



# Tendencia del NDVI en el Área de Conservación Regional Angostura Faical de Tumbes, Perú, 1999-2019

## NDVI trend in the Angostura Faical Regional Conservation Area of Tumbes, Peru, 1999-2019

Ruben Anthony Roque Quiroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Agrícola – Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

\*Autor corresponsal: [120164172@untumbes.edu.pe](mailto:120164172@untumbes.edu.pe) (R. A. Roque Quiroz).

ID ORCID de los autores

R. A. Roque Quiroz:  <https://orcid.org/0000-0003-3399-1325>

### RESUMEN

El Área de Conservación Regional Angostura Faical, es una superficie protegida del Bosque Seco Ecuatorial, que busca garantizar el uso apropiado de los recursos de fauna y flora bajo prácticas sostenibles por las poblaciones locales, además de mermar los efectos del cambio climático. Por ello se determinó la tendencia del Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) en el Área de Conservación Regional Angostura Faical y se cuantificó las áreas en función a su tendencia en el tiempo. Los sistemas de información geográficos, la teledetección y las plataformas como Google Earth Engine permitieron obtener los datos de las imágenes satelitales Landsat 5-7-8 y además se empleó el lenguaje de programación R en el entorno de desarrollo integrado RStudio para el análisis estadístico con el test de Mann Kendall el cual es de carácter cualitativo. Se encontró que en la serie de tiempo la tendencia neutral predomina con un comportamiento normal en una superficie de 7 304, 568 hectáreas, en caso favorable en la vegetación se encontró 1 489, 457 hectáreas con tendencia positiva y con tendencia negativa en la vegetación una superficie de 0, 458 hectáreas ubicadas cercanas a la quebrada La Angostura por donde se capta la escorrentía en tiempo lluviosos. Se debe considerar que el monitoreo del medio ambiente, es de vital importancia para la conservación de las áreas naturales y de suma importancia para las que prestan un servicio ambiental. Por ello se debe conocer el comportamiento de nuestras áreas protegidas para la toma de decisiones con fundamentos y afianzándose de la tecnología.

**Palabras clave:** NDVI; Tendencia; Angostura Faical; Mann Kendall; RStudio.

### ABSTRACT

The Angostura Faical Regional Conservation Area is a protected area of the Equatorial Dry Forest, which seeks to guarantee the appropriate use of fauna and flora resources under sustainable practices by local populations, in addition to reducing the effects of climate change. Therefore, the trend of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Angostura Faical Regional Conservation Area was determined and the areas were quantified based on their trend over time. Geographic information systems, remote sensing and platforms such as Google Earth Engine made it possible to obtain data from Landsat 5-7-8 satellite images, and the R programming language was also used in the RStudio integrated development environment for statistical analysis with the Mann Kendall test which is qualitative in nature. It was found that in the time series the neutral trend predominates with a normal behavior in an area of 7,304,568 hectares, in a favorable case in the vegetation, 1,489,457 hectares were found with a positive trend and with a negative trend in the vegetation one surface of 0, 458 hectares located near the La Angostura creek where runoff is captured in rainy weather. It should be considered that the monitoring of the environment is of vital importance for the conservation of natural areas and of the utmost importance for those that provide an environmental service. For this reason, the behavior of our protected areas must be known in order to make decisions with foundations and taking hold of technology.

**Keywords:** NDVI; Trend; Faical Narrowness; Mann Kendall; RStudio.

Recibido: 13-06-2022.

Aceptado: 18-09-2022



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

Las coberturas vegetales vienen siendo monitoreadas en el paso del tiempo en series de periodos, tenemos entre eso el Parque Nacional Cerros de Amotape, la Reserva Nacional de Tumbes. con el objetivo de determinar la deforestación y sequías (Campos et al., 2018; Campaña & Tafur, 2021).

El Área de Conservación Regional Angostura Faical que fue creada en el 2011 con el objetivo de incrementar la superficie de bosque seco de las colindantes áreas protegidas, con ello se busca garantizar la conservación de las especies de mamíferos y aves endémicas que hábitat en ella y además reducir la degradación y deforestación del bosque seco ecuatorial, entre otros objetivos (MINAM, 2011).

Pero en Tumbes hasta el 2018 se ha presentado 322, 334 ha deforestadas (MINAM, 2022), la deforestación trae efectos negativos como menor energía disponible para biosfera, aumento en la temperatura, menor evapotranspiración, sequías por disminución de lluvias y escorrentía erosiva (Poveda & Mesa, 1995).

La desertificación y degradación de tierra es considerado uno de los semblantes del cambio climático a nivel global, en argentina es uno de los problemas de mayor impacto ambiental por ello se

planteó el análisis de tendencia del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Gaitán et al., 2015), la tala es la principal amenaza de los bosques, en el 2021 se detuvo a 10 personas en el Área de Conservación Regional Angostura Faical realizando esta actividad ilegal que es una afectación al hábitat de especies endémicas que se desarrollan en ella (Moran, 2021; Angulo, 2009).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), es un índice practico que emplea la banda NIR que es el infrarrojo cercano y la banda red del espectro electromagnético visible, con ello se puede vigilar sequía, el estado de la vegetación, procesos de deforestación y desertificación. según el índice: los valores se encuentran entre el intervalo de -1,0 a 1,0. valores negativos caracterizan a cuerpos de agua, nieve y nubes, 0 suelo desnudo, valores entre 0,2 y 0,3 indican praderas y arbustos, los bosques templados y tropicales presentan valores entre 0,6 a 0,8 (EOS, 2022).

El objetivo de este estudio fue determinar la tendencia del Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) en el Área de Conservación Regional Angostura Faical y cuantificar las áreas en función a su tendencia en la serie de tiempo de 1999 a 2019.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El Área de Conservación Regional Angostura Faical se ubica en el departamento de Tumbes, tiene un área de 8794,50 ha y presenta las coordenadas UTM mostradas en la Tabla 1 (Figura 1).

**Tabla 1**

Puntos del Polígono del Área de Conservación Regional Angostura Faical

| Puntos | Este (m)     | Oeste (m)      |
|--------|--------------|----------------|
| 1      | 566 084,9567 | 9 585 829,9275 |
| 2      | 585 104,9315 | 9 588 741,9409 |
| 3      | 582 237,5001 | 9 577 411,0000 |
| 4      | 581 169,0002 | 9 578 146,0000 |
| 5      | 572 062,6240 | 9 583 678,8603 |
| 6      | 570 586,9052 | 9 584274,7462  |
| 7      | 569 052,2625 | 9 584 575,0646 |
| 8      | 565 981,7095 | 9 585 624,7169 |

Nota: Adaptado de MINAM (2011).

### Obtención de imágenes satelitales

La obtención de las imágenes satelitales se llevó a cabo con la plataforma Google Earth Engine (GEE), que una plataforma muy importante por la cantidad de datos espaciales y su libre disposición, también se puede realizar operaciones o cálculos en su editor de código que es compatible con el lenguaje JavaScript, su descarga de imágenes se puede realizar con un script que también se puede agregar para exportar los resultados a la cuenta de Google Drive que está asociada, es importante destacar que es de libre acceso y muy versátil (GEE, 2021) (Figura 2).

### Características de las imágenes satelitales

las imágenes de los satélites Landsat 4-7, llevan sensores Thematic Mapper (TM) o Enhanced Thematic Mapper (ETM+) además tienen mejor

resolución espacial y radiométrica, incorpora las longitudes de onda de infrarrojo corto y medio llamados SWIR. Landsat 7 presenta la banda pancromática de mejor resolución espacial. Los sensores Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared (TIRS) se encuentra en el satélite Landsat 8, OLI adiciona bandas como azul profundo y cirrus, TIRS se complementa con más bandas térmicas (Young et al., 2017).

Los sensores térmicos pueden utilizarse para monitorear los recursos hídricos, por la temperatura de la superficie y la evapotranspiración (Anderson et al., 2014), Los datos de Landsat permiten monitorear y mapear la dinámica de la cobertura terrestre y otras propiedades de la superficie (Roy et al., 2014).

El NDVI, como índice proporciona la cantidad y vigor de la vegetación por ser un índice de vegetación ampliamente utilizado emplea las bandas infrarrojo cercano (NIR) y la banda roja visible del espectro electromagnético, y se calcula con la siguiente ecuación (Aryastana et al., 2022):  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ .

### Procesamiento y análisis de tendencia del NDVI

Para el procesamiento de las imágenes satelitales anuales del NDVI, se empleó el entorno de desarrollo integrado del lenguaje de programación R, Rstudio es un IDE que permite manipular datos espaciales y perfectamente adecuado para la estadística. Al ser Open Source, cuenta con varios aportes y librerías que enriquecen su funcionalidad, para esto se empleó librerías como sp, raster, rgdal y kendall.

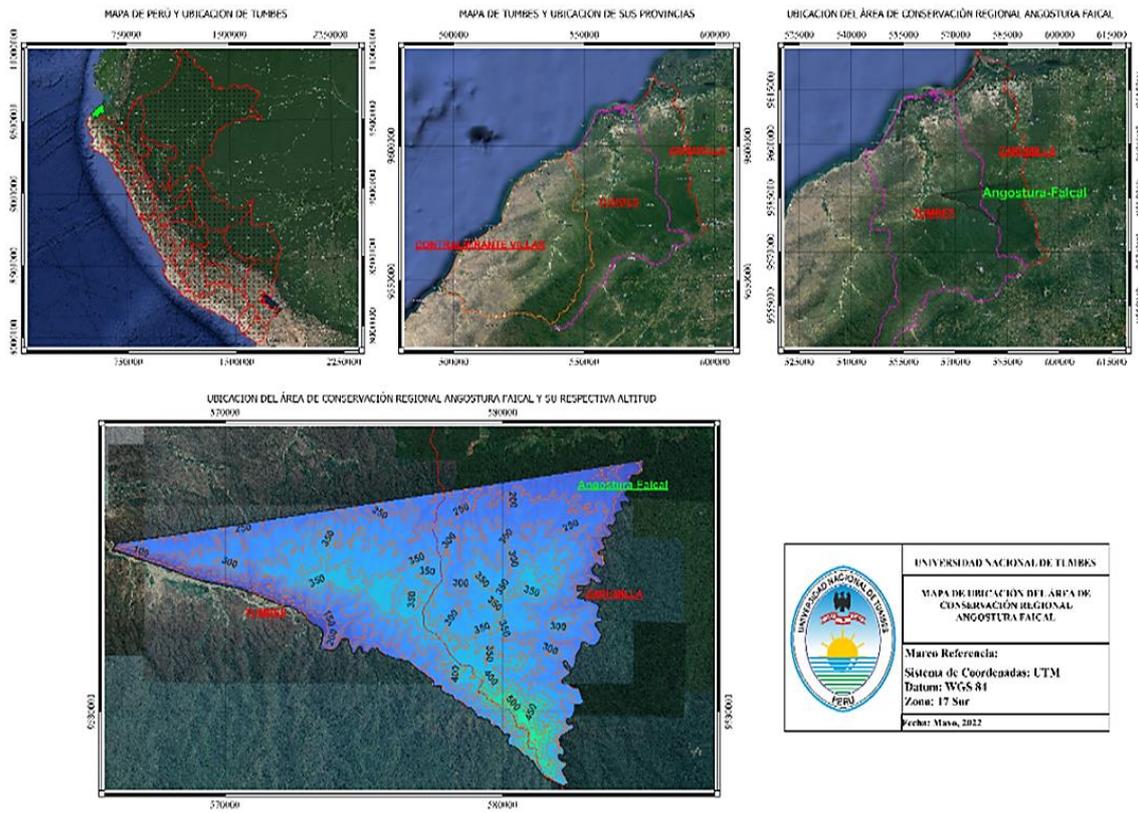


Figura 1. Mapa de ubicación del Área de Conservación Regional Angostura Faical.

Se creo RasterBrick con todas las imágenes respectiva de cada año, con ello se generó un ráster con multicapas, el cual fue sometido al análisis de tendencia por el test Mann Kendall de la librería Kendall que es un test que no cuantifica la tendencia, solo da la implicancia de la tendencia es positiva, neutra y negativa por eso se clasifico en eso tres parámetros. El test Mann Kendall considera los registros de la serie de tiempo de cada valor de pixel del ráster haciendo un

análisis de la serie temporal de todos los años y su tendencia por pixel reclasificado.

**Manipulación y visualización de resultados**

Para la manipulación de los resultados se empleó el software de código abierto QGIS Desktop 3.22.5, se manipulo los resultados generados en Rstudio y se usa la herramienta de geoprocreso para el cálculo de áreas de la tendencia y elaboración de mapas para comunicar los resultados obtenidos.

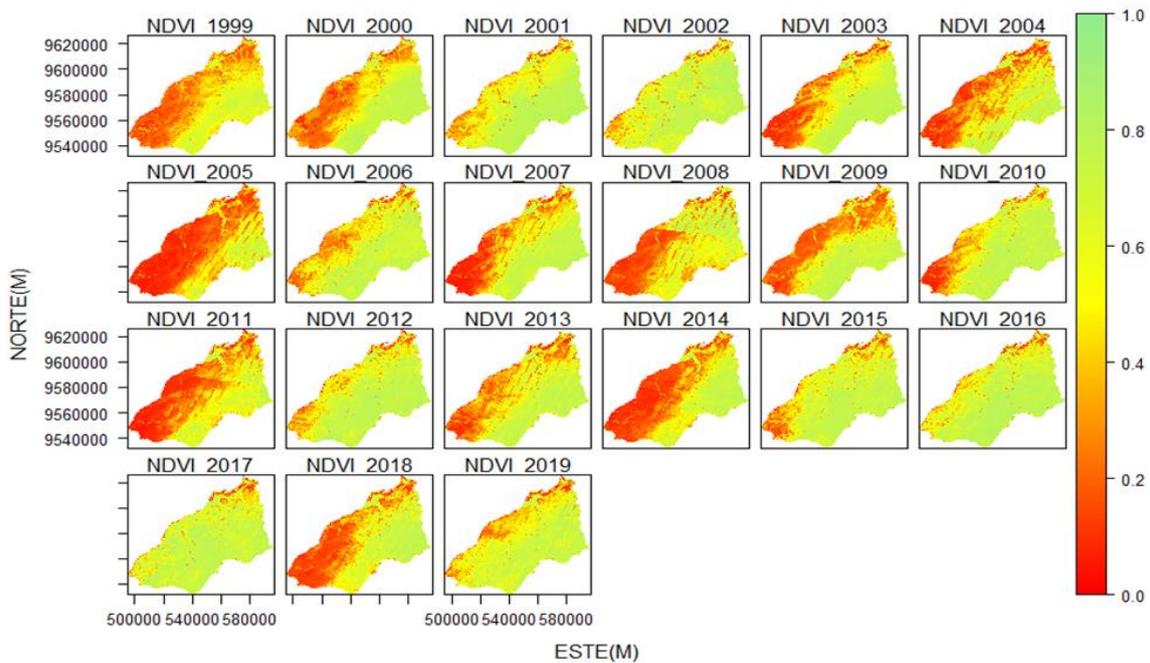


Figura 2. Serie de Imágenes NDVI (1999-2019) Área de Conservación Regional Angostura Faical (Elaborado con imágenes satelitales de Google Earth Engine).

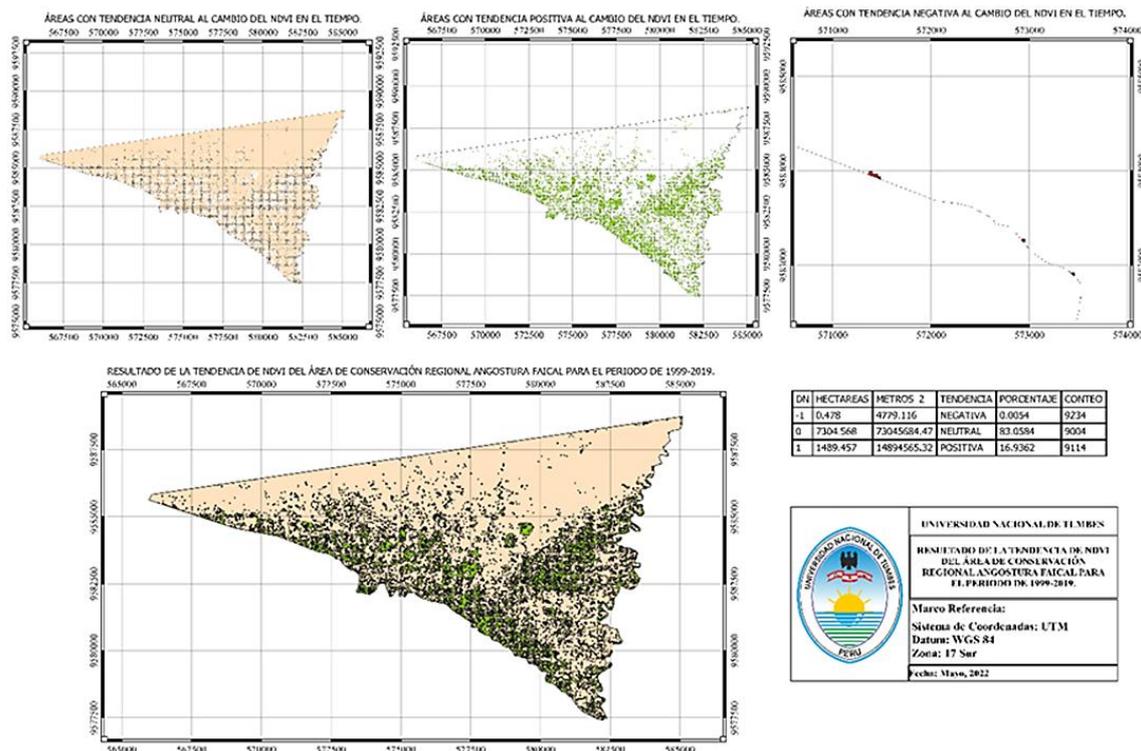
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Luego del procesamiento de las imágenes, el análisis estadístico con el test Mann Kendall para describir la tendencia cualitativa de cambio clasificado, en los intervalos de -1 a 0 tendencia negativa, 0 tendencia neutral y 0 a 1 tendencia positiva (Figura 3).

Se hizo el conteo de la cantidad de pixeles y se realizó la conversión a polígono para ajustar las medidas a la máscara de la zona de estudio. Se encontró que el periodo de 1999 a 2019 los valores de NDVI presentaron una tendencia neutral predominante con 7304,568 hectáreas, tendencia positiva con 1489,457 hectáreas, tendencia negativa con 0,458 hectáreas, que representan en porcentaje 83,0584%; 0,0054% y 16,9362% respectivamente a su superficie total.

Gaitán et al. (2015) realizaron el estudio de tendencia para el periodo 2000-2014, con el objetivo de indicar la degradación de tierras en argentina por medio del NDVI, encontró tendencias negativas con un 37,9%, tendencia positiva en un 5% y tendencia neutral sin cambio significativo con 57,1%. La mayor afectación se dio en el norte de la Patagonia y Chaco Seco región, las tendencias positivas se dieron en las zonas Altoandinas, Puna, Bolsones y Monte de Sierra.

En áreas más extensas el estudio se realizó con el producto MOD13Q1 derivados del sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), que orbita a bordo del satélite TERRA, el cual presenta mayor resolución espacial y menor resolución temporal, se debe contemplar los factores que interfirieran en los resultados como en este caso la presencia del volcán Caulle-Puyehula pueden interferir por sus residuos de cenizas en las superficie y las especies vegetales, además la presencia del fenómeno El Niño en nuestra región de Tumbes, ocasiona dinamismo en la cobertura vegetal. Como lo menciona Campaña & Tafur (2021), la Reserva Nacional de Tumbes presentó vegetación alta en el año de 1986 con un área de 19142,28 ha, esto después de la ocurrencia del fenómeno El Niño, siendo este su valor más alto en su estudio, esto tiene implicancia debido a la cercanía que se encuentra con nuestra zona de estudio y también el Parque Nacional Cerro de Amotape en el periodo de 2000 al 2014 en su cobertura de superficie vegetal densa tomando como referencia los valores extremos, se encuentra una tendencia negativa o de pérdida de superficie de vegetación densa según Campos et al. (2018).



**Figura 3.** Resultado de las tendencias de NDVI Área Regional de Conservación Angostura Faical.

**CONCLUSIONES**

Se determinó que el Área de Conservación Regional Angostura Faical, en la serie de años que comprende el periodo de 1999-2019 no ha presentado tendencia a pérdida significativa, por el contrario se aprecia un leve aumento en los niveles de NDVI lo cual quiere decir que hay aumento en la

biomasa vegetal, la poca área de tendencia negativa que es menor a 1 ha se localiza en la quebrada La Angostura próxima a donde se realiza la escorrentía y por donde fluye el agua lo cual hace indicar que se presenta erosión por su arrastre.

El uso de los sistemas de información geográficos, la teledetección y los vehículos aéreos no tripulados, deben ser los aliados para el seguimiento y monitoreo de la cobertura vegetal que se encuentra en las áreas de conservación,

parques nacionales, etc. La información resultante de los seguimientos y monitoreos contribuirían a estudios multidisciplinarios como la hidrología y a la toma de decisiones frente al cambio climático.

### AGRADECIMIENTOS

A la Srta. Nicol Antonella Sorroza Oyola, quien amable revisó y tradujo los apartados en inglés.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M. C., Allen, R. G., Morse, A., & Kustas, W. P. (2012). Uso de imágenes térmicas Landsat en el seguimiento de la evapotranspiración y la gestión de los recursos hídricos. *Teledetección del Medio Ambiente*, 122, 50–65.
- Angulo, F. (2009). *Los bosques secos del noroeste del Perú: una invitación a la reflexión*. Lima, Perú. 5 p.
- Aryastana, P., Mosa, M. I. G., Widiana, W., Putra, I. M. E. E., & Rustiawan, G. (2022). Application of normalized difference vegetation index in classifying land cover change over Bangli regency by using Landsat 8 imagery. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering (JIPE)*, 1(1), 8-14.
- Campaña-Olaya, J., & Tafur, E. G. (2021). Análisis multitemporal mediante SIG de la sequía y la deforestación en la Reserva Nacional de Tumbes-Perú, 1986-2019. *Manglar*, 18(3), 267-274.
- Campos, A., Guerrero, E., & Gines, E. (2018). Evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): 2000-2014. *Manglar*, 15(1), 47-56.
- EOS (2022). NDVI. [Earth Observing System]. <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>
- Gaitán, J. J., Donald Bran, D. E., & Azcona, C. (2015). Tendencia del NDVI en el período 2000-2014 como indicador de la degradación de tierras en Argentina: ventajas y limitaciones. *Agriscientia*, 32(2), 83-93.
- GEE. (2021). Google Earth Engine: análisis geoespacial a escala planetaria. <https://earthengine.google.com/platform/>
- MINAM. (2011). Decreto Supremos que establece el Área de Conservación Regional Angostura Faical (Decreto Supremo N° 006-2011-MINAM). Lima, Perú. 439. 138 p.
- MINAM. (2022). *Tumbes, Reporte Estadístico Departamental, diciembre 2021*.
- Moran, C. (2021). *Gobierno regional fortalece la prevención y control de la deforestación y tala ilegal*. <https://regiontumbes.gob.pe/noticias/gobierno-regional-fortalece-la-prevencion-y-control-de-la-deforestacion-y-tala-ilegal/>.
- Pebesma, E. J., & Bivand, R. S. (2005). *Classes and methods for spatial data in R*. R News 5 (2).
- Poveda, G., & Mesa, Ó. (1995). *Efectos hidrológicos de la deforestación*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Minas.
- Roy, D. P., & et al. (2014). Landsat-8: ciencia y visión de producto para la investigación del cambio global terrestre. *Teledetección del Medio Ambiente*, 145, 154–172.
- Young, N. E., Anderson, R. S., Chignell, S. M., Vorster, A. G., Lawrence, R., & Evangelista, P. H. (2017). Una guía de supervivencia para el preprocesamiento de Landsat. *Ecología*, 98, 920-932.