

1. INTRODUCCIÓN

Espectral Free es una aplicación de software libre desarrollada como una herramienta práctica para el procesamiento y análisis de datos espectrales obtenidos mediante espectroradiómetro. Está pensada para facilitar la exploración, filtrado, visualización y análisis de firmas espectrales, tanto en entornos académicos como en trabajos de investigación o aplicaciones profesionales en campos como la Ingeniería Topográfica, Ciencias Ambientales y áreas relacionadas.

Este programa surge como respuesta a una limitación común: muchos de los softwares disponibles para el tratamiento de este tipo de datos (como ENVI, MATLAB o SpectraWiz-ID) requieren licencias costosas o conocimientos avanzados de programación, lo que deja por fuera a usuarios que podrían beneficiarse de estas herramientas, pero que no tienen acceso a ellas o no manejan lenguajes como Python o R. **Espectral Free busca romper esa barrera**, ofreciendo una alternativa sencilla y accesible que se puede usar sin necesidad de escribir una sola línea de código.

1.1 ¿Qué ofrece Espectral Free?

- Carga de múltiples archivos .trm con visualización inmediata de las firmas espectrales.
- Aplicación de filtros de suavizado como: Media Móvil, Mediana, Savitzky-Golay y Gaussiano.
- Cálculo de estadísticas: valores mínimos, máximos, promedio y desviación estándar de las reflectancias.
- Generación de derivadas espectrales de primer orden.
- Cálculo de índices de vegetación predefinidos como NDVI, SAVI, EVI, GLI, entre otros.
- Creación y evaluación de **índices personalizados**, ajustados a las necesidades del usuario.
- Análisis textual de los resultados.
- Exportación de datos en formato .txt para trabajar luego en Excel, Python, R o cualquier procesador de texto/tablas.

1.2 ¿A quién va dirigido?

- **Estudiantes** que estén trabajando en proyectos académicos relacionados con espectroradiometría o índices de vegetación.
- **Investigadores** que necesitan una herramienta ágil para procesar datos espectrales sin depender de plataformas cerradas o costosas.
- **Profesionales** del monitoreo ambiental, la agricultura de precisión, la ecología o la ingeniería, que requieren una forma rápida y clara de obtener información a partir de sus mediciones en campo.

1.3 ¿Qué lo hace diferente?

- **Gratuito y libre:** no hay licencias ni pagos. El programa puede ser usado, distribuido y adaptado libremente.
- **Interfaz amigable:** se puede operar con clics, sin necesidad de saber programación.

- **Multi Formato:** funciona en Windows en dos formatos:
 - **Versión ejecutable (.exe):** lista para usar, sin necesidad de tener Python instalado.
 - **Versión editable (.py):** pensada para usuarios que deseen modificar el código, adaptarlo o integrarlo a otros sistemas.
- **Liviano y sin internet:** no requiere conexión para funcionar ni instalaciones complicadas.

2. MODALIDADES DE USO DEL SOFTWARE

Espectral Free fue pensado para adaptarse tanto a usuarios que simplemente necesitan usarlo de manera rápida, como a aquellos que desean profundizar y modificar su funcionamiento. Por eso, el software está disponible en **dos formas de uso**:

2.1. Versión ejecutable (Espectral Free.exe)

Esta versión está diseñada para usuarios que quieren usar el programa sin complicaciones técnicas. Basta con descargar el archivo ejecutable y abrirlo con doble clic, sin necesidad de instalar Python ni ningún otro software adicional.



Figura 1. Aplicación Espectral Free.exe

Ventajas sobre esta versión:

- No requiere instalación de Python.
- No es necesario instalar librerías ni configuraciones especiales.
- Se ejecuta en la mayoría de computadoras con Windows (Windows 7 o superior).
- Ideal para estudiantes, docentes y profesionales que solo necesitan usar el programa sin entrar al código.

Sugerencias o a tener en cuenta:

- Guardar el archivo en una carpeta de fácil acceso.
- En algunos casos, el antivirus puede bloquear el archivo por ser un ejecutable desconocido. Si eso ocurre, puedes autorizarlo manualmente desde el mismo antivirus (esto es normal en programas hechos de forma independiente).

2.2. Versión editable - archivo “SpectralFree.py” -

Esta versión está pensada para usuarios que desean **modificar o ampliar** las herramientas del programa.



Figura 2. Archivo editable de código Spectral Free

En este caso, se trabaja directamente con el archivo fuente escrito en Python.

- Adaptar o crear nuevos filtros.
- Añadir otros índices de vegetación al código fuente del programa.
- Modificar la interfaz o ajustar funcionalidades específicas.
- Integrar el programa con otras herramientas de análisis.

Requisitos:

- Tener instalado **Python 3.8 o superior**.
- Contar con un editor o entorno de desarrollo (por ejemplo, Spyder, VSCode o incluso IDLE).
- Instalar algunas librerías necesarias como: numpy, scipy, matplotlib, tkinter, numexpr.

¿Para quién está pensada esta versión?

- Personas con conocimientos en Python.
- Investigadores que necesiten adaptar el código a flujos de trabajo específicos.
- Usuarios que quieran colaborar con el proyecto o mejorar la herramienta.

2.3 ¿Qué versión debería usar?

A continuación, dejamos unos casos de ejemplos y sus recomendaciones.

FIN	RECOMENDACIÓN
Si solo necesitas usar el programa	Usa la versión ejecutable (EspectralFree.exe)
Si quieres modificar o extender el software	Versión editable del código (EspectralFree.py)
Si no tienes Python instalado	Usa la versión ejecutable (EspectralFree.exe)
Si tienes conocimientos de programación Python	Versión editable del código (EspectralFree.py)

Tabla 1. Recomendaciones según las necesidades de uso.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INTERFAZ

Al abrir *Espectral Free*, el usuario se encuentra con una interfaz gráfica intuitiva, organizada en secciones bien definidas. El programa está compuesto por dos ventanas principales: la **ventana principal**, donde se cargan y visualizan los archivos, y la **ventana de procesamiento**, donde se aplican filtros, se calculan derivadas e índices, y se genera el análisis.

3.1. Ventana principal

Desde esta ventana se realiza la carga y visualización inicial de los archivos con extensión “.trm”. Aquí el usuario puede ver las firmas espectrales, consultar estadísticas básicas y preparar los archivos para el análisis.

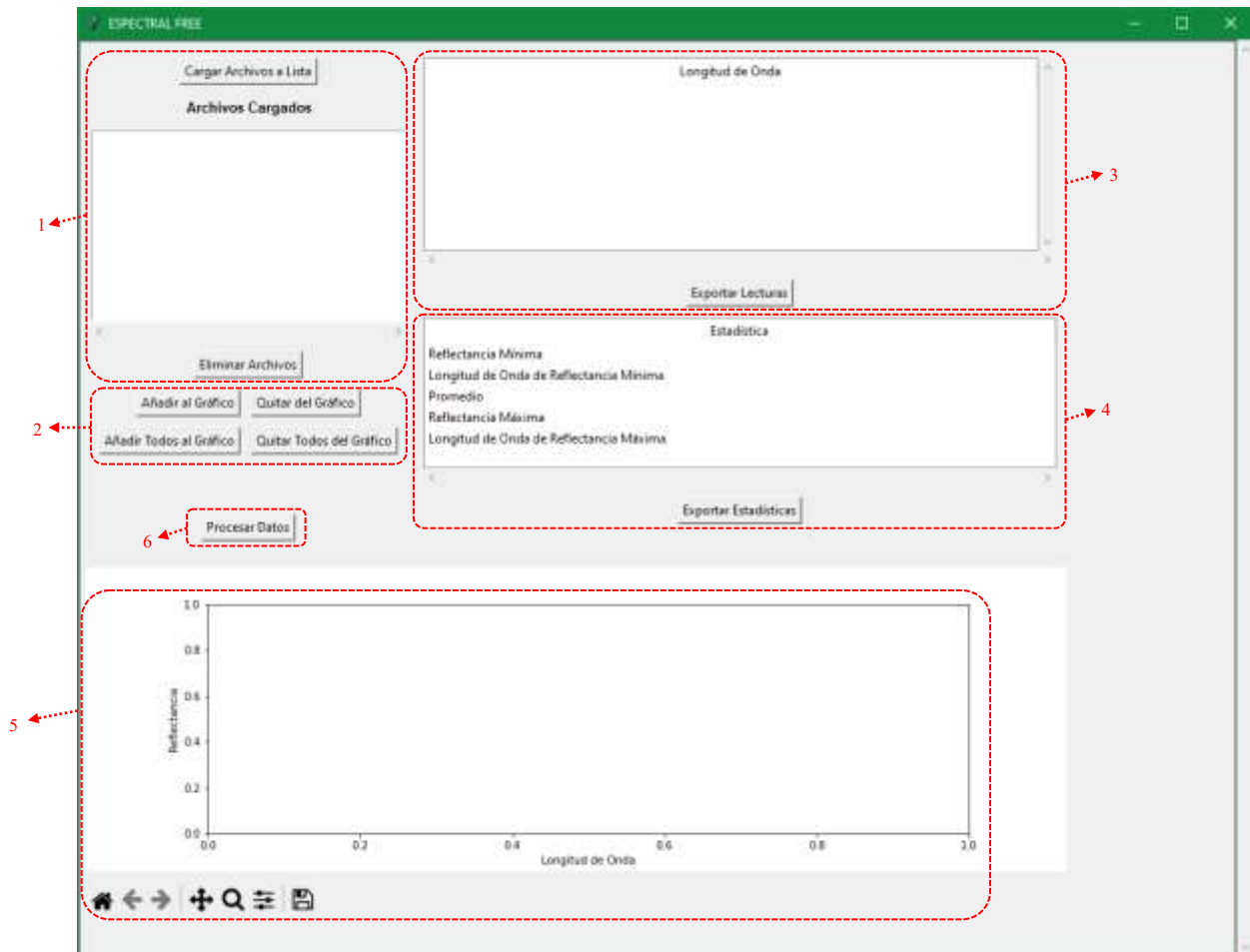


Figura 3. Interfaz principal del programa con zonas agrupadas por funcionalidad.

Para una mejor explicación se agruparon por zonas y a continuación sus funciones:

Zona 1 – Gestión de archivos:

- Aquí se encuentra el botón **“Cargar Archivos a Lista”**, que permite seleccionar uno o varios archivos .trm desde el equipo.
- Los archivos cargados aparecen en la lista inmediatamente abajo.
- También se encuentra el botón de **“Eliminar Archivos”**, este elimina los archivos seleccionados de la lista.

Zona 2 – Control de carga de archivos al procesamiento.

En esta zona se encuentran los botones que permiten el añadir o por eliminar los archivos seleccionados al procesamiento, mostrándolos a su vez en las demás zonas – lectura de archivo, estadística y gráfico-.

- **Añadir al Gráfico:** al presionar este botón, añade al procesamiento los archivos seleccionados de la tabla de archivos cargados.
- **Quitar del Gráfico:** elimina del procesamiento los archivos seleccionados.
- **Añadir Todos al Gráfico / Quitar Todos del Gráfico:** aplican la acción a todos los archivos de la lista.

Zona 3 – Tabla de lecturas espectrales

Aquí se visualizan las lecturas de reflectancia de los archivos añadidos al procesamiento. Cada fila representa una longitud de onda y su respectivo valor por archivo. Se crea también una columna llamada promedio, esta es la resultante de las reflectancias promedios en cada longitud de onda de todos los archivos añadidos al procesamiento. Esta sección cuenta con un botón que permite **exportar la tabla completa en formato .txt** por si el usuario lo requiere.

Zona 4 – Estadísticas básicas

En esta zona se muestra de forma automática los principales valores estadísticos de cada archivo que se cargó al procesamiento:

- Reflectancia mínima y su longitud de onda
- Reflectancia máxima y su longitud de onda
- Promedio de reflectancia registrada en el archivo
- Desviación estándar

Esta información también puede exportarse fácilmente con el botón **“Exportar Estadísticas”**.

Zona 5 – Gráfico de firmas espectrales

Aquí se visualizan las firmas espectrales de los archivos cargados. El gráfico permite comparar varias firmas al mismo tiempo y observar tendencias, picos y variaciones. Además, incluye herramientas de zoom, desplazamiento, guardado de imagen y reinicio de vista.

Zona 6 – Acceso al procesamiento avanzado

El botón **“Procesar Datos”** permite acceder a la segunda ventana del programa, donde se pueden aplicar filtros, calcular derivadas, índices de vegetación, crear índices personalizados y generar análisis interpretativos.

3.2. Ventana de procesamiento

La ventana de procesamiento de *Espectral Free* ventana aparece al pulsar el botón “Procesar Datos” en la interfaz principal, esta permite realizar análisis más avanzados sobre los archivos cargados previamente, incluyendo aplicación de filtros, derivadas espectrales, índices de vegetación y generación de análisis interpretativos. Para explicarla a continuación se agrupó por secciones.

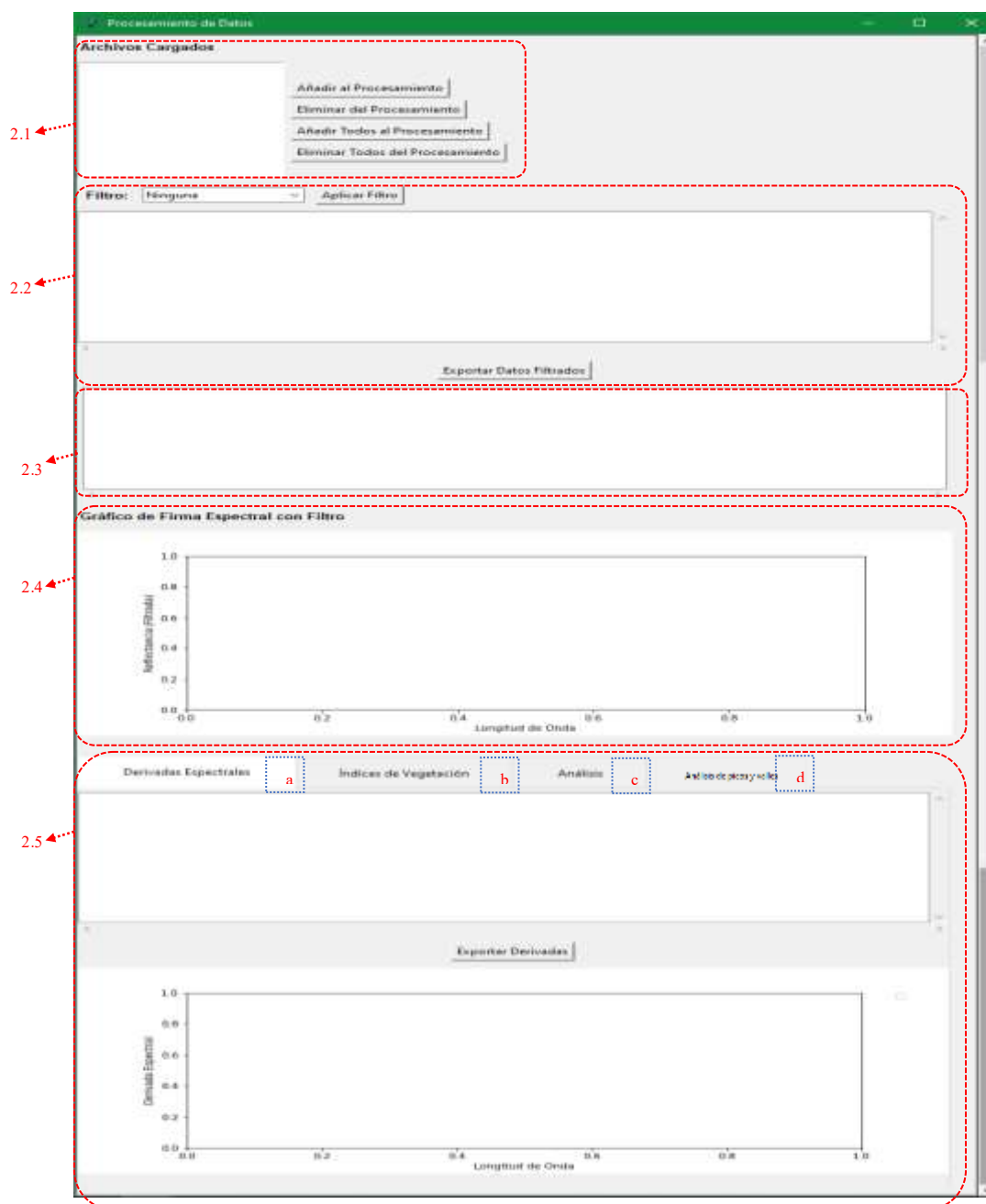


Figura 4. Ventana de procesamiento de datos con agrupación de zonas para análisis avanzado.

A continuación, se describen cada una de las zonas indicadas en la imagen:

Zona 2.1 – Archivos cargados

Esta sección muestra los archivos disponibles para procesamiento, que han sido previamente cargados en la ventana principal. Desde aquí se puede controlar qué archivos se procesarán:

- **Añadir al Procesamiento:** envía un archivo seleccionado a la lista de análisis.
- **Eliminar del Procesamiento:** retira un archivo de dicha lista.
- **Añadir Todos / Eliminar Todos:** aplican la acción de forma masiva a todos los archivos disponibles.

Zona 2.2 – Aplicación de filtros

En esta zona se encuentra una lista desplegable que permite seleccionar un método de filtrado para suavizar las curvas espectrales y reducir el ruido.



Figura 5. Zona de filtros de la ventana de procesamiento avanzado.

Están disponibles los siguientes filtros:

- **Media Móvil**
- **Mediana**
- **Savitzky-Golay**
- **Gaussiano**

Después de seleccionar un filtro y hacer clic en "**Aplicar Filtro**". Los resultados se reflejan en las zonas siguientes (gráfica y tabla), y los datos pueden exportarse en archivo .txt con el botón "**Exportar Datos Filtrados**".

Si el usuario quiere recuperar los valores originales del archivo, debe seleccionar la opción de Ninguna y dar clic en aplicar filtro.

Nota: Si el usuario requiere editar los parámetros que se utilizan para el ajuste con el filtro, debe tener la versión editable del programa y ahí podrá hacer dichas modificaciones.

Zona 2.3 – Estadísticas de los datos filtrados

Esta sección muestra las **estadísticas calculadas sobre los datos resultantes del filtrado**. Es decir, una vez que se aplica un filtro en la Zona 2.2, los valores originales pueden cambiar, por tanto, también lo hacen sus estadísticas asociadas.

Los valores que se calculan aquí son:

- Reflectancia mínima
- Longitud de onda de la reflectancia mínima
- Reflectancia máxima
- Longitud de onda de la reflectancia máxima
- Promedio
- Desviación estándar

Estas estadísticas son **independientes** de las que se muestran en la ventana principal, ya que reflejan únicamente el comportamiento de los datos **filtrados**, no los originales.

Zona 2.4 – Gráfico de firma espectral con filtro

Muestra la curva espectral correspondiente al archivo filtrado. Permite visualizar de forma comparativa los efectos del filtro aplicado sobre la firma original.

Zona 2.5 – Herramientas adicionales de análisis (pestañas a, b, c y d)

Esta sección contiene cuatro pestañas con funciones complementarias de análisis:

Pestaña a – Derivadas espectrales

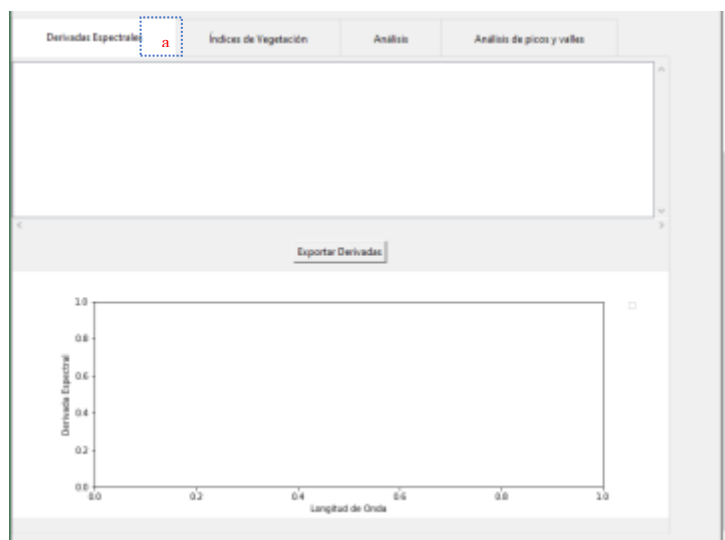


Figura 6. Pestaña “Derivadas espectrales” con gráfico y tabla de derivada de primer orden.

- Permite calcular la **derivada de primer orden** de los archivos que fueron añadidos al procesamiento avanzado.
- Los resultados se muestran en una tabla y en un gráfico dedicado.
- Dispone de un botón para **exportar las derivadas** calculadas en archivo .txt.

Esta funcionalidad es útil para detectar cambios súbitos en la curva, como transiciones o picos espectrales, y es clave en análisis de vegetación y suelos.

Pestaña b – Índices de vegetación

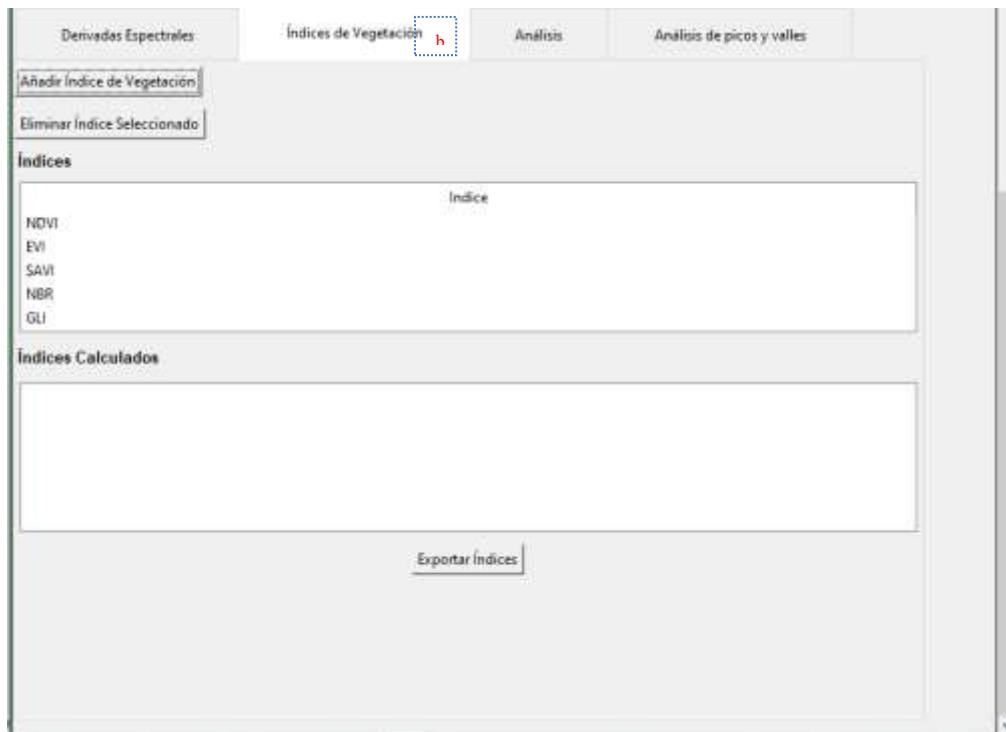


Figura 7. pestaña “Índices de vegetación” con lista de índices predefinidos y opción de índices personalizados.

- Presenta una lista de índices predefinidos: **NDVI, EVI, SAVI, NBR, GLI**.
- Puedes seleccionar uno o varios índices y hacer clic en "**Exportar Índices**" para obtener los resultados calculados.
- Cuenta con la opción "**Añadir Índice de Vegetación**", que permite crear un índice personalizado utilizando una fórmula basada en longitudes de onda específicas.

Figura 8. Ventana para ingresar formula de índices personalizados.

- También puedes eliminar índices personalizados con el botón **"Eliminar Índice Seleccionado"**.

Esta herramienta es útil para análisis temáticos específicos como salud vegetal, cobertura, humedad, entre otros.

Pestaña c – Análisis textual

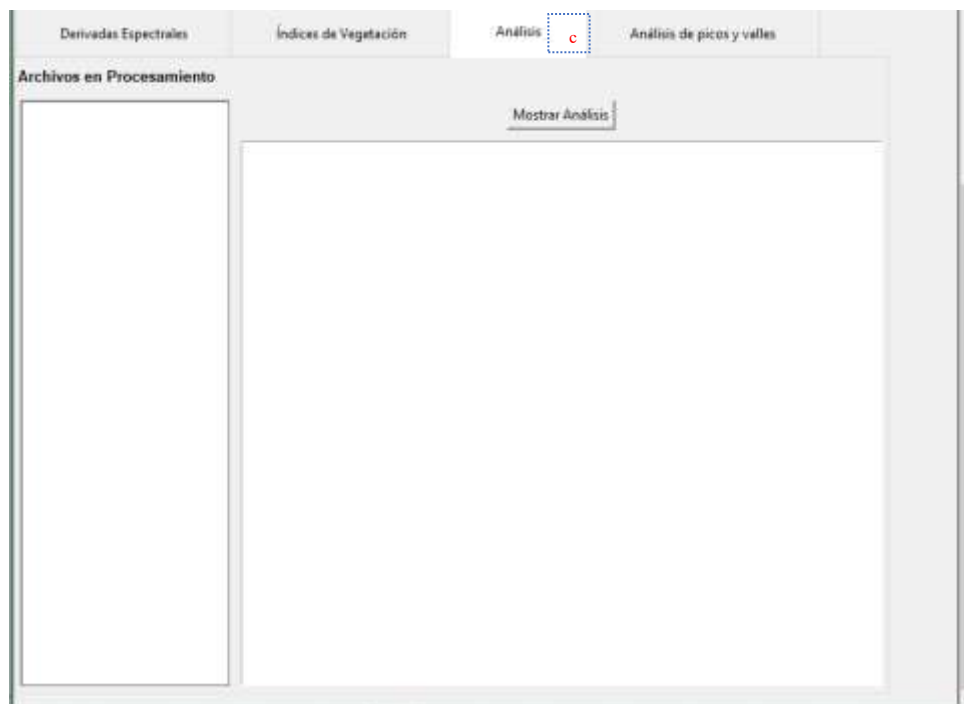


Figura 9. Pestaña "Análisis" con generación de texto interpretativo para archivos seleccionados.

- Muestra una lista de los archivos que están siendo procesados.
- Permite generar un **análisis interpretativo automático** en función de los índices calculados.
- Al hacer clic en "**Mostrar Análisis**", se genera un texto explicativo que puede ser usado como base para informes o reportes.

Este texto puede ser copiado directamente desde la ventana para pegarlo en documentos o informes técnicos.

Pestaña d – Análisis de picos y valles

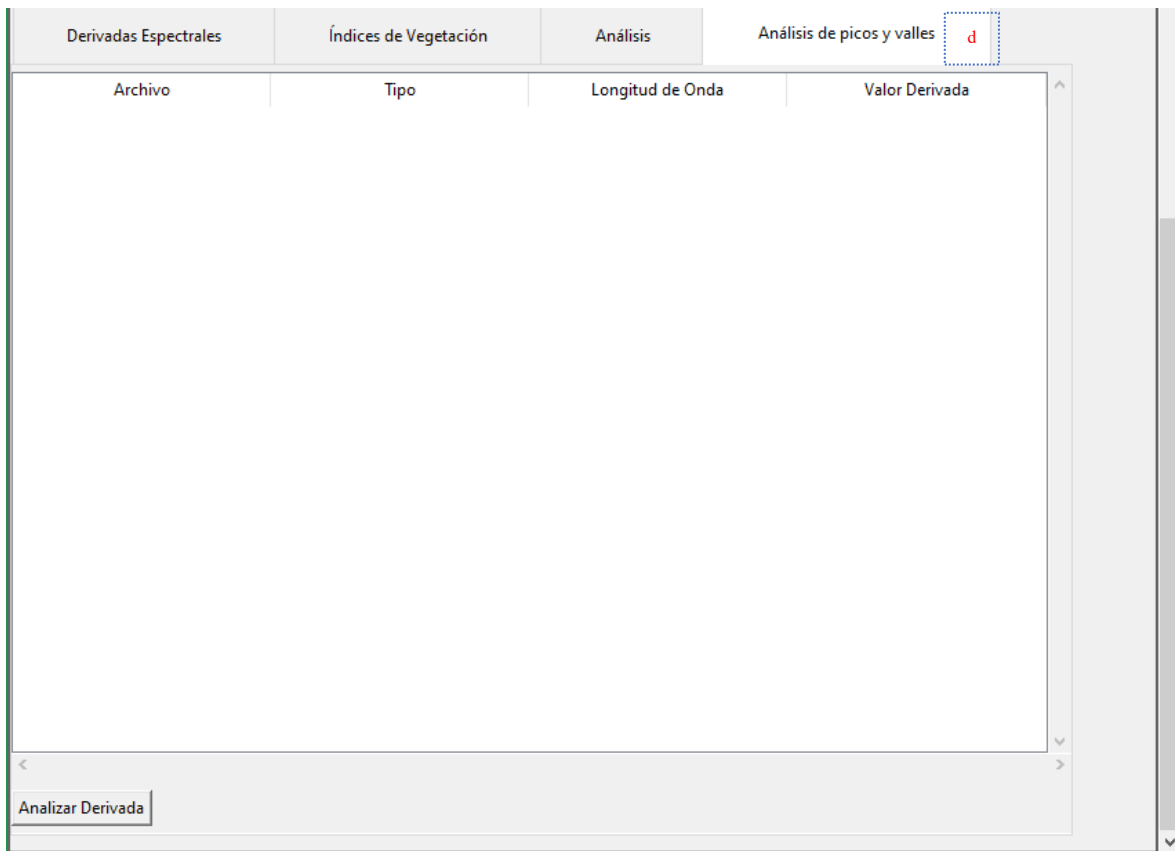


Figura 10. Pestaña “Análisis de picos y valles” con identificación de picos y valles.

- Esta pestaña permite al presionar el botón “Analizar Derivada” el realizar un análisis de la razón de cambio de la reflectancia registrada frente a la longitud de onda de los archivos cargados, obteniendo así su comportamiento e identificando si este es un valle o un pico.

4. GUÍAS PASO A PASO: USO GENERAL DEL PROGRAMA

El uso del programa comienza siempre en la **ventana principal**, y a partir de ahí se puede optar por exportar directamente los datos o profundizar en el análisis a través de la **ventana de procesamiento**.

4.1. Uso básico desde la ventana principal

Al iniciar el programa se muestra la **ventana principal**, donde se pueden cargar, visualizar y explorar los archivos espectrales. Esta ventana ofrece funciones básicas, pero completas, que permiten trabajar con los datos sin necesidad de entrar al módulo de procesamiento si no se desea.

Cargar archivos .trm

1. Haz clic en el botón **"Cargar Archivos a Lista"**.
2. Selecciona uno o varios archivos .trm desde tu equipo.
3. Los archivos seleccionados aparecerán listados en el panel derecho.

Visualizar y explorar los datos

- Selecciona los archivos de la lista y usa **"Añadir al gráfico"** para mostrarlos.
- Se generará una gráfica con las firmas espectrales de los archivos seleccionados.
- En la **tabla de lecturas**, se muestran los valores de reflectancia para cada longitud de onda por archivo.
- En la **tabla de estadísticas**, se calcula automáticamente:
 - Reflectancia mínima, máxima, promedio y desviación estándar por archivo.
 - Además, se genera una **firma promedio** entre todos los archivos añadidos, útil para análisis comparativos o como referencia general.

Exportar los datos

Si no se requiere aplicar filtros o cálculos adicionales, desde esta ventana puedes:

4.2. Procesamiento avanzado (ventana secundaria)

Para realizar análisis más específicos, puedes hacer clic en el botón **"Procesar Datos"**, lo que abrirá una segunda ventana con varias herramientas de procesamiento.

Cargar archivos al módulo de procesamiento

1. Al abrir la ventana de procesamiento, se muestran los archivos disponibles cargados previamente en la ventana principal.
2. Puedes seleccionar cuáles archivos deseas analizar dentro de este módulo.
3. Al seleccionar un archivo, se muestra una **previsualización de sus datos** y su **gráfica espectral individual**.

Aplicar filtros de suavizado

En la sección de filtros, puedes aplicar diferentes métodos para suavizar las curvas espectrales:

- Media Móvil
- Mediana
- Savitzky-Golay
- Gaussiano

Al aplicar un filtro:

- Se actualiza la gráfica con la curva suavizada.
- Se genera una nueva tabla con los datos filtrados.
- Se calculan estadísticas sobre esos nuevos datos.
- Puedes exportar tanto los **datos filtrados** como sus **estadísticas** en archivos .txt.

Herramientas avanzadas de análisis

Una vez aplicado el filtro (o sin filtro si así lo deseas), puedes usar tres herramientas clave:

A. Derivadas espectrales

- Calcula la **derivada de primer orden** de la firma seleccionada.
- Muestra la nueva curva derivada en una gráfica y sus valores en tabla.
- También permite exportar los resultados.

B. Índices de vegetación

- Calcula múltiples índices predefinidos (NDVI, SAVI, EVI, etc.).
- Puedes seleccionar los índices que deseas aplicar.
- También puedes **crear un índice personalizado** ingresando una fórmula con longitudes de onda específicas.
- Todos los resultados se muestran en tabla y pueden exportarse.

C. Análisis textual

- A partir de los índices calculados, el software genera un texto interpretativo.
- Este análisis se puede copiar o guardar, y sirve como base para informes o reportes técnicos.

D. Análisis de Picos y Valles

- Determina el comportamiento de la razón de cambio de reflectancia y la longitud de onda para calificarlo como un pico o valle por si el usuario requiere ver el comportamiento en un rango en específico.

4.3 Flujo sugerido para el usuario

El recorrido recomendado dentro de *Espectral Free* es el siguiente:

1. Cargar los archivos desde la **ventana principal**.
2. Revisar las firmas, estadísticas y decidir si se requiere análisis adicional.
3. Exportar directamente desde allí, o ingresar al módulo de procesamiento.
4. Dentro del módulo:
 - Aplicar filtros y observar cambios.
 - Calcular derivadas o índices según se necesite.
 - Obtener un texto interpretativo si se requiere redactar un informe.
 - Identificar el comportamiento de la reflectancia medida.
5. Exportar cualquier tabla o resultado generado durante el proceso.

4.4 ¿Qué hace especial esta estructura?

- Permite un **análisis rápido**, si solo se desea ver datos básicos.
- Ofrece un **análisis profundo**, si se requiere aplicar filtros, derivadas e índices.
- Todo el flujo puede manejarse sin conocimientos técnicos avanzados.
- El usuario mantiene siempre el control sobre qué datos quiere exportar y en qué etapa.

5. Créditos y contacto

El desarrollo de *Spectral Free* fue realizado como parte del trabajo de grado del programa de Ingeniería Topográfica de la Universidad del Valle. El proyecto tuvo como propósito crear una herramienta libre, práctica y accesible para el análisis de datos espectrales, pensada tanto para entornos académicos como profesionales.

5.1 Autores

- **Geison David Toro**
geison.toro@correounivalle.edu.co
Estudiante de Ingeniería Topográfica
Universidad del Valle
- **Juan Camilo Quintero**
juan.serrate@correounivalle.edu.co
Estudiante de Ingeniería Topográfica
Universidad del Valle

5.2 Dirección del trabajo

- **Director:** Cesar Edwin García
- **Codirector (si aplica):** Robin Alexis Alaya

5.3 Agradecimientos

A la Universidad del Valle por brindar el espacio académico y técnico para desarrollar este tipo de iniciativas.

5.4 Licencia de uso

Este software se distribuye bajo una licencia **libre y abierta**. El código fuente puede ser usado, modificado y redistribuido por otros usuarios con fines académicos o investigativos, siempre y cuando se respeten los créditos originales.

6. PALABRAS FINALES

Este programa fue desarrollado en el marco de un trabajo de grado, pero desde el inicio se pensó como una herramienta que pudiera ser útil más allá del proyecto académico. La idea siempre fue que cualquier persona que trabajara con datos espectrales pudiera contar con una alternativa sencilla, funcional y accesible.

El desarrollo del software implicó investigar, aprender e ir resolviendo problemas a medida que aparecían. Se tomaron ideas, fragmentos y soluciones de muchos lugares: documentación oficial, foros, blogs, videos, ejemplos y tutoriales disponibles en la web. En ese sentido, *Espectral Free* es también una construcción colectiva, basada en el conocimiento libre que circula por internet.

Aunque el código aún puede mejorar en muchos aspectos, cumple con su propósito inicial. Y si alguien quiere adaptarlo, ampliarlo o integrarle nuevas funciones, tiene toda la libertad para hacerlo. El objetivo es que la herramienta siga creciendo y que más personas puedan aprovecharla en sus propios procesos.