupciones solares.
- **211 Å (púrpura):** Luz emitida por el hierro a 2,000,000 Kelvin, en las regiones más calientes y magnéticamente activas de la corona.
- **335 Å (azul):** Luz emitida por el hierro a 2,500,000 Kelvin en las regiones más calientes y magnéticamente activas de la corona.
- **94 Å (verde oscuro):** Luz emitida por el hierro a 6,000,000 Kelvin, en regiones muy calientes de la corona durante una erupción solar.
- **131 Å (aguamarina):** Luz emitida por el hierro a más de 10 millones de Kelvin por los elementos más calientes de las eyecciones solares.[8]

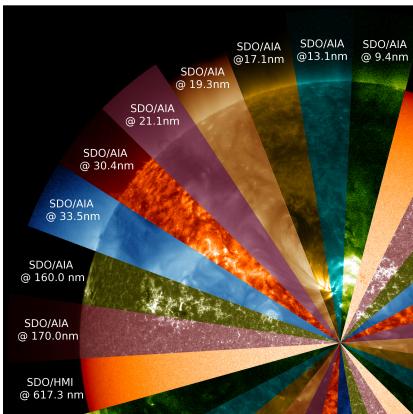


Figura 1: Imagen de ejemplo de las 10 longitudes de onda [5].

A continuación las imágenes seleccionadas del 4 de septiembre de 2023:

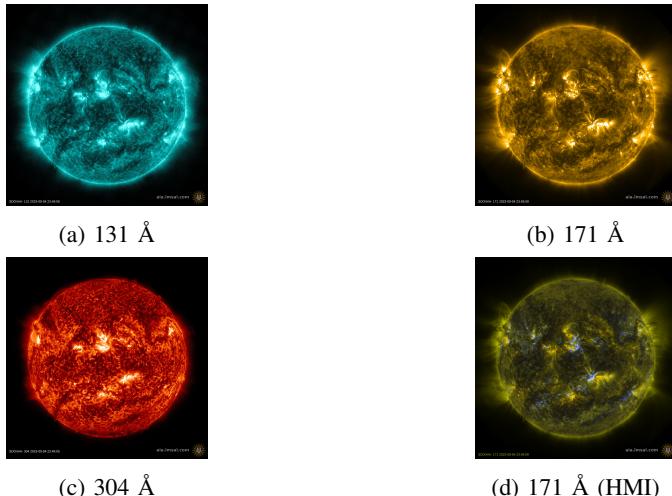


Figura 2: Imágenes de manchas solares del 4 de septiembre de 2023[3]

III. METODOLOGÍA

Antes de describir el pipeline de procesamiento de imágenes, es crucial comprender los conceptos fundamentales

relacionados con los filtros y técnicas utilizados en cada etapa del proceso [6][7]. A continuación, se presenta una metodología detallada que cubre los aspectos teóricos y prácticos de las operaciones involucradas en el pipeline de procesamiento de imágenes propuesto.

III-A. Definición de Filtros y Técnicas

La metodología comienza con la definición de filtros y técnicas que son fundamentales para el procesamiento de imágenes solares. Los filtros lineales y no lineales, junto con las operaciones en el dominio de la frecuencia, se describen en detalle.

III-B. Descripción del Pipeline de Procesamiento

El pipeline de procesamiento de imágenes solares se divide en varias etapas, cada una diseñada para lograr un objetivo específico. A continuación, se detalla cada una de las etapas del pipeline y las técnicas aplicadas en cada una de ellas:

III-B1. Reducción de Ruido en el Dominio de la Frecuencia: En esta etapa, se aplica la Transformada de Fourier a la imagen para obtener su representación en el dominio de la frecuencia. A través de un filtro paso bajo, se reduce el ruido presente en la imagen, preservando las frecuencias bajas que representan las áreas suaves de la imagen. El filtro Gaussiano se utiliza para atenuar las frecuencias no deseadas y obtener una imagen suavizada [6].

III-B2. Ajuste del Contraste y Brillo: Despues de la reducción de ruido, se realiza un ajuste del contraste y brillo de la imagen suavizada. Se aplica una transformación lineal para modificar el contraste y el brillo de la imagen. La función `cv2.convertScaleAbs` se utiliza para aplicar esta transformación lineal, ajustando los parámetros alfa (contraste) y beta (brillo) de la imagen. Este ajuste resalta las características de interés en la imagen y mejora la visualización general[7].

III-B3. Ecualización del Histograma: En esta etapa, se aplica la ecualización del histograma para mejorar la distribución de los niveles de intensidad en la imagen. La función `exposure.equalize_hist` se utiliza para realizar esta ecualización, lo que tiene como resultado una mejora significativa en el contraste y los detalles de la imagen. Esta técnica es esencial para resaltar detalles en áreas de intensidad baja o alta [7].

III-B4. Corrección Gamma: La siguiente etapa del pipeline implica la corrección gamma, que se realiza para ajustar el brillo de la imagen ecualizada. La función `correccion_gamma` se aplica para introducir una transformación no lineal a los valores de píxeles, mejorando así la visualización de la imagen. Esta corrección gamma es esencial para adaptar la imagen a las condiciones específicas de visualización y garantizar una representación visualmente coherente [7].

III-B5. Umbralización : Luego de la corrección gamma, se aplica un umbral a la imagen resultante para obtener solo dos valores de intensidad.

III-B6. Dilatación: Posteriormente, se realiza una operación de dilatación para ampliar y mantener las formas y bordes en la imagen, proporcionando una apariencia más uniforme.

III-B7. Segmentación con Trazos de Colores Específicos:

Se lleva a cabo la segmentación de la imagen con trazos de colores específicos. Los contornos obtenidos de la dilatación se resaltan mediante contornos de colores en la imagen original, facilitando la visualización de las áreas segmentadas. Cada longitud de onda utilizada en el análisis se asocia con un color específico: SDO/AIA 131 (Azul), SDO/AIA 171 (Rojo), y SDO/HM 171 (Verde).

III-B8. Análisis de Longitudes de Onda: Finalmente, se trabajan con tres longitudes de onda para obtener imágenes individuales con los segmentos del área capturada según la frecuencia. Estas imágenes se obtienen al analizar la información en diferentes frecuencias y resaltar las áreas de interés en cada longitud de onda.

A continuación se muestra el diagrama del tratamiento de las imágenes utilizadas:

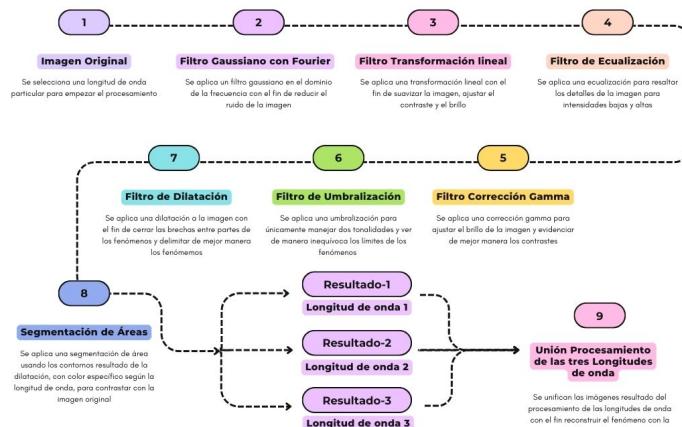


Figura 3: Diagrama de tratamiento de las imágenes .

RESULTADOS

Este pipeline de procesamiento de imágenes solares comienza con la reducción de ruido en el dominio de la frecuencia, seguido por el ajuste de contraste y brillo, la ecualización del histograma y la corrección gamma. Luego, se aplican transformaciones adicionales, como la umbralización, dilatación, segmentación de áreas y la consolidación de resultados de estas transformaciones en las tres frecuencias.

La combinación de estas técnicas destaca de manera efectiva los epicentros de las manchas solares, facilitando su interpretación. Cada fase del proceso se desarrolla de manera secuencial y en el orden mencionado, asegurando una mejora gradual en la imagen y su adaptación a diversas condiciones de iluminación, ruido y contraste. Las imágenes resultantes de cada etapa se presentan visualmente, permitiendo una evaluación cualitativa del impacto de cada paso en la calidad final de la imagen solar.

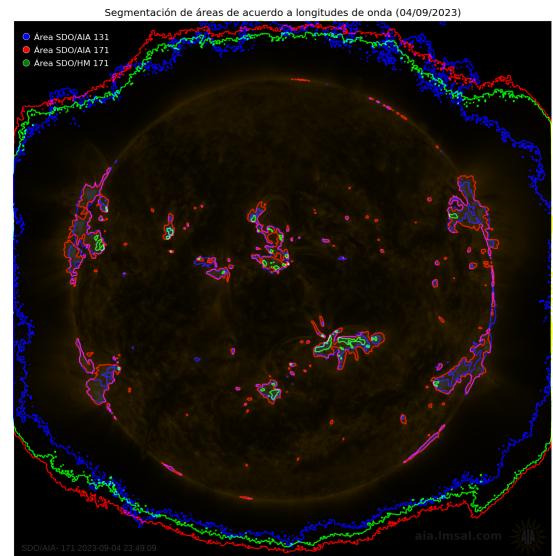


Figura 4: Resultado imagen 04/09/2023.

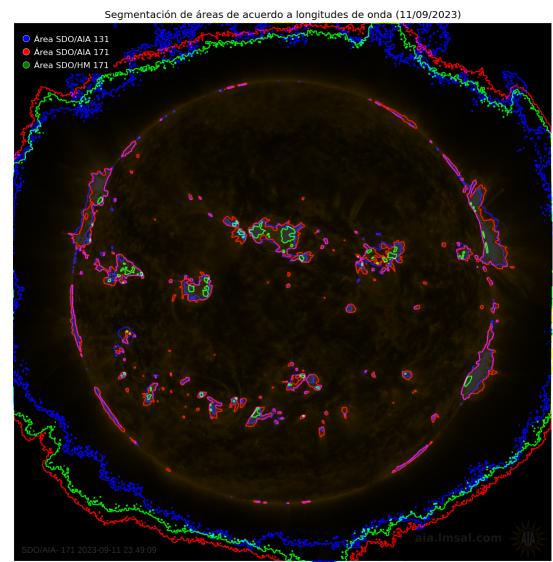


Figura 5: Resultado imagen 11/09/2023.

IV. CONCLUSIONES

El análisis de imágenes solares a lo largo de diferentes fechas y en distintas longitudes de onda proporciona valiosa

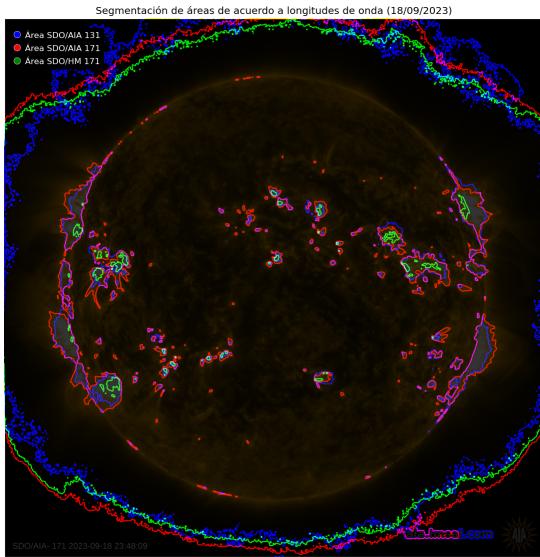


Figura 6: Resultado imagen 18/09/2023.

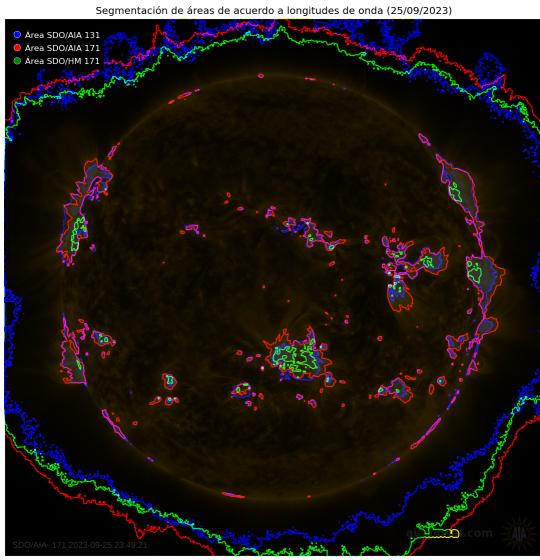


Figura 7: Resultado imagen 25/09/2023.

información sobre la dinámica solar en diversos momentos y condiciones. La implementación del pipeline de procesamiento de imágenes ha demostrado ser fundamental para revelar detalles significativos en las imágenes capturadas por el instrumento SDO/AIA. A continuación, se presentan algunas conclusiones clave derivadas de este análisis:

IV-A. Variaciones Temporales en la Dinámica Solar

- Se observaron variaciones notables en las imágenes solares a lo largo de las diferentes fechas. Estas variaciones están relacionadas con la actividad solar en ese momento específico, como las erupciones solares y la presencia de regiones activas.
- Las imágenes procesadas revelaron cambios en las estructuras solares, como la evolución de las prominencias,

las llamaradas solares y las regiones activas. Estas variaciones temporales son cruciales para comprender la actividad solar en curso.

IV-B. Sensibilidad a Diferentes Longitudes de Onda

- El análisis en múltiples longitudes de onda (131 Ångströms, 171 Ångströms, 304 Ångströms y HM171) permitió estudiar diferentes capas de la atmósfera solar. Cada longitud de onda resalta diferentes características solares, como las capas cromosféricas y coronales.
- La longitud de onda SDO/HM 171 destaca los epicentros de las manchas solares, mientras que las longitudes de onda SDO/AIA 171 y SDO/AIA 131 resaltan las propagaciones de las erupciones solares.

IV-C. Importancia de la Documentación y Presentación

- La documentación detallada y la presentación visual de los resultados son esenciales para comunicar de manera efectiva las observaciones realizadas. La organización clara de los resultados por fecha y longitud de onda, junto con las imágenes procesadas, facilita la comprensión y el análisis por parte de otros científicos y expertos en el campo.

REFERENCIAS

- [1] Adipranata, R., Budhi, G. S., & Setiahadi, B. (2013). Automatic Classification of Sunspot Groups for Space Weather Analysis. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 8(3), 41. Petra Christian University, Surabaya, Indonesia. [En línea]. Disponible: https://repository.petra.ac.id/15994/1/Publikasi1_99015_675.pdf
- [2] T. I., M., Murugan, D., & Kumar, T. G. (2014). Automatic Detection of sunspot activities using advanced detection model. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 16(2), 83-87. MET'S School of Engineering, India. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/T-Ganesh-Kumar-2/publication/271294616_Automatic_Detection_of_sunspot_activities_using_advanced_detection_model/links/58bd3cbc6fdcc2d14e675d1/Automatic-Detection-of-sunspot-activities-using-advanced-detection-mod.pdf
- [3] NASA Solar Dynamics Observatory. [En línea]. Disponible: <https://sdo.gsfc.nasa.gov/>
- [4] NOAA Space Weather Prediction Center. [En línea]. Disponible: <https://www.swpc.noaa.gov/>
- [5] Lmsal.com. (S/f). Recuperado el 28 de agosto de 2023, de https://www.lmsal.com/solarsoft/ssw/last_events-2023/
- [6] Ruiz Fernández, L. Á. (2016). La transformada de Fourier. Aplicación al filtrado de imágenes. [Tesis de licenciatura, Nombre de la Universidad]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/68301>, <https://riunet.upv.es/handle/10251/68301>
- [7] Viera-Maza, G. (2017). Procesamiento de imágenes usando OpenCV aplicado en Raspberry Pi para la clasificación del cacao. [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánico-Eléctrica]. Recuperado de

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2916/
IME_218.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2916/IME_218.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
[8] astronoo. [En línea]. Disponible: <https://www.astronoo.com/es/articulos/luces-del-sol-y-longitudes-de-onda.html>
Repositorio del Proyecto en Google Colab:
[https://github.com/jchaves1406/procesamiento_imagenes/
blob/main/proyecto.ipynb](https://github.com/jchaves1406/procesamiento_imagenes/blob/main/proyecto.ipynb)