

TreesOnFarms Analyzer

Análisis de coberturas en ortomapas
y modelos de elevación digital

Tutorial

TreesOnFarms Analyzer, versión 1.0, es una aplicación de software para analizar y extraer información de coberturas vegetales en ortomosaicos y modelos de elevación digital, a través de una interfaz web, de forma sencilla y ágil. Sus funcionalidades incluyen el cálculo de índices de vegetación RGB, extracción de modelos de alturas de la cobertura, definición de regiones e identificación de árboles individuales.

Sergio Arriola Valverde
Santiago López Rojas
Arlene López-Sampson
Norvin Sepúlveda
Renato Rimolo Donadio
Eduardo Somarriba

Serie Técnica
Informe Técnico no. 428

TreesOnFarms Analyzer

Análisis de coberturas en
ortomapas y modelos de elevación digital

Tutorial



Sergio Arriola Valverde
Santiago López Rojas
Arlene López-Sampson
Norvin Sepúlveda
Renato Rimolo Donadio
Eduardo Somarriba

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE
Turrialba, Costa Rica, 2021

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2021.

ISBN 978-9977-57-755-5

630.285

T786 TreesOnFarms Analyzer: análisis de coberturas en ortomapas y modelos de elevación digital. Tutorial. Sergio Arriola Valverde... [et al]. – 1ª ed. Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2021.
38 p. : il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 428)

ISBN 978-9977-57-755-5

1. Cubierta vegetal 2. Ortomosaicos 3. Modelos 4. Tecnología digital 4. Aplicaciones del ordenador I. Arriola Valverde, Sergio II. López Rojas, Santiago III. López-Sampson, Arlene IV. Sepúlveda, Norvin V. Rimolo Donadio, Renato VI. Somarriba, Eduardo VII. CATIE VIII. Título VII. Serie.

Citación sugerida:

Arriola Valverde, S; López Rojas, S; López-Sampson, A; Sepúlveda, N; Rimolo Donadio, R; Somarriba, E. 2021.
TreesOnFarms Analyzer: Análisis de coberturas en ortomapas y modelos de elevación digital. Tutorial. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 38 p. (Serie técnica. Informe técnico / CATIE, no. 428)

Créditos

Revisores:

Dr. Jorge Faustino
M.Sc. Carlos Poveda

Diseño:

Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

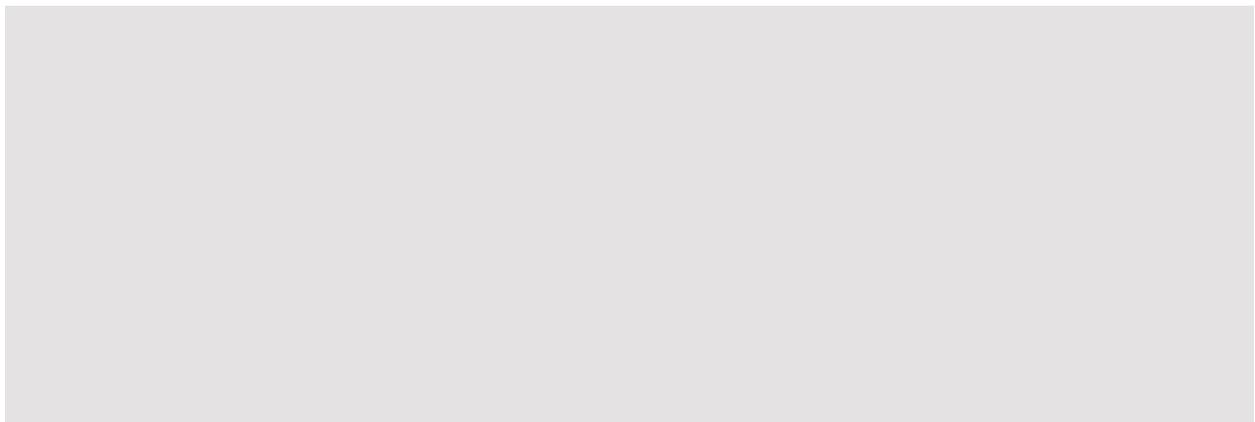


Tabla de Contenidos

1. Introducción	6
2. Instalación de la Herramienta	8
2.1 Requerimientos de Hardware y Software	8
2.2 Descarga del Código y Entorno	8
2.3 Proceso de Instalación en Windows	10
2.4 Instalación en Linux/Ubuntu	12
3. Utilización de la Herramienta	14
3.1 Configuración General	15
3.2 Ingreso de capas ráster y vectoriales.	16
3.3 Funcionalidades de la Herramienta (Tareas)	18
4. Ejemplo de Aplicación.	28
Agradecimientos	37
Bibliografía	38

Tutorial

TreesOnFarms Analyzer, version 1.0, es una aplicación de software para analizar y extraer información de coberturas vegetales en ortomosaicos y modelos de elevación digital, a través de una interfaz web, de forma sencilla y ágil.

Sus funcionalidades incluyen el cálculo de índices de vegetación RGB, extracción de modelos de alturas de la cobertura, definición de regiones e identificación de árboles individuales.

1

Introducción

El manejo preventivo y la conservación de los recursos naturales en sistemas agroforestales contribuye al establecimiento de sistemas de producción más sostenibles y diversificados que puedan, además, ayudar a mantener la biodiversidad en los ecosistemas circundantes.

Una herramienta útil para evaluar y cuantificar los recursos arbóreos o planificar su manejo es el uso de levantamientos fotogramétricos con sistemas aéreos. A través de estos es posible obtener, por ejemplo, mapas RGB de alta resolución y modelos de elevación digital con los que se puede analizar los sitios de estudio. No obstante, el procesamiento y extracción de información en dichos productos no es trivial y requiere frecuentemente el uso de herramientas especializadas.

TreesOnFarms Analyzer es una herramienta abierta para extraer información desde ortomapas aéreos RGB y modelos de elevación digital (DEMs) de forma ágil. Cuenta con una interfaz de control y visualización web, y un motor de cálculo basado en bibliotecas abiertas para la extracción de información de los mapas.

La herramienta está concebida para el manejo de capas ráster y vectoriales de árboles en fincas y arreglos en sistemas agroforestales con resoluciones de hasta 1 cm/pixel, y así facilitar el análisis de imágenes aéreas obtenidas con sistemas aéreos no tripulados. Sus funcionalidades incluyen cálculos de índices RGB, creación de formas, inspección de modelos de elevación, extracción de dimensiones, áreas y detección de árboles basados en la biblioteca de inteligencia artificial *DeepForest*. Los resultados pueden ser exportados en formato legible, como archivos ráster o vectoriales.

El código de la herramienta, las instrucciones para su instalación, la guía de usuario y ejemplos se pueden acceder en el siguiente repositorio:

https://gitlab.com/tonfanalyzer/tonf_analyzer

El programa utiliza un *frontend* en *React* y un *backend* desarrollado en *Python 3.7.7* bajo el entorno *Anaconda*, el cual requiere el uso de diversas bibliotecas y paquetes, que se detallan dentro de los archivos de instalación.

En este documento se describe el procedimiento de instalación, las funcionalidades de la herramienta y se incluye un ejemplo de uso.



Descargo de responsabilidad: El software se proporciona “tal cual” bajo el modelo de código abierto, sin garantía de ningún tipo, expresa o implícita, incluyendo, pero no limitado a las garantías de comerciabilidad, adecuación para un propósito particular y no infracción. En ningún caso serán los autores o el poseedor de los derechos de autor responsables de cualquier reclamo, daño u otra responsabilidad, ya sea en una acción de contrato, agravio u otro modo, que surja de o de la conexión con el software, su uso u otros asuntos relacionados a este.

Disclaimer: The software is provided “as is”, as an open-source code, without warranty of any kind, express or implied, including but not limited to the warranties of merchantability, fitness for a particular purpose and noninfringement. In no event shall the authors or the copyright holders be liable for any claim, damages, or other liability, whether in an action of contract, tort or otherwise, arising from, out of or in connection with the software or the use or other dealings in the software.

2

Instalación de la Herramienta

En la siguiente guía de instalación se describe de manera breve la metodología de uso de la herramienta en un ambiente local (localhost). Dicha guía considera los sistemas operativos Windows y Linux.

2.1 Requerimientos de Hardware y Software

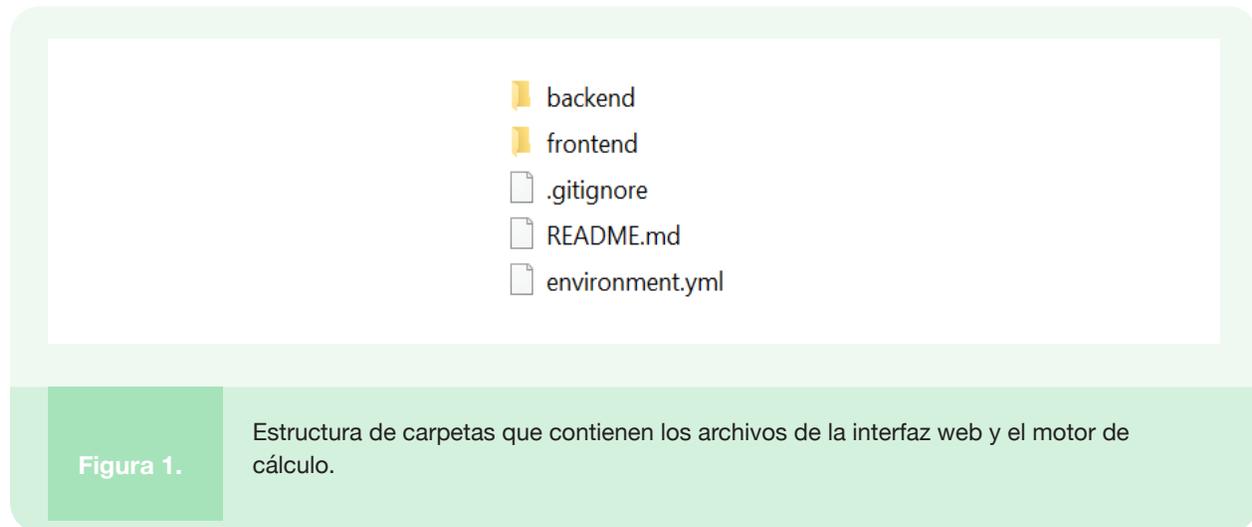
Para la instalación de la herramienta web se recomienda contar con una capacidad de cómputo adecuada, la cual está en función del tamaño de los archivos que se quieran procesar. Se sugiere contar con:

- a. Sistema operativo Windows 10 o Linux Ubuntu 16.04 o 20.04.
- b. Procesador Intel Core i5, su equivalente en AMD o superior.
- c. Disco duro con un espacio libre mayor a 300 GB; preferiblemente se recomienda un disco duro de estado sólido.
- d. Memoria RAM de al menos 16 GB en tecnología DDR4.
- e. Es conveniente contar con una unidad de procesamiento gráfico (GPU). En aplicaciones de inteligencia artificial se recomienda el uso de GPUs Nvidia de la familia RTX 20XX o RTX 30XX.
- f. No se recomienda la utilización de un entorno virtualizado, por ejemplo, la instalación de un sistema operativo mediante APIs, debido a que el funcionamiento de la herramienta web puede ser inestable.

2.2 Descarga del Código y Entorno

Para el uso de la herramienta es necesario descargar los archivos del repositorio en el siguiente enlace: https://gitlab.com/tonfanalyzer/tonf_analyzer

Al descargar la carpeta que contiene la herramienta en formato tipo .zip, proceda a descomprimirla, con lo cual deberá visualizar un árbol de carpetas que contienen la interfaz web (*frontend*) y el motor de cálculo (*backend*), de la siguiente manera (Figura 1).



El motor de cálculo y procesamiento geoespacial está contenido en el *backend*. Asimismo, el desarrollo de software está basado en Python y emplea un compendio de paquetes de código abierto.

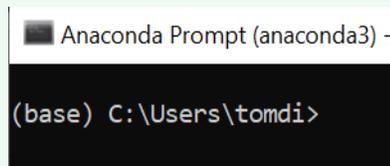
Se recomienda instalar *Anaconda Navigator* como plataforma base, versión 2.0.1 o superior, la cual puede ser descargada mediante los siguientes enlaces, según el sistema operativo.

- Windows 10 - 64 bit: https://repo.anaconda.com/archive/Anaconda3-2021.05-Windows-x86_64.exe
- Windows 10 - 32 bit: <https://repo.anaconda.com/archive/Anaconda3-2021.05-Windows-x86.exe>
- Linux 20.04: <https://docs.anaconda.com/anaconda/install/linux/>

La instalación en Linux se recomienda llevarla a cabo en modo *superusuario*, debido a los privilegios y acceso que se necesita a la hora de instalar la herramienta.

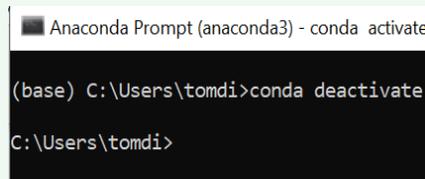
2.3 Proceso de Instalación en Windows

1. Al ejecutar el instalador de *Anaconda*, siga todas las indicaciones y selecciones por defecto del asistente de instalación.
2. Una vez instalado, digite en la barra de inicio la frase *Anaconda prompt (anaconda3)* y ejecute la aplicación. Con esto, debe aparecer una ventana de comando, en la cual la ruta mostrada es para fines ilustrativos y cambiará según cada equipo.



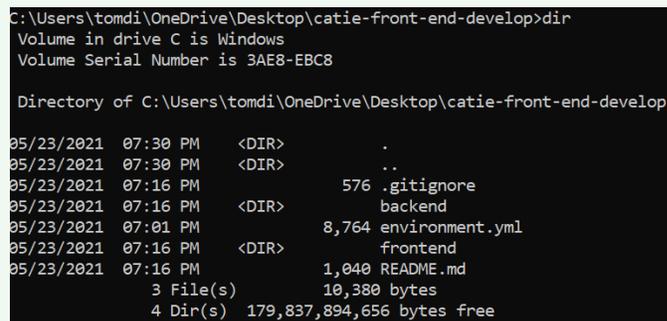
```
Anaconda Prompt (anaconda3) -
(base) C:\Users\tomdi>
```

3. Para iniciar el ambiente es necesario desactivar el ambiente base o *root*. Digite en la consola de *Anaconda* “*conda deactivate*”:



```
Anaconda Prompt (anaconda3) - conda activate
(base) C:\Users\tomdi>conda deactivate
C:\Users\tomdi>
```

4. Para iniciar la instalación del ambiente, ubique el archivo *environment.yml*. Para este caso de ejemplo, la carpeta está ubicada en el escritorio del computador:



```
C:\Users\tomdi\OneDrive\Desktop\catie-front-end-develop>dir
Volume in drive C is Windows
Volume Serial Number is 3AE8-EBC8

Directory of C:\Users\tomdi\OneDrive\Desktop\catie-front-end-develop

05/23/2021  07:30 PM  <DIR>      .
05/23/2021  07:30 PM  <DIR>      ..
05/23/2021  07:16 PM                576  .gitignore
05/23/2021  07:16 PM  <DIR>      backend
05/23/2021  07:01 PM                8,764 environment.yml
05/23/2021  07:16 PM  <DIR>      frontend
05/23/2021  07:16 PM                1,040 README.md
               3 File(s)                10,380 bytes
               4 Dir(s)      179,837,894,656 bytes free
```

5. Para la instalación de los paquetes en la terminal, ingrese el comando “*conda env create -f environment.yml*” y luego presione la tecla de retorno para iniciar la instalación.
6. Al finalizar la instalación de los paquetes de *Anaconda*, se debe activar el ambiente. Para eso se ingresa en la consola “*conda activate CATIE2021*”, donde *CATIE2021* es, por ejemplo, el nombre del ambiente definido:

```
(CATIE2021) C:\Users\tomdi\OneDrive\Desktop\catie-front-end-develop\backend\src>
```

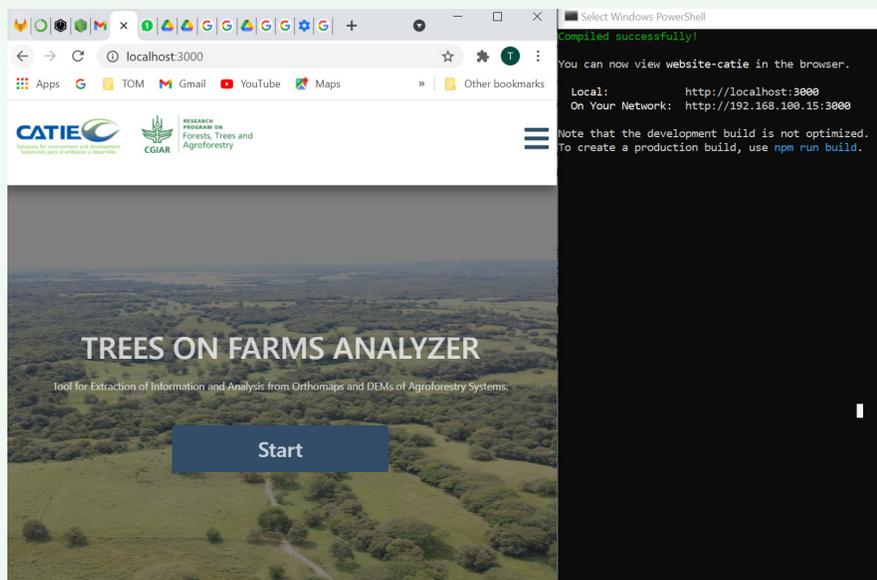
- Una vez iniciado el ambiente *CATIE2021*, puede redireccionar en el folder de la aplicación. Digite `cd backend/src`. Dentro del folder se ubica el archivo principal, el cual se titula *app.py*. Al ejecutar este archivo, el *backend* inicia.

```
(CATIE2021) C:\Users\tomdi\OneDrive\Desktop\catie-front-end-develop\backend\src>python app.py
Using TensorFlow backend.
* Serving Flask app "app" (lazy loading)
* Environment: production
  WARNING: This is a development server. Do not use it in a production deployment.
  Use a production WSGI server instead.
* Debug mode: on
* Restarting with stat
Using TensorFlow backend.
```

- El ambiente de software debe ser *Python 3.7.7* o *3.7.10*. No se recomienda instalar una versión superior e inferior a las sugeridas, debido a que no se garantiza una funcionalidad adecuada por potenciales incompatibilidades con algunos paquetes, como el de detección de árboles.
- Se debe instalar el sistema *NodeJs 6.14.7* para el *frontend*, el cual puede ser incorporado dentro del ambiente de *Anaconda*. Para la instalación del paquete *NodeJs*, en una nueva ventana de terminal de *Anaconda*, digite “*conda install nodejs*”:

```
(CATIE2021) C:\Users\tomdi\OneDrive\Desktop\catie-front-end-develop\backend\src>conda install nodejs
```

- Una vez instalado el paquete *NodeJs*, se localiza el folder *frontend* para inicializar la interfaz web que se encarga del proceso de visualización e interacción con el *backend*. Al localizar el folder *frontend*, se debe digitar en la consola “*npm install -force*” y una vez finalizada la instalación, digitar “*npm start*” para iniciar el servicio:



Finalmente, para mantener activa la herramienta y poder dar un seguimiento a la ejecución de la aplicación, mantenga las dos ventanas de comando activas, tanto la del *frontend* como la del *backend*. La herramienta se puede utilizar al abrir el usuario local (*localhost*) en cualquier navegador de Internet. Considere que, al ser una aplicación web, deberá tener conexión a Internet para que la herramienta funcione adecuadamente.

2.4 Instalación en Linux/Ubuntu

Para la instalación del sistema *Anaconda Navigator*, se recomienda consultar el siguiente enlace, con el objetivo de determinar el proceso de instalación más conveniente: <https://docs.anaconda.com/anaconda/install/linux/>

Algunos prerequisites de instalación pueden ser necesarios. Para esta guía se utiliza el sistema Linux Ubuntu. Recuerde ingresar como *superusuario* para la instalación y además ejecutar el siguiente comando en una línea de comandos (*prompt*), teniendo cuidado con el salto entre líneas.

```
sudo apt-get install libgl1-mesa-glx libegl1-mesa libxrandr2 libxss1 libxcursor1 libxcomposite1 libasound2 libxi6 libxtst6
```

La instalación se debe hacer mediante un *script* con extensión *.sh*, el cual se puede descargar en la siguiente dirección:

https://repo.anaconda.com/archive/Anaconda3-2021.05-Linux-x86_64.sh

Verifique el archivo descargado con SHA-256. Para eso puede utilizar la siguiente línea en la consola:

```
sha256sum /path/filename
```

Seguidamente, se recomienda otorgar permisos de lectura y escritura al *script*, ingresando la siguiente línea:

```
sudo chmod +777 "Nombre del archivo.sh"
```

Con esto es posible llevar a cabo la instalación. Para eso ejecute el *script* según la sintaxis requerida.

```
Anaconda3-2021.05-Linux-x86_64.sh
sarriola@sarriola:~/Escritorio/Anaconda$ ./Anaconda3-2021.05-Linux-x86_64.sh

Welcome to Anaconda3 2021.05

In order to continue the installation process, please review the license
agreement.
Please, press ENTER to continue
>>> █
```

Para avanzar y ver las condiciones de licencia y acuerdo solo pulse la tecla de retorno en varias ocasiones hasta llegar a la frase: *Do you accept the license terms? [yes|no]*

Al aceptar las condiciones de licenciamiento, se recomienda instalar *Anaconda* en la ruta sugerida:

```
Anaconda3 will now be installed into this location:
/home/sarriola/anaconda3

- Press ENTER to confirm the location
- Press CTRL-C to abort the installation
- Or specify a different location below
```

Previo a finalizar la instalación, se consulta sobre la inicialización de *Anaconda*, la cual se debe confirmar (escribiendo *yes*).

```
Do you wish the installer to initialize Anaconda3
by running conda init? [yes|no]
[no] >>> yes
```

Para que la instalación tenga efecto, cierre y abra la terminal, y finalmente, digite en la terminal:

```
source ~/.bashrc
```

Para la instalación de la aplicación se deben seguir los mismos pasos que en el sistema Windows (pasos 4 al 10), con la variante de que el archivo de configuración del ambiente en este caso se llama *Linux.yml*.

3 Utilización de la Herramienta

La herramienta *TreesOnFarms Analyzer* se accede a través de una instalación local o un servidor web. La pantalla de bienvenida mostrada en la Figura 2(a) se despliega en un navegador de Internet al iniciar la aplicación. Presione **Start** para ingresar a la herramienta. El menú principal se muestra en la Figura 2(b).

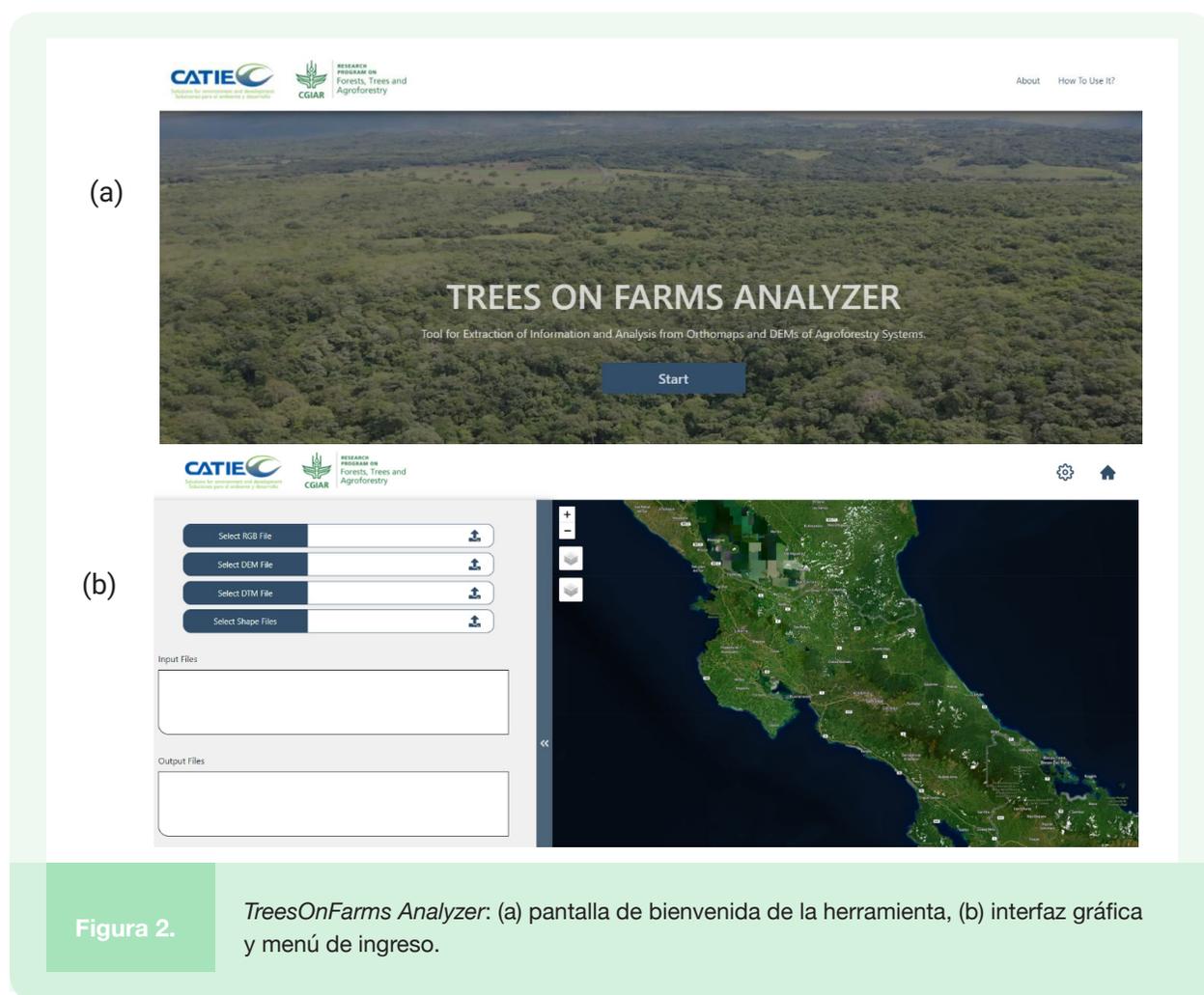
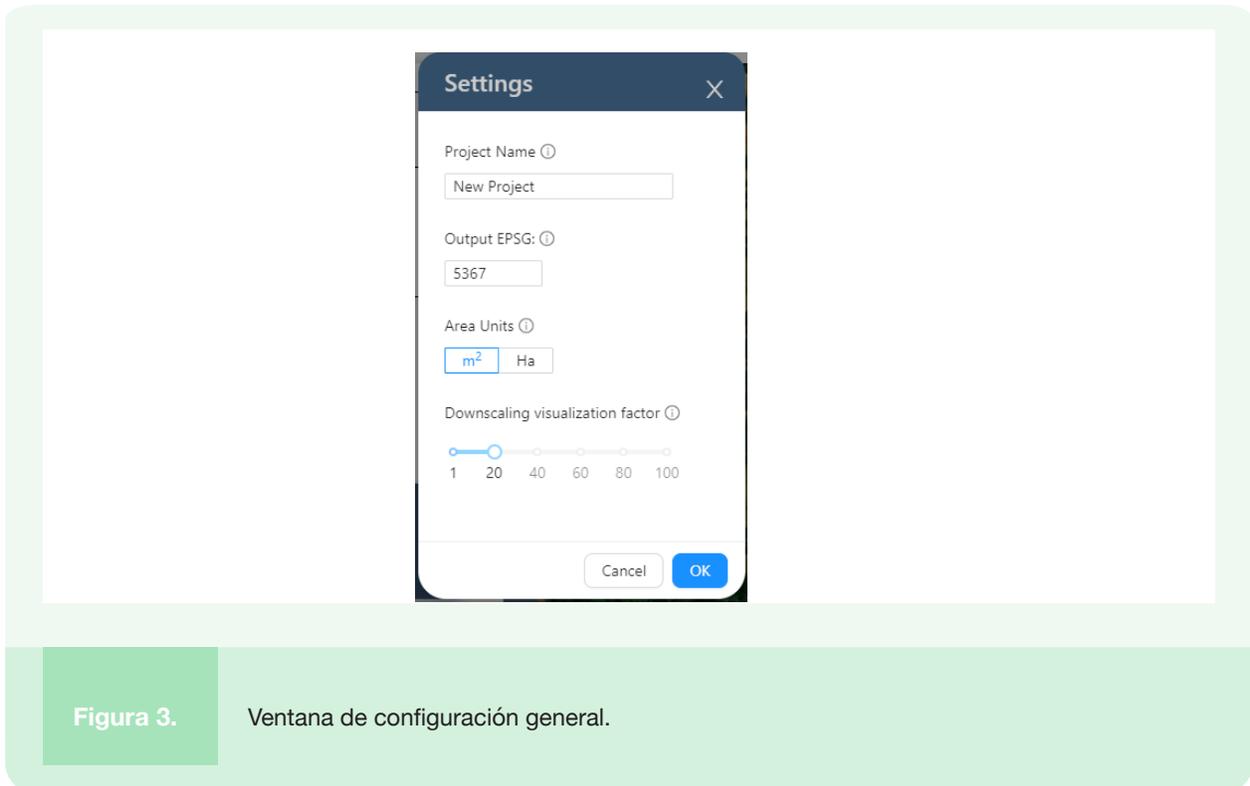


Figura 2.

TreesOnFarms Analyzer: (a) pantalla de bienvenida de la herramienta, (b) interfaz gráfica y menú de ingreso.

3.1 Configuración General

En la barra superior, el botón de configuración muestra la ventana de opciones de la Figura 3.



Las entradas a configurar definen los siguientes parámetros:

Project Name: Nombre del proyecto que se descarga al computador local al salvar los resultados finales.

Output EPSG: Sistema de proyección de coordenadas para los productos generados. El sistema debe seleccionarse de acuerdo con los mapas ingresados; de otra manera, los cálculos pueden resultar erróneos. Por defecto, se define el sistema EPSG5367 de Costa Rica.

Area Units: Indica las unidades a utilizar en los cálculos de áreas, entre metros cuadrados y hectáreas.

Downscaling Visualization Factor: Muestra el factor por el cual se reduce la resolución de los mapas para la visualización en la interfaz web, lo cual es necesario para agilizar los procesos en casos de resoluciones espaciales altas de unos pocos centímetros por pixel y áreas extensas. Si no se desea escalar la visualización, el factor debe permanecer en 1. Para tamaños de capa mayores a 8 000 x 8 000 pixeles, el factor de escalado mínimo se acota para que sea posible visualizar los mapas en el navegador.

Note que los cálculos que realiza el programa se resuelven con la resolución de entrada, excepto cuando se especifique lo contrario en la configuración de cada funcionalidad. Este factor solo afecta la visualización de los mapas

3.2 Ingreso de capas ráster y vectoriales

En el menú izquierdo de opciones (Figura 4), la parte superior contiene la interfaz para definir los ortomosaicos, modelos de elevación digital y capas vectoriales a analizar. Para esto se presiona la parte izquierda de cada barra en color azul y una vez seleccionado el archivo, se presiona el ícono al lado derecho de la barra para cargar el archivo.

Es posible definir un único ortomapa RGB, un modelo de elevación digital (DEM) y un modelo digital del terreno (DTM), según se indica en los tres espacios superiores (Figura 4). El ortomapa debe ser un archivo ráster con tres bandas (RGB), mientras que el DEM y el DTM deben ser archivos ráster de una única banda con la información de alturas.



Figura 4

Detalle del menú para cargar las capas de entrada. Las cajas de diálogo y botones/ íconos relevantes en la parte superior izquierda se resaltan en color rojo. En los tres primeros espacios se define el modelo ráster para el ortomapa, DEM y DTM, respectivamente y en la cuarta caja se insertan las capas vectoriales. Se muestra un ortomapa cargado en el mapa del lado derecho.

Las capas vectoriales sirven de soporte a las capas ráster y se deben especificar cuatro archivos en la ventana de diálogo, el archivo shape .shp y los archivos complementarios .shx, .prj y .dbf. De no ingresar los cuatro archivos, en cualquier orden, aparecerá un mensaje de error. Se pueden incluir varias capas vectoriales, las que usualmente se utilizan para guiar el análisis o valorar regiones en los mapas que identifiquen diferentes clases (árboles, pastos, etc.).

Es posible únicamente analizar una región a la vez, por lo que todos los archivos deben corresponder a la misma zona geográfica. Un mensaje de error se despliega en caso de que las zonas no correspondan. Es conveniente que todos los modelos ráster ingresados tengan la misma resolución espacial, debido a que inconsistencias en las resoluciones pueden resultar en errores de cálculo, como para el modelo de alturas.

Los archivos que se van cargando aparecen en el espacio de *Input Files* (Figura 4), donde pueden ser eliminados al presionar la “X” roja al lado derecho y confirmar la operación. La ventana inferior con el encabezado de *Output Files* (Figura 4) despliega los archivos que se generen con la herramienta.

La zona del mapa posee funcionalidades para acercar o alejar la vista, ya sea a través de los controles o con la rueda de desplazamiento del ratón. Las capas que se van cargando pueden ser habilitadas o deshabilitadas en su visualización a través de los menús en la parte izquierda de la zona del mapa. En el directorio superior aparecen las capas de entrada y en el inferior las capas de salida. Paletas de color se incorporan conforme se agregan capas o se realizan operaciones que lo requieran (Figura 5).

No es necesario cargar todas las capas. Si no se tiene alguna capa disponible, es posible dejar la entrada vacía. Esto puede, sin embargo, ocasionar que algunas funciones se ejecuten incompletas o no se puedan ejecutar del todo. La capacidad de procesamiento del programa depende de los recursos de cómputo disponibles. Pero en general, se recomienda que los archivos no superen los 2 GB por capa ingresada, debido a que los programas para la web pueden tener problemas manejando archivos muy grandes.



Importante: Si se presiona el botón de *home*, ir atrás/adelante o se cierra la ventana y se confirma la operación, el proyecto se abandonará con todos los productos que se hayan generado a ese momento. Es importante salvar el proyecto antes de querer iniciar un nuevo análisis o cerrar el programa.

En el folder del *backend* (Figura 1) existe una carpeta *Proyectos* donde se salvan las diferentes ejecuciones. Si existen ejecuciones inconclusas, los folders se irán acumulando en dicha carpeta, por lo que es recomendable limpiarla periódicamente.

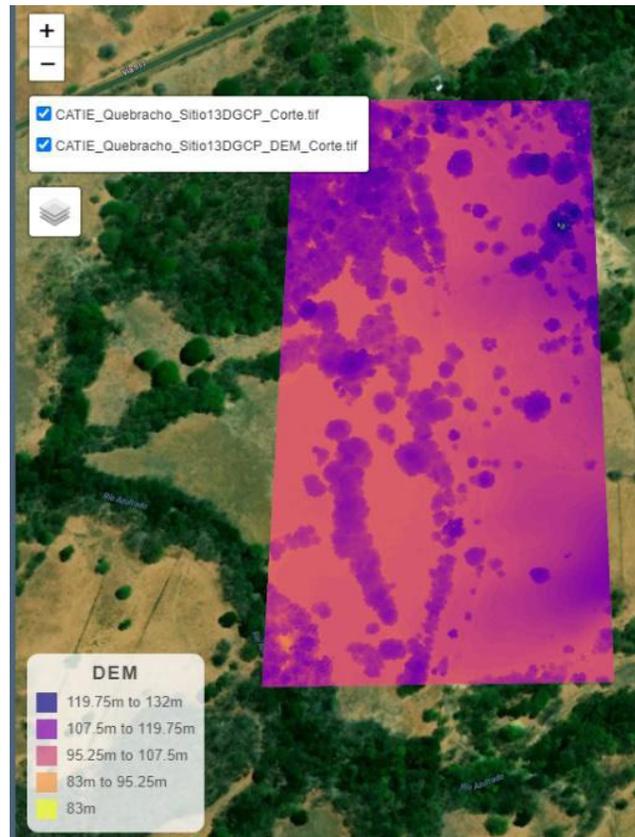


Figura 4

Vista del mapa mostrando los directorios de capas (extremo superior izquierdo) y un modelo de elevación digital como capa superior (extremo inferior izquierdo).

3.3 Funcionalidades de la Herramienta (Tareas)

En la Figura 6 se muestra el menú de tareas que aparece al lado izquierdo de la pantalla, desde donde se ejecutan las funciones de la herramienta. A continuación, se describe cada una de estas funcionalidades.

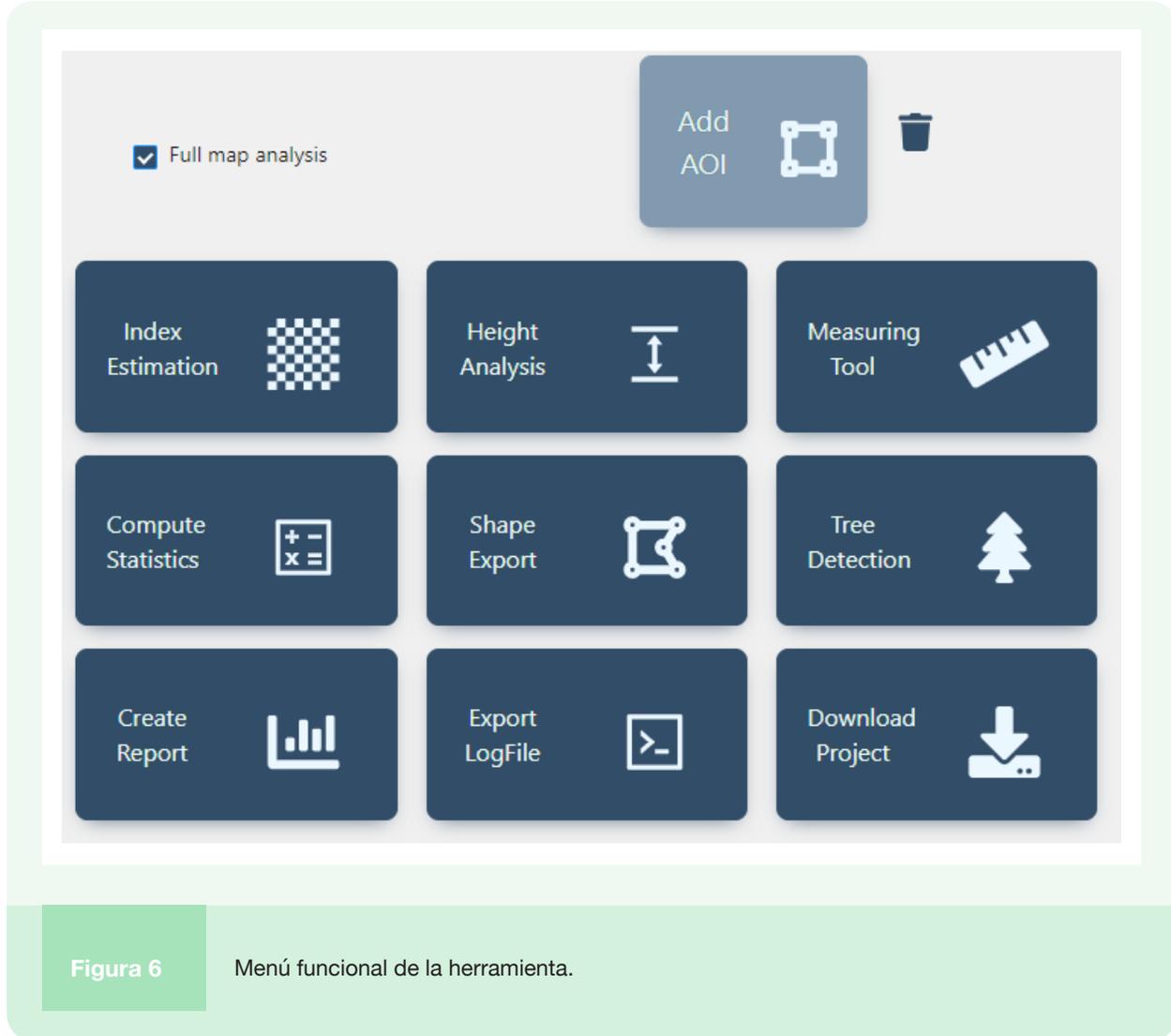


Figura 6

Menú funcional de la herramienta.

3.3.1 Area of Interest (AOI) / Full Map Analysis:

Si la opción **Full Map Analysis** se selecciona, las tareas se realizan sobre el área total de las capas importadas únicamente.

Alternativamente, con esta opción desactivada, se puede seleccionar una cierta área de interés (AOI). Esta se puede definir como un rectángulo o polígono, a través de las herramientas de dibujo que aparecen del lado derecho superior (Figura 7) al presionar el botón **Add AOI**. Con el área definida, se debe presionar el botón **Add AOI** nuevamente para concluir el proceso, con lo cual el botón cambia a verde y se muestra la leyenda **AOI Added**. Con el basurero rojo a la derecha del botón, es posible eliminar el área definida. Solamente un AOI a la vez puede ser considerado.

El área de interés permite realizar cálculos sobre la región definida, dado que el área acotada por esta región genera subcapas nuevas, las cuales mantienen el nombre de las capas originales, pero agregando el sufijo AOI. No obstante, la opción de calcular sobre el mapa completo también es seleccionable desde las diferentes ventanas de diálogo.



Figura 7

Definición del Área de Interés indicada por el recuadro verde claro.

3.3.2 Index Estimation:

Esta función permite calcular índices RGB sobre el modelo ráster correspondiente al ortomosaico o en las secciones de las capas definidas dentro del área de interés. Al presionar la opción, se muestra la ventana de diálogo en la Figura 8(a).

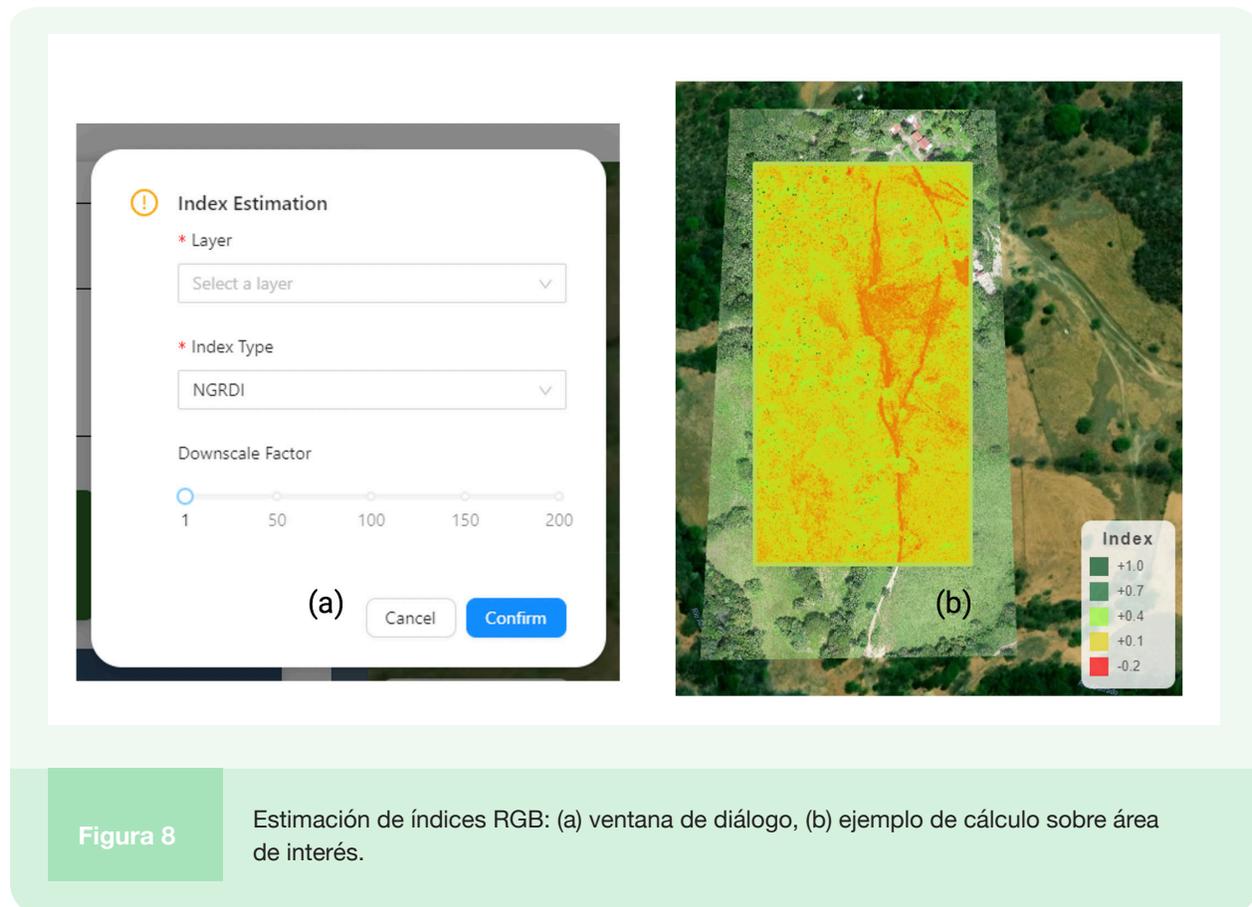


Figura 8

Estimación de índices RGB: (a) ventana de diálogo, (b) ejemplo de cálculo sobre área de interés.

En la ventana de diálogo *Index Estimation* se definen los siguientes parámetros:

Layer: Es la capa sobre la cual se realiza el cálculo de los índices, que puede ser el ortomosaico RGB completo o alguna otra capa ráster dentro del área de interés.

Index Type: Se puede escoger entre los índices RGB NGRDI (*Normalized Green-Red Difference Index*) y VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*). Para información de estos índices se pueden consultar las referencias [1]-[2].

Downscale Factor: La resolución del cálculo se puede reducir por un factor de hasta 200. Con esto se interpola el mapa original, lo que resulta en una ponderación del índice sobre el tamaño del píxel. Un factor de 1 significa que se usa la misma resolución de la capa ráster de entrada en el cálculo. Si la capa ráster es muy grande, el valor mínimo en la escala será automáticamente restringido.

La Figura 8(b) presenta un ejemplo de salida con la capa del índice NGRDI sobre un área de interés. La barra de escala en la esquina inferior muestra la equivalencia del valor del índice con la paleta de colores.

3.3.3 Height Analysis:

Esta función permite extraer el modelo de alturas a partir del DEM. Si se dispone de un DTM, es posible habilitar la opción de calcular el modelo de alturas de la capa de vegetación (*canopy height model, CHM*). La resolución de la capa de salida se ajusta con el factor de escala. Al presionar la opción, se muestra la ventana de diálogo *Height Analysis* [Figura 9(a)] y un ejemplo de salida de la capa de alturas sobre un área de interés [Figura 9(b)].

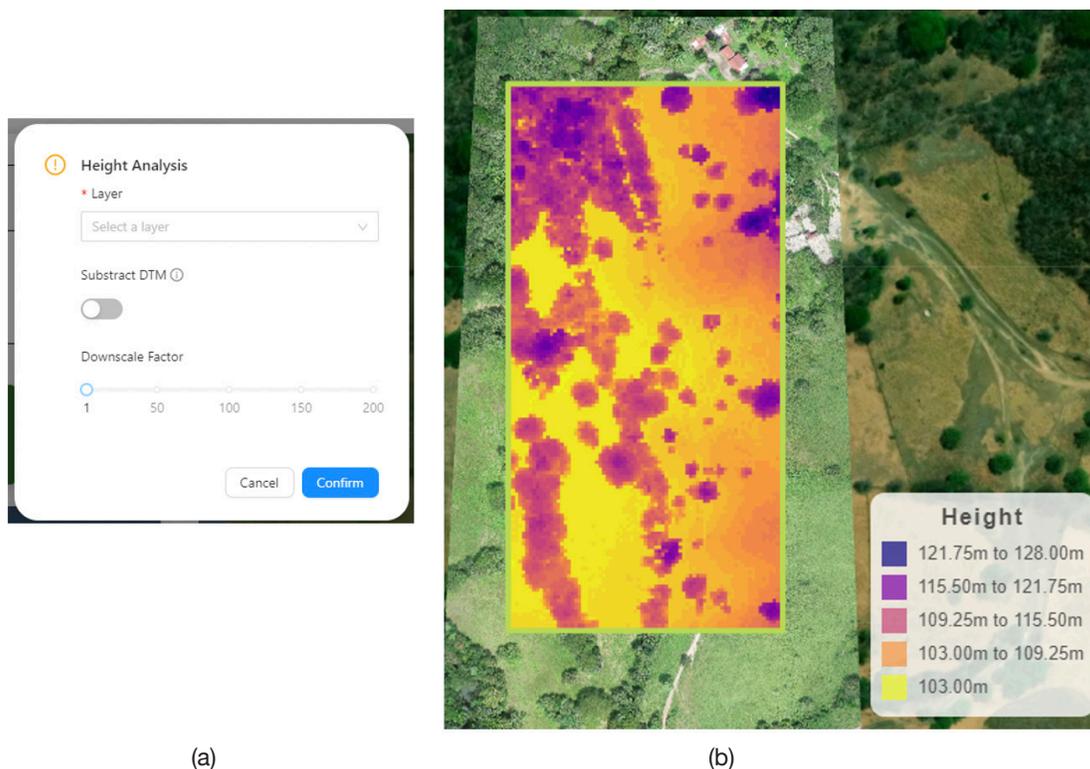


Figura 9

Análisis de alturas: (a) ventana de diálogo *Height Analysis*, (b) ejemplo de visualización de un modelo de elevación digital en la zona de interés.

En la ventana de diálogo se definen los siguientes parámetros:

Layer: Es la capa sobre la cual se realiza el cálculo de alturas, la cual debe ser un modelo ráster de una banda con la información de alturas.

Subtract DEM: Con este botón se activa la opción de restar el DTM del DEM para calcular el modelo de alturas de la vegetación. Para que esta funcionalidad haga un cálculo preciso, la georreferenciación del DEM y DTM debe ser idéntica. Si este no es el caso, es de esperar que aparezcan algunos valores negativos y otras imprecisiones en el cálculo.

Downscale Factor: La resolución del cálculo se puede reducir por un factor de hasta 200. Con esto se interpola el mapa original, lo que resulta en una ponderación del índice sobre el tamaño del pixel. Un factor de 1 significa que se usa la misma resolución de la capa ráster de entrada en el cálculo.

3.3.4 Measuring Tool:

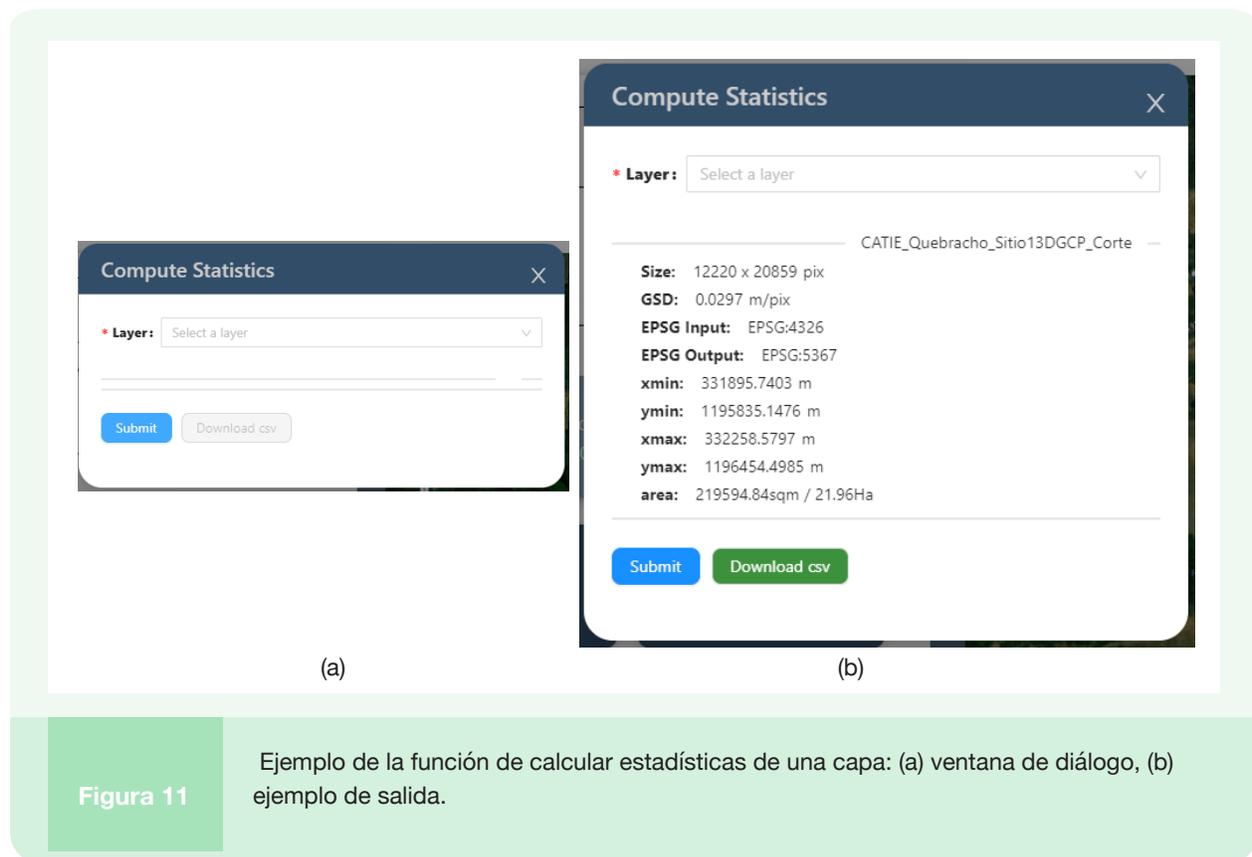
Al ingresar en este menú, se habilita en la zona del mapa un botón para trazar líneas de múltiples puntos con las que se muestran distancias sobre el mapa. Para salir de esta función se presiona el mismo botón, el cual muestra la leyenda **Exit Tool** mientras se ejecuta esta función (Figura 10).



3.3.5 Compute Statistics:

En este menú se despliegan datos de las capas ingresadas, tales como resolución espacial y tamaño de la capa en píxeles, sistema de coordenadas y rangos de coordenadas. En el caso de modelos de elevación, se incluye además el rango de alturas.

Si se han ingresado capas vectoriales, el área relativa al mapa completo o la zona de interés se despliega en el reporte. La ventana de diálogo y un ejemplo de reporte se incluyen en la Figura 11. En la misma ventana del reporte se puede realizar un nuevo cálculo sobre cualquiera de las capas disponibles o salvar los datos del reporte en un formato de archivo separado por comas (.csv).



3.3.6 Shape Export:

Esta opción permite trazar un polígono de forma arbitraria sobre un mapa y exportar las coordenadas y alturas asociadas con el perímetro de ese polígono. Al presionar el botón, aparece una ventana de diálogo, donde se debe especificar el nombre de la forma. Seguidamente, se dibuja la forma con las herramientas de dibujo que aparecen en la esquina superior derecha del mapa. Una vez concluida la forma, se presiona el botón nuevamente, el cual despliega el mensaje **Save Shape**, que crea un archivo comprimido que contiene los datos de la forma en un formato legible y geojson. Este proceso se ilustra en la Figura 12.



Figura 12.

Ejemplo de la función de exportar formas. Polígono verde fue dibujado con el botón del menú superior derecho, pulsando el botón izquierdo para definir cada vértice de la forma.

3.3.7 Tree Detection:

Esta funcionalidad realiza una detección de coronas de árboles individuales, basada en la biblioteca *DeepForest* [3]. Este paquete utiliza técnicas de aprendizaje profundo a través de redes neuronales con la biblioteca *Keras*.

En la ventana de diálogo se definen los siguientes parámetros [Figura 13(a)]:

Layer: Es la capa ráster RGB sobre la cual se realiza el análisis.

Weights Google Drive URL: Por defecto, el programa utiliza un archivo de configuración con los pesos de la red neuronal utilizada para realizar la detección. Sin embargo, es posible entrenar la red para ciertos panoramas y si se desea especificar un archivo de pesos propio, es posible incorporarlo en este espacio. El archivo debe estar en un folder compartido en la nube de Google Drive y el enlace a este se puede colocar en el cuadro de diálogo.

Scale Factor: Es el factor de escala para aumentar el tamaño del pixel en la detección. Para una detección precisa y eficiente, el tamaño del pixel debe oscilar preferiblemente entre 7 y 30 cm. Entre

más píxeles se tengan que analizar, lo cual va de la mano con el tamaño del mapa, más recursos de computación y tiempo de ejecución se requiere. Para que la detección sea viable, cada árbol debe estar descrito por suficientes píxeles, de forma que sea identificable por la red.



Figura 13.

Detección de árboles en mosaicos RGB: (a) ventana de diálogo, (b) ejemplo de detección y (c) menú de edición.

Overlap: Es el traslape utilizado para el análisis por segmentos de la imagen.

Iou: Es el parámetro de intersección sobre la unión, el cual define la precisión de un objeto detector para un cierto set de datos. Es un parámetro ajustable según el problema en análisis.

Una vez que se presiona el botón **Execute**, iniciaría el proceso de detección, el cual retorna una imagen como la que se muestra en la Figura 13(b) al finalizar. Cada caja representa un árbol detectado, cuyo centroide se muestra en color azul. Al presionar cada centroide, se puede ver la descripción y detalles del elemento detectado.

Como el resultado de la detección es variable según los datos de entrenamiento y el tipo de panorama analizado, siendo improbable obtener 100% de precisión en el proceso, la herramienta brinda la funcionalidad de editar los resultados manualmente.

Al presionar el botón **Edit Detection**, se habilita un menú en la zona superior derecha del mapa que permite borrar cajas, editar las zonas de detección y agregar nuevas cajas de detección. El modelo editado se puede salvar con el botón **Save Changes** que aparece en este modo de edición (Figura 14).



Luego de un proceso de edición, las posiciones de los centroides se actualizan, lo que puede tomar algunos minutos, dependiendo del número de árboles detectados.

Finalmente, para salvar los resultados se presiona el botón **Export Detection**, con lo cual se crean archivos shape, geojson y .csv. Los archivos en formato legible contienen las posiciones de la caja, el centroide y el área elíptica acotada por la caja. Si se desea volver al menú principal, se presiona el botón **Discard Detection**.

4

Ejemplo de Aplicación

El siguiente ejemplo se ubica en el repositorio de la herramienta, el cual consiste en un levantamiento fotogramétrico realizado con un sistema aéreo no tripulado, con un sensor RGB y procesado en *Agisoft Metashape 1.7.3*. El sitio corresponde a un sistema silvopastoril experimental del Instituto Tecnológico de Costa Rica en La Vega de San Carlos, Costa Rica.

Al iniciar el proyecto, se incorporan el ortomosaico RGB, el modelo de elevación digital DEM y el modelo digital de elevación del terreno DTM. Este último se calcula a través de la reclasificación de la nube de puntos fotogramétrica en *Agisoft Metashape* (Rimolo-Donadio et al 2021). El nivel de suelo en realidad corresponde al valor de la vegetación baja, ya que en la toma prácticamente no se observa suelo descubierto.

Adicionalmente, se incorpora una capa vectorial que identifica las zonas con árboles, la cual fue calculada con el software *eCognition* (Arriola-Valverde et al 2021).

Al iniciar el proyecto, se configura el nombre con que se salvará y el factor de escala, que en ese caso se deja en 1 para visualizar las imágenes con toda la resolución. La Figura 15 muestra los archivos incorporados y la ventana de configuración general.

Con el fin de entender mejor la información incorporada al proyecto, al habilitar el **Full Map Analysis**, se procede a calcular las estadísticas de la capa RGB con el botón **Compute Statistics**.

Al seleccionar la capa del ortomosaico, se despliegan los valores mostrados en la Figura 16. El mapa se ajustó para una resolución de 6,59 cm/píxel y tiene un tamaño de 7 287 x 7 240 píxeles, los cuales corresponden a 22,7 ha; de las cuales, según la figura vectorial de la clase árboles, 2,1 ha corresponden a zonas arboladas.

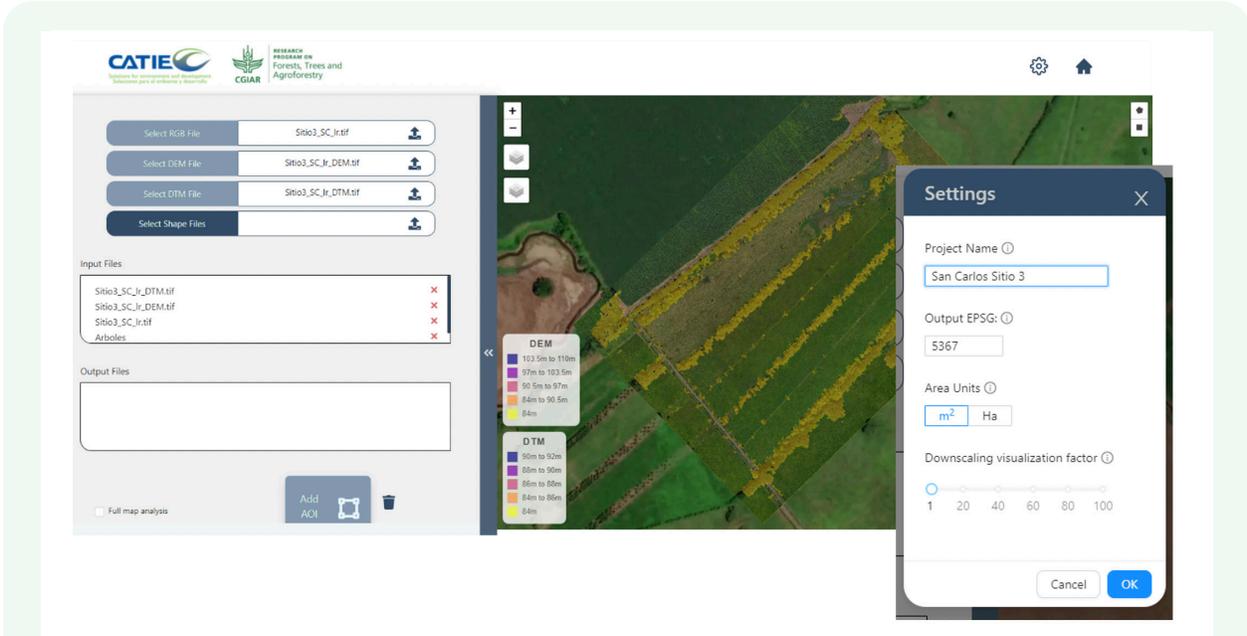


Figura 15.

Ejemplo de aplicación de la herramienta para el sitio en San Carlos, Costa Rica. Se muestra la pantalla general de la interfaz con los archivos de entrada definidos y el menú de configuración general.

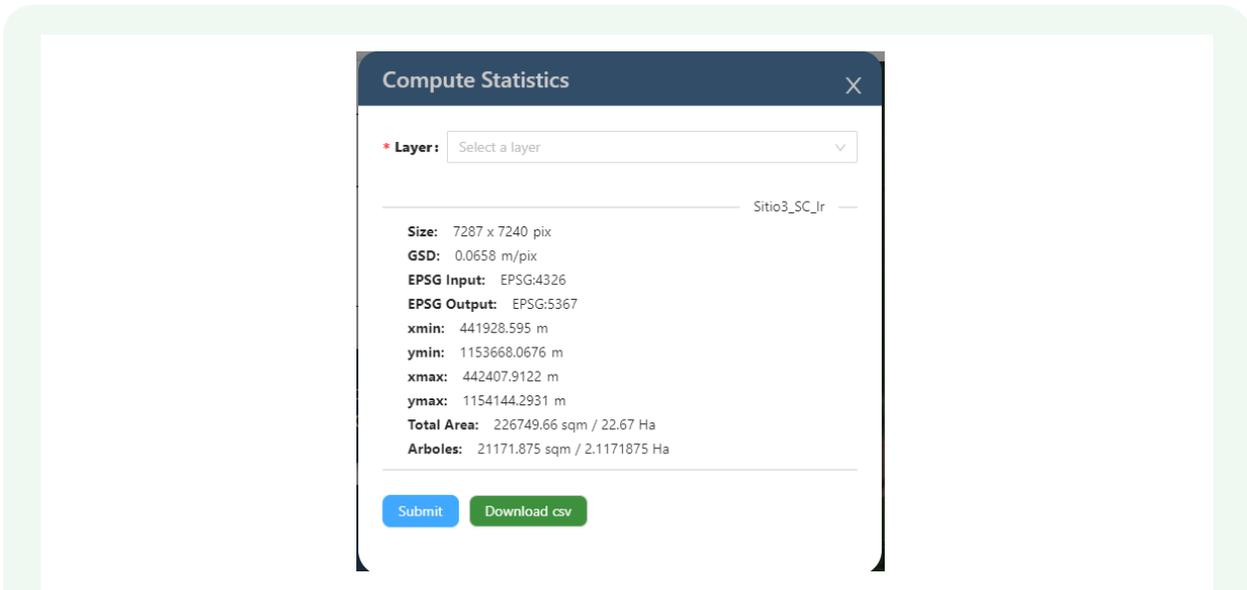


Figura 16.

Estadísticas extraídas de la capa con el ortomosaico RGB.

El sitio se identifica como terrenos utilizados para ganadería, los cuales se han dotado de cercas vivas de especies maderables en diferentes fases de desarrollo. Con la función **Measuring Tool** se traza una línea para medir las líneas internas de árboles. Se visualiza en la Figura 17 que las líneas miden poco más de 300 metros.

La Figura 18 muestra el resultado de la función **Height Analysis**, en la que se activa la función de restar el DTM de la capa del DEM y se mantiene un factor de escala de 1. Se observa que la capa resultante es aproximadamente el modelo de elevación de la vegetación, con respecto a la vegetación baja presente en el paisaje. Se observan desde arbustos y árboles jóvenes, a árboles maduros con alturas que alcanzan hasta poco menos de 20 metros.



Figura 17.

Medición de la distancia de una de las filas de árboles internas con la función **Measuring Tool**.



Figura 18. Modelo de alturas de la vegetación obtenido con la función *Height Analysis*.

A continuación, se realiza un análisis de índices RGB sobre una región de interés. Para esto se deshabilita el **Full Map Analysis**, se procede a presionar el botón **Add AOI** y se dibuja una zona como la mostrada en la Figura 19. Se define el área presionando el botón nuevamente y se accede a la función **Index Estimation**. Se escoge la capa con el sufijo AOI al seleccionar el índice VARI y un factor de escala de 10 (Figura 19).

El índice RGB muestra valores bajos para las zonas de pasto seco en la parte noroeste del AOI y se calcula valores más altos en las zonas con árboles y donde el pasto se observa más vigoroso.

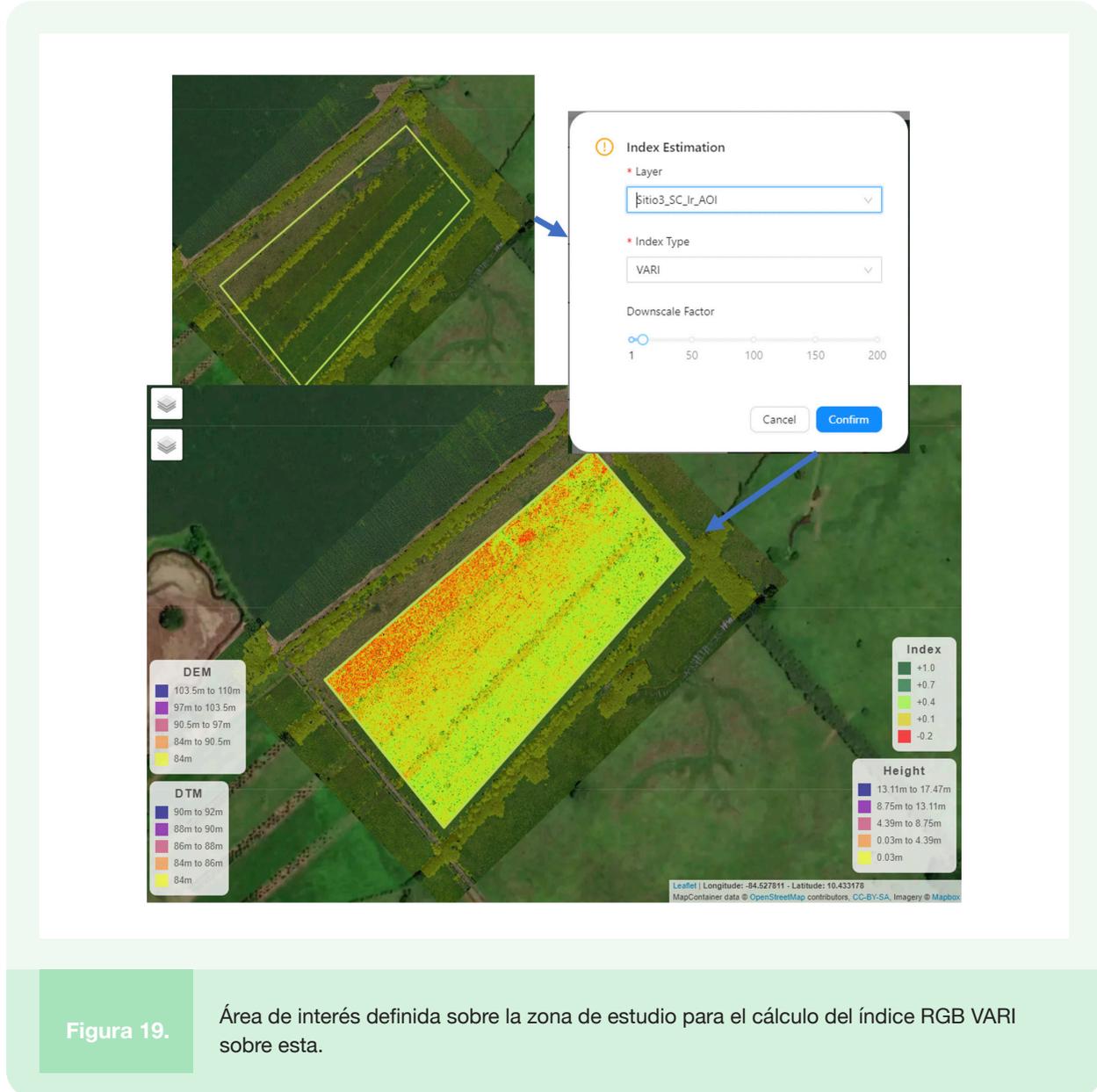


Figura 19.

Área de interés definida sobre la zona de estudio para el cálculo del índice RGB VARI sobre esta.

Se ejemplifica ahora el uso de la función **Shape Export**, la cual permite definir un polígono irregular sobre el mapa y exportarlo. Al presionar el botón **Shape Export**, se define un nombre y se habilita la barra de dibujo en la esquina superior del mapa. Se procede a dibujar la forma. Cuando se ha completado el proceso, se presiona el botón nuevamente para proceder a guardarla en formato .csv, json y geojson. La Figura 20 muestra un ejemplo de forma, la cual se salva como *treeline1*. Repetidas llamadas de la función irán salvando las formas que se definan en la misma ubicación de descargas.



Figura 20. Ejemplo de la función **Shape Export**, con los archivos de salida creados.

El último proceso será la detección de árboles individuales sobre el mapa. Al presionar **Tree Detection**, se procede a escoger la capa del ortomosaico, utilizando el archivo de pesos por defecto (no se especifica URL), con un factor de escala de 2 y el resto de los parámetros en la configuración por defecto. Al ejecutar el proceso, se obtiene la detección mostrada en la Figura 21.



Figura 21.

Salida de la detección de árboles para la configuración mostrada.

Como la salida de la detección no es perfecta, el porcentaje de aciertos depende del panorama en sí y del archivo de entrenamiento que se use. Es posible afinar la detección manualmente. En la Figura 22 se muestra una sección editada, donde se han agregado, eliminado y redimensionado cajas con la función **Edit Detection**. El cambio se observa principalmente en las líneas de árboles pequeños centrales.



Figura 22.

Ejemplo de resultado para la detección automática de árboles en una sección de un ortomosaico (superior) y la misma sección con el resultado editado manualmente (inferior).

El proceso de detección puede requerir un recurso de cómputo considerable, según el tamaño del mapa y la cantidad de árboles. En la medida de lo posible, se recomienda utilizar factores de escala que transforman el píxel a un tamaño superior a 10 cm. Sin embargo, un píxel muy grande hará que no se concreten detecciones. Cada árbol presente debe ser representado por suficientes píxeles. Este balance se debe estudiar caso por caso, ya que depende tanto del tamaño de la escena como del tamaño del píxel.

El proceso de salvar el modelo editado recalcula los centroides y áreas, por lo que toma algún tiempo adicional. Una vez actualizada la detección, es posible exportarla con el botón **Export Detection**. Esta función almacena los resultados en formato shape, .csv y geojson, como se ilustra en la Figura 23. Los archivos almacenan la ubicación, el tamaño de la caja, centroide y altura asociada con el centroide para cada árbol detectado o definido manualmente.



Figura 23. Archivos exportados luego de la detección de árboles.

Para finalizar el análisis, se presiona el botón **Discard Detection** para retornar al menú principal.

Una vez concluidos los análisis, se cuenta con las funcionalidades para salvar el proyecto en una ubicación específica (**Download Project**) y generar reportes. El proyecto contiene una serie de carpetas con los diferentes subproductos, según las funciones ejecutadas. Las tareas ejecutadas se pueden visualizar en el archivo histórico (.log), el cual también es exportable independientemente (**Export Log File**). Un resumen de las tareas ejecutadas se almacena en la forma de un reporte en .pdf con la opción **Create Report**.

Agradecimientos

Entre los socios de financiación que han apoyado esta investigación están: Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (CRP-FTA), con el apoyo financiero del Fondo del CGIAR y el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

Esta investigación fue realizada por el CATIE como parte del Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (CRP-FTA). El objetivo del programa es mejorar el manejo y uso de los bosques, agroforestería y los recursos genéticos de los árboles a lo largo del paisaje, desde bosques hasta plantaciones. El CATIE forma parte del programa CRP-FTA en asociación con Bioversity, CIRAD, CIFOR, CIAT, INBAR, TROPENBOS y el ICRAF.

Bibliografía

- [1] Arriola Valverde S, Rimolo Donadio R, López-Sampson A, Sepúlveda N, Somarriba E. 2021. Clasificación y Detección Automática con eCognition para el análisis de coberturas en ortomapas y modelos de elevación digital. Serie Técnica Informe Técnico # 424, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 53 p.
- [2] Lussem, U., Bolten, A., Gnyp, M.L., Jasper, J. y Bareth, G. (2018). *Evaluation of RGB-based Vegetation Indices from UAV Imagery to Estimate Forage yield in grassland*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3, ISPRS TC III Mid-term Symposium “Developments, Technologies and Applications in Remote Sensing”, 7–10 May, Beijing, China.
- [3] Rimolo Donadio R, Arriola Valverde S, Umaña Soto J, López-Sampson A, Sepúlveda N, Villalobos Avellán LC, Monge Mora JC, Somarriba E. 2021. Fotogrametría Digital con Sistemas Aéreos no Tripulados para el Análisis de Sistemas Agroforestales: Tutorial. Serie Técnica, Informe Técnico # 423, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 75 p.
- [4] Souza Barbosa, B.D. Araujo e Silva Ferraz, G., Mendes Goncalves, L. y Bedin Marin, D. (Mayo, 2019). RGB vegetation indices applied to grass monitoring: a qualitative analysis. *Agronomy Research*.
- [5] White, E. y Weinstein, B. (Mayo, 2021). *Deep Forest. Python Package for Individual Tree Crown Detection*. Recuperado de <https://deepforest.readthedocs.io/en/latest/index.html>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



Sede Central, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica
Tel. + (506) 2558-2000

www.catie.ac.cr

