

Protocolo para la Adquisición de Datos de Reflectancia Hiperespectral de Flores, Frutos, Corteza y Hojas de Plantas de Bosque Tropical

Investigadora Principal:

Helene C. Muller-Landau, PhD

Científica Senior / Ecóloga investigadora

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá
mullerh@si.edu

Tel.: (+507) 212-8450 o US 202-633-4700 ext. 28450

Sitio web del laboratorio: <https://striresearch.si.edu/quantitative-forest-ecology/>

Colaboradores

Juan Camilo Osorio-Ospina

Lily Pitcher

Daria Lipsky

Yoseline Angel

Helene C. Muller-Landau

Actualizado el 20 de enero del 2025

Protocolo para la Adquisición de Datos de Reflectancia Hiperespectral de Flores, Frutos, Corteza y Hojas de Plantas de Bosque Tropical	1
<i>Resumen del estudio</i>	3
<i>Glosario de términos.....</i>	4
<i>Métodos.....</i>	5
Para la colecta de órganos vegetales.....	5
Para las mediciones espectrales de muestras:.....	6
<i>Cronograma de muestreo.....</i>	15
<i>Política de tratamiento de datos y publicaciones.....</i>	15
<i>Personal del estudio y sus roles.....</i>	16
<i>Referencias.....</i>	16

Resumen del estudio

Título	<i>Eng: Building the basis for automated species identification of tropical plants from hyperspectral data. Esp: Sentando las bases para la identificación automatizada de especies de plantas tropicales a partir de datos hiperespectrales</i>
Metodología	Muestreo por conveniencia, estudio observacional
Duración de la fase de muestreo	La financiación inicial es para 1 año de muestreo; se amplía a 2 años
Sitio de estudio	Barro Colorado Island (BCI), Colón, Panamá
Objetivos	<p><u>Objetivos generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolectar y publicar un set de datos de entrenamiento multidimensional de reflectancia espectral de flores, frutos, hojas y corteza para especies de árboles y lianas de Panamá Central, en parte, para calibrar y validar los datos de monitoreo remoto. Dada la existencia de librerías de datos espectrales de hojas, este estudio se centrará en flores y frutos - Cuantificar la variación intraespecífica e interespecífica de los datos recogidos, así como su utilidad para la clasificación de las especies de interés <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar un protocolo de muestreo para sets de datos de reflectancia espectral de los órganos vegetales - Crear una librería de reflectancia espectral (con alta resolución espectral) de flores, frutos, corteza y hojas de especies de árboles y lianas. Debido a la existencia de datos de reflectancia de hojas, centrarse especialmente en la recopilación de datos de flores, cortezas y frutos
Número de especies	Al menos 150 especies, idealmente 3 individuos por especie y tipo de muestra
Criterios para la inclusión de especies	<ul style="list-style-type: none"> - Especies de plantas leñosas - Preferencia por especies que lleguen al dosel del bosque en el sitio de estudio - Los individuos, idealmente, deberían estar a una distancia de al menos 50 m entre sí
Financiación	<ul style="list-style-type: none"> - Subvención <i>Smithsonian Institution Life on a Sustainable Planet Pathfinder</i>, con I.P., H.C. Muller-Landau - Subvención 429440 del Instituto Simons para el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales - Préstamo del espectrómetro ASD FieldSpec de la NASA, utilizado para las mediciones

Glosario de términos

Medición espectral: Medición de la reflectancia espectral de una muestra dada mediante un espectrómetro (referida aquí en ocasiones como máquina).

Planta: Un único árbol, liana o plántula.

Muestra: Una colecta de tejido u órgano tomada de una planta para medir en un día específico. Esta suele consistir en varias flores de una planta determinada o varios frutos, etc. A cada muestra se le asigna un código único **SampleID** dentro de un archivo FieldForms/FieldMaps y una Tabla de Excel.

Subvista (Subview): Una vista particular de una muestra, por ejemplo, vista interna o externa de una cápsula, arilo vs. semilla. Muchas muestras sólo tienen una subvista, otras tienen múltiples subvistas.

Submuestra (Subsample): Una submuestra proveniente de una muestra. Cada muestra se utilizará para crear 5 submuestras distintas, cada una de las cuales se mide por separado.

Tipo de medición: Cómo se mide la muestra, por ejemplo, *leaf-clip*, contacto y casi contacto.

SpectraID: Un identificador único para cada medición espectral. Cada medición está asociada a una planta, sampleID, subvista, submuestra y tipo de medición determinados. **También hay spectraID para las mediciones de referencia blanca.** Cada spectraID tendrá siempre su propio archivo de lectura espectral (por ejemplo, 2024_03_02_0002.asd).

Métodos

Para la colecta de órganos vegetales

Implementos:

- Bolsas zip-loc
- Nevera portátil con hielo
- Marcador Sharpie
- GPS / iPad con GPS
- Cuaderno de campo

Protocolo de colecta. Las muestras de frutos, flores, hojas y corteza para las mediciones se recogen de forma oportunista de material caído en el suelo del bosque. Estas muestras deben ser de material fresco, a menos que se indique lo contrario. Cuando existe la posibilidad de hacerlo, se prefiere colectar muestras frescas directamente de plantas vivas, excepto en el caso de la corteza, que podría ser destructivo para la planta.

Para este proyecto, se crearon formularios de campo en ArcGis y se descargaron para su uso con la aplicación FieldMaps en un iPad con GPS. Para cada muestra recogida se registra la siguiente información:

- ID de la muestra, único para cada muestra, generado automáticamente en el formulario de campo y que no puede modificarse.
- La ubicación.
- La fecha y hora de colecta.
- El tipo de muestra, fruto/flor/hoja/corteza.
- El estado de la muestra, inmadura/madura/senescente.
- Cuando es posible, se identifica la parcela de la que la muestra y se anota el número de la etiqueta si la planta lleva.
- Fotos de la muestra (y del árbol cuando sea posible) para identificar la especie.
- La especie (código de 6 letras, código de 4 letras y nombre binomial), que puede añadirse posteriormente tras consultar con un botánico experto.
- Quien recogió la muestra.
- Quién identificó la muestra.

Cuando se colecta una muestra, fotógráfiela para identificar la especie y guárdela en una bolsa zip-loc. Anote en la bolsa el ID de la muestra y la fecha. Guarde las muestras en una nevera portátil con hielo. Cuando se recojan diferentes tipos de órganos del mismo árbol, regístrelos como ID diferentes. Las muestras del mismo órgano de la misma especie deben tomarse a una distancia mínima de 50 m para evitar recoger varias muestras del mismo individuo.

Nomenclatura de los archivos. Aunque cada muestra de órgano debe tener un ID generado automáticamente, recomendamos que el archivo que contenga las muestras siga la siguiente sintaxis:

AAAA_MM_DD_Field_Form.FileType
2024_03_14_Field_Form.csv

Para las mediciones espectrales de muestras:

La mayor parte de los conocimientos técnicos para la configuración y el uso del espectrómetro se derivan de las instrucciones de Yoseline Angel y el informe técnico de Danner, *et al.* (2015).

1. Equipos e implementos:

- ASD Field Spec 4 (**Figura 1A**).
- Sonda de contacto para ASD Field Spec con revestimiento de material con superficie de Lambert* (**Figura 1B**).
- Cable de carga (revestido de material con superficie de Lambert) para conectar la sonda al Field Spec (**Figura 1C**).
- Computador portátil Panasonic CF-53 con el software correspondiente y calibrado (**Figura 1D**).
- Cable para conectar el ASD Field Spec al computador (**Figura 1E**).
- Caja negra forrada con material de superficie de Lambert (**Figura 1F**).
- Pinza forrada con material de superficie de Lambert (**Figura 1G**).
- Soporte forrado con material de superficie de Lambert (**Figura 1H**).
- Referencias blancas (**Figura 1I-J**).
- Leaf-clipper (**Figura 1K**).

* El material con superficie de Lambert es de color negro oscuro y refleja todas las longitudes de onda de luz en todas las direcciones, por igual; puede ser tela, cinta adhesiva o papel aluminio. En este protocolo se usaron materiales comprados en las siguientes fuentes:

- <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=BKF12>
- <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=BK5>
- <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=T743-2.0>

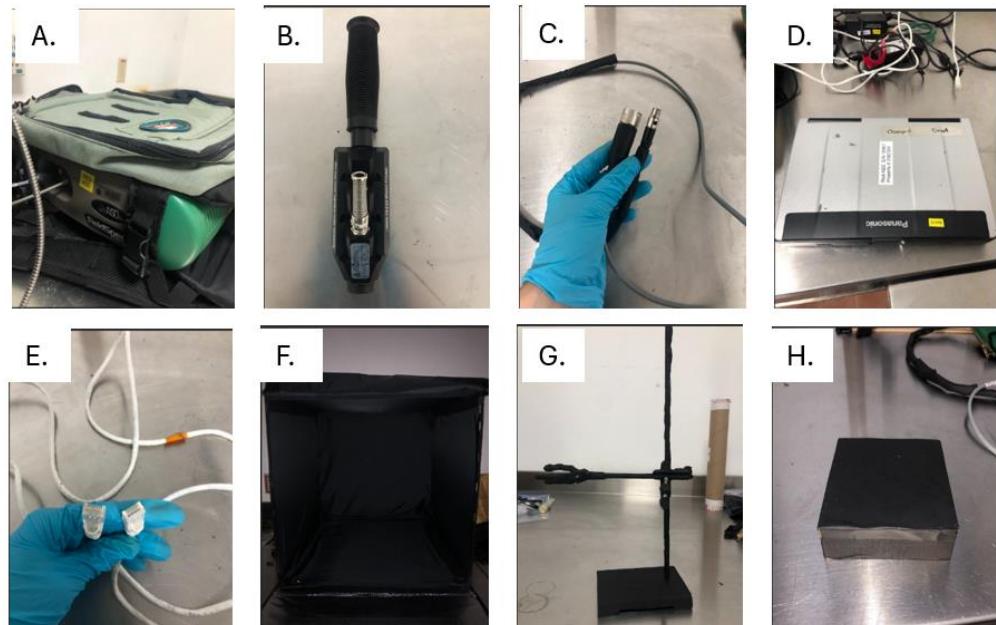




Figura 1. Equipo para mediciones de laboratorio. **A** ASD Field Spec 4. **B** Accesorio para sonda de contacto. **C** Cable de carga para sonda de contacto. **D** Computador portátil calibrado para guardar las mediciones especlaras. **E** Cable para conectar el especlarometro al computador portátil. **F** Caja negra recubierta de material de superficie de Lambert. **G** Pinza cubierta de material de superficie de Lambert. **H** Soporte para sostener las muestras y recubierto de material con superficie de Lambert. **I** Referencia blanca para mediciones casi contacto. **J** Referencia blanca para medidas de contacto. **K** Accesorio para *Leaf-clip*.

2. Configuración del especlarometro

Conecte el cable de corriente a la ranura X (**Figura 2**). Esto debe hacerse al menos 20 minutos antes de realizar la primera medición. Encienda el especlarometro pulsando el interruptor situado al lado del input (**Figura 2A**). Un zumbido indica que el especlarometro está encendido.

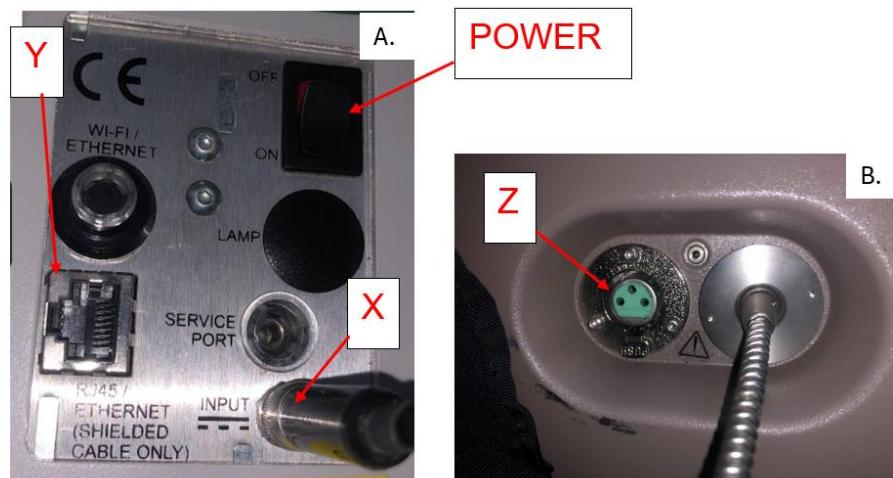


Figura 2. Panel de conexión del ASD Field Spec4. **A** Panel con interruptor de encendido, puerto de carga y puesto para conectar a computador. **B** Panel para conectar la fibra óptica.

3. Configuración de caja negra y sonda de contacto

Para todas las muestras, las mediciones de laboratorio de casi contacto y contacto se realizan usando el ASD Field Spec 4 con una sonda. Esto se hace en una caja negra forrada con material de superficie de Lambert. Todos los cables dentro de la caja están cubiertos con este mismo material. Retire y desenrede con cuidado el cable de fibra óptica de la malla del especlarometro. Conecte el cable gris de carga al especlarometro empujándolo en la ranura Z (**Figura 2**) hasta que se oiga un clic. Pase el cable de fibra óptica y el cable de carga gris a través del orificio situado en la parte superior de la caja negra; a continuación, cierre la solapa para sellar completamente.

Conecte el cable de fibra óptica y el cable de carga al sensor de la sonda de contacto: En la sonda de contacto (**Figura 3A-B**), desenrosque el accesorio metálico plateado y retire el accesorio de plástico gris. Enrosque el accesorio metálico plateado y, a continuación, el accesorio de plástico gris en el

extremo del cable de fibra óptica (**Figura 3C**). Vuelva a colocar el accesorio de plástico en su posición original en la sonda de contacto y empuje el cable de fibra óptica hasta el tope. Vuelva a enroscar el accesorio metálico plateado para fijar el sensor en su sitio. Conecte el cable gris (**Figura 3A**) a la sonda de contacto.

Coloque una pinza cubierta en superficie de Lambert en la caja y sujeté el mango de la sonda de contacto del espectrómetro (ahora cubierta con material negro) de forma que el sensor apunte hacia abajo y los puntos en los que se sujetan los cables queden orientados hacia la parte posterior del montaje de la caja negra. Coloque un soporte plano para sostener la referencia blanca o la muestra debajo de la sonda. La altura de la pinza debe ajustarse para cada medición, de modo que la distancia entre la muestra y la sonda sea constante. Encienda la luz de la sonda de contacto pulsando el botón situado en la parte frontal de la misma. La configuración resultante debe ser idéntica a la de la **Figura 3D–F** (en donde se muestra la sonda sin la cubierta).

Las mediciones de *leaf-clip* se realizan en muestras seleccionadas de flores y hojas que consisten en un tejido más blando. Estas mediciones no tienen que realizarse en la caja negra. Las mediciones se realizan con el accesorio de la sonda para plantas, como en las mediciones cercanas y de contacto, además del accesorio de *leaf-clip*.

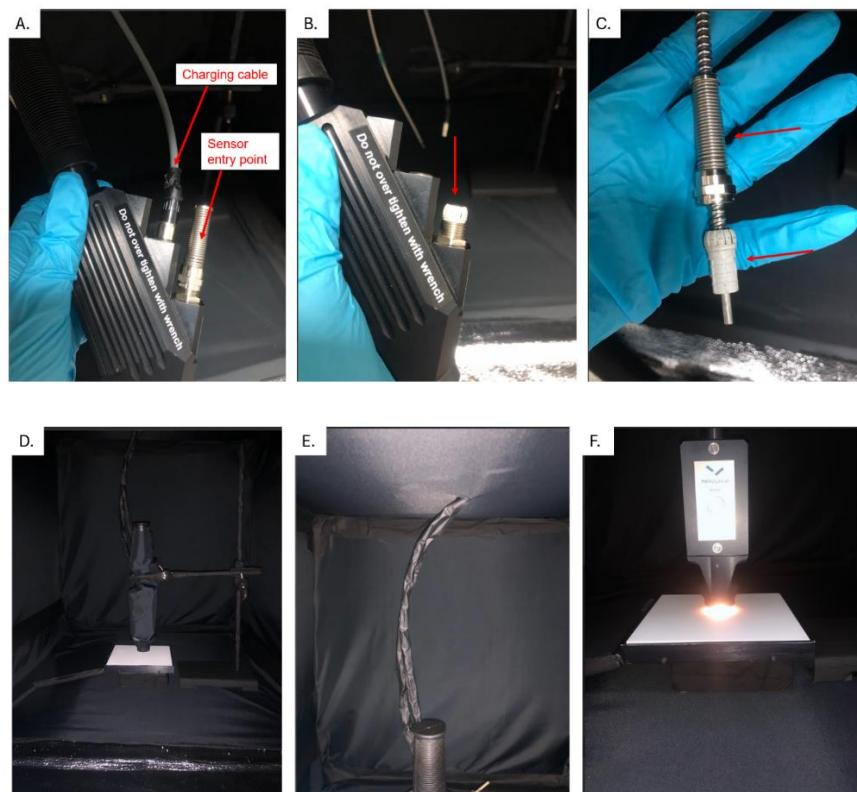


Figura 3. Configuración de la sonda de contacto y la caja negra. **A–C** Conexión del cable de alimentación y del cable del sensor de fibra óptica a la sonda de contacto. **D–E** Caja negra preparada con el equipo cubierto con material de superficie de Lambert. **F** Sonda y referencia blanca montados para mediciones de casi contacto (sin cubierta).

4. Configuración del computador portátil

Encienda el computador y cree carpetas para mediciones. En los archivos del computador cree una carpeta para el sitio de estudio, luego, dentro de esta, la carpeta que indique el mes y el año de la medición (p.e. December_2024), de doble click en la carpeta y cree una nueva carpeta para ese día (De click en **New Folder** en la barra superior de herramientas). Recuerde que la fecha de medición debe estar en el siguiente formato:

Sitio_de_estudio/Mes_AAAA/AAAA_MM_DD
BCI/December_2024/2024_12_20

Asegúrese de que el computador tiene carga suficiente o se está cargando y está encendido. Conecte el cable blanco directamente desde el computador a la **ranura Y** (**Figura 2**) del espectrómetro.

Compruebe la conexión del espectrómetro al computador haciendo clic en el símbolo del cable en la barra de tareas. Se abrirá una ventana, marque las tres casillas correspondientes a cada sensor del espectrómetro y seleccione OK. Una luz verde indica que el ordenador está conectado al espectrómetro. Si aparece una luz roja, reinicie el ordenador y configúrelo de nuevo.

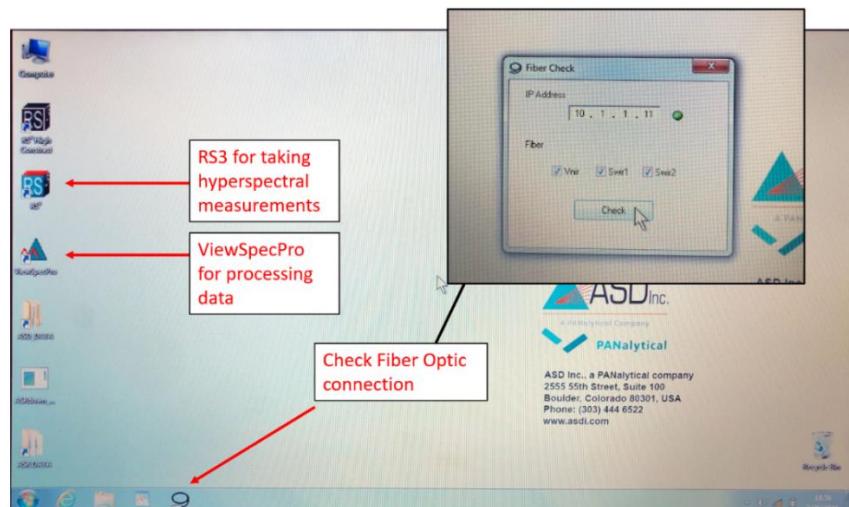


Figura 4. Pantalla del computador portátil mostrando la conexión exitosa del espectrómetro y el software de interés.

5. Configuración del software RS3 para la toma de lecturas del espectrómetro

Inicie el software de la máquina haciendo doble clic en el ícono RS3 en el escritorio. Abra **Control/Adjust** en la barra de arriba (de herramientas) y rellene los siguientes detalles (**Figura 5A–B**):

- **Fore optic type:** Bare cable.
- **Number of samples:** Número de lecturas tomadas y promediadas por lecturas guardadas. Para mediciones de laboratorio, seleccione 25.
- **Black reference:** Introduzca 4 veces el *Number of samples*. Para mediciones de laboratorio, seleccione 100.
- **White reference:** Igual al *number of samples*. Para mediciones de laboratorio, seleccione 25.

Selecciones OK y cierre la ventana.

Abra **Control/Spectrum Save** en la barra de arriba (de herramientas) y rellene los siguientes detalles (**Figura 5A–C**):

- **Path name:** Seleccione la carpeta de datos que corresponda a esa fecha.
- **Base name:** Es el mismo para todas las lecturas de un mismo día. Introduzca este nombre de base en la columna 'SpectralFileStem' de la Tabla de referencia de archivos (más adelante en Excel). Cada lectura lleva un archivo con la siguiente nomenclatura:

AAAA_MM_DD_Númeroconsecutivode4dígitos.FileType
2024_03_14_0001.asd

- **Starting spectrum number:** 00000
- **Number of files per sample:** 1

Selecciones OK y cierre la ventana.

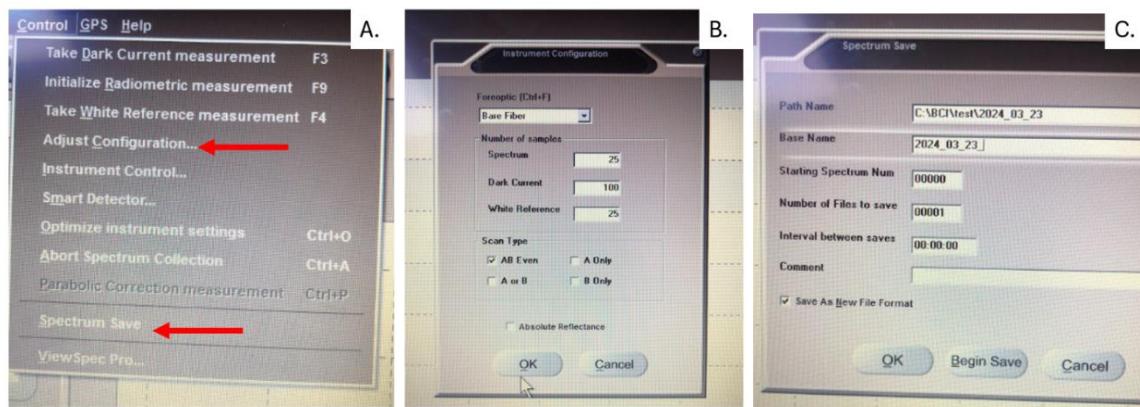


Figura 5. Software RS³ configurado para hacer mediciones. **A** Menú con secciones relevantes. **B** Ajustes del especlotrómetro. **C** *Spectrum Save*. Asegúrese que los detalles correspondan a la fecha de medición AAAA-MM-DD

6. Tabular tabla de Excel para registrar mediciones

A la par de la toma de mediciones de debe diligenciar la siguiente página de Excel en un computador anexo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SampleID	SpectralFileStem	MeasurementType	SubView	ViewType	SubSampleWhich	Time	FileNumber	PhotoName
2	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	Ref	13:06	0	
3	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	1	13:07	1	IMG_6884
4	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	2	13:08	2	IMG_6885
5	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	3	13:08	3	IMG_6886
6	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	4	13:08	4	IMG_6887
7	500	2024_11_06_	near-contact	F	NA	5	13:09	5	IMG_6888
8	500	2024_11_06_	contact	F	NA	Ref	13:11	6	
9	500	2024_11_06_	contact	F	NA	1	13:12	7	IMG_6884
10	500	2024_11_06_	contact	F	NA	2	13:13	8	IMG_6885
11	500	2024_11_06_	contact	F	NA	3	13:13	9	IMG_6886
12	500	2024_11_06_	contact	F	NA	4	13:14	10	IMG_6887
13	500	2024_11_06_	contact	F	NA	5	13:14	11	IMG_6888
14	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	Ref	13:18	12	
15	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	1	13:19	13	IMG_6890
16	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	2	13:20	14	IMG_6891
17	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	3	13:20	15	IMG_6890
18	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	4	13:21	16	IMG_6891
19	506	2024_11_06_	near-contact	F	NA	5	13:22	17	IMG_6890

Figura 6. Tabla de excel de laboratorio para conectar SampleID a las medidas

En **SampleID**: La muestra que se está midiendo.

En **SpectraFileStem**: La fecha de la medición. p.e. 2024_12_20_

MeasurementType: Casi-contacto (near-contact) o contacto (contact)

SubView: Solo si se miden vistas partes, por default F.

ViewType: Por default NA

Time: La hora en el computador del espectrómetro a la que se guardó la medición después de haber presionado la barra espaciadora.

FileNumber: Un numero consecutivo al que corresponde cada medida.

PhotoName. Nombre del archivo de la foto de la muestra.

7. Preparación de muestras para las mediciones de casi contacto y contacto

Las muestras se colocan en cartones recubiertos por material con superficie de Lambert. Sobre ellos, se preparan cinco submuestras. La preparación de las muestras depende del tamaño de las flores o frutos:

- En el caso de muestras de tamaño pequeño/mediano, coloque varias flores/frutos (o grupos de ellos) de la muestra (**Figura 7**).
- Para muestras grandes en las que una sola muestra sea mayor el radio de medición: coloque una sola flor/fruto de la muestra en cada cartón.

Tome una foto de cada muestra desde arriba. Dentro de la foto incluya un pequeño trozo de papel con el número de submuestra (1–5) y el SampleID (**Figura 7**). Registre el número de la foto en la Tabla de Excel (**Figura 6**).



Figura 7. Cartón de muestra y cinco cartones para cada Subsample de un SampleID.

8. Calibración del espectrómetro

- **Para mediciones de casi contacto:** Coloque la referencia blanca en la caja negra y ajuste la altura de modo que el sensor este a 1 o 2 cm del sensor.
- **Para mediciones de contacto:** Coloque la referencia blanca en la caja negra y ajuste la altura de modo que el sensor este tocando la referencia blanca.

Cierre la caja negra y fije bien el velcro en su sitio. Asegúrese de que no se escapa luz por los bordes de la caja y de que las luces de la habitación están apagadas.

Para todas las mediciones (**Figura 8**):

1. **Tome una referencia oscura (DC),** haga clic en el ícono DC situado debajo de la barra de herramientas. Espere unos segundos, **Este paso solo debe hacerse 1 sola vez.**

2. **Realice la optimización haciendo clic en OPT** debajo de la barra de herramientas. Espere hasta que el software indique «optimizado».
3. **Tome una referencia blanca** haciendo clic en WR debajo de la barra de herramientas. Espere hasta que la barra de «referencia de blanco» de la parte izquierda de la pantalla alcance el 100% y el espectro muestre una línea plana.

Para guardar la referencia y las medidas presione la barra espaciadora y registre el número de archivo de esta referencia y la hora en la Tabla de Laboratorio (**Figura 6**). La calibración, que incluye la optimización y la referencia blanca, se repite antes de cada muestra.

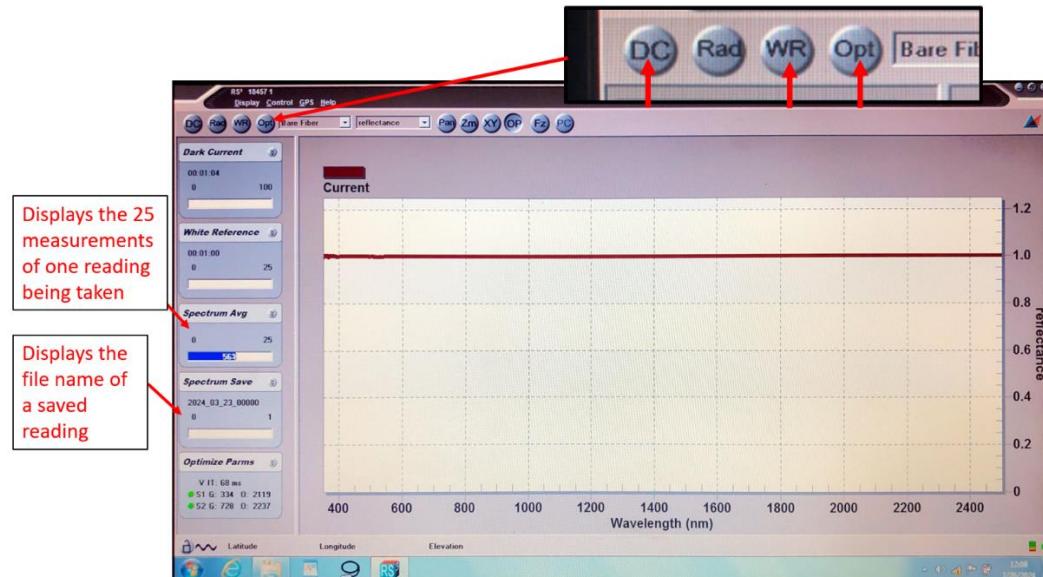


Figura 8. RS³ software mostrando una medida de reflectancia, las flechas indican los pasos para calibrar el espe

9. Toma de medidas de las muestras

Vease **Figura 9**.

- **Para mediciones de casi contacto (Figura 9A):** Coloque el cartón con la submuestra debajo del sensor. Ajuste la altura de la pinza para que el sensor esté cerca (a 1 o 2 cm) de tocar la muestra y la luz del sensor cubra la zona de la muestra que se va a medir. Cierre la caja negra. Asegúrese de que no salga luz por los bordes de la caja y de que las luces del cuarto estén apagadas.
- **Para mediciones por contacto (Figura 9B):** Coloque el cartón con la submuestra de modo que el sensor esté presionando levemente la submuestra. Cierre la caja negra. Asegúrese de que no salga luz por los bordes de la caja y de que las luces del cuarto estén apagadas.

En los casos en que la muestra presente dos o más colores contrastantes en diferentes puntos del órgano, puede que desee realizar dos o más conjuntos independientes de cinco mediciones de submuestras. Siga el mismo protocolo que en el caso anterior, pero en vistas diferentes, de modo que haya varios conjuntos de cinco submuestras por muestra.

En la tabla de laboratorio, anote T (True) en la columna «SubView» para indicar que se están midiendo varias vistas. En la columna 'View', seleccione del tipo subcategorías de vista que se están midiendo (**Figura 6**).

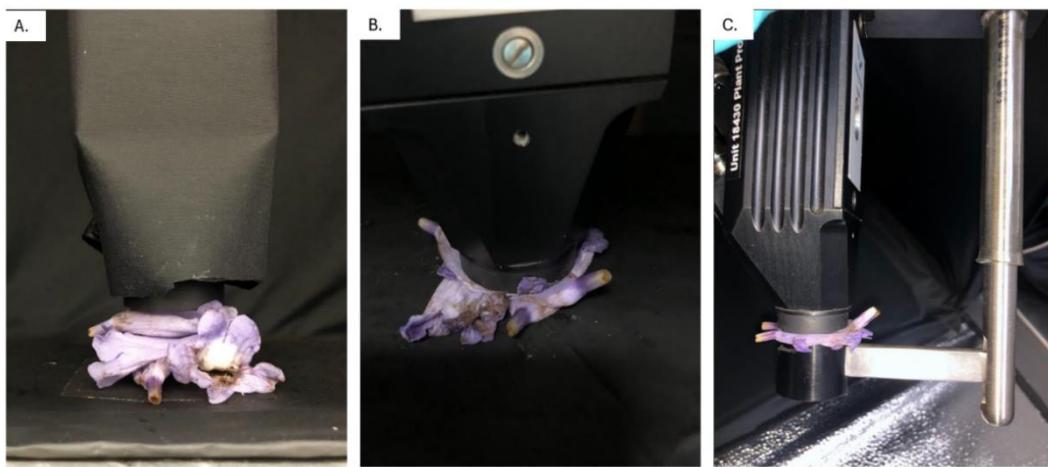


Figura 9. Diferentes mediciones. **A** Casi-contacto. **B** Contacro. **C** Medidas con *leaf-clip*.

10. Procesamiento de datos en ViewSpecPro

Inicie el software de procesamiento de datos haciendo doble clic en el icono ViewSpecPro en el escritorio del portatil (**Figura 4**). Abra en la barra de herramientas **Set-up/Input directory** y seleccione la carpeta con archivos crudos de esa (**Figura 10 A-B**). Cuando le pregunte si el directorio de salida debe ser el mismo que el de entrada por defecto, seleccione **No** (**Figura 10C**). Abra en la barra de herramientas **Set-up/Output directory** y seleccione la carpeta correspondiente a esa fecha y en donde se generarán los datos. Seleccione 'File' y pulse OK. Los datos se pueden ver listados en pantalla. Resalte todos los datos, seleccione **Process/Reflectance** como se muestra en la **Figura 11A**.

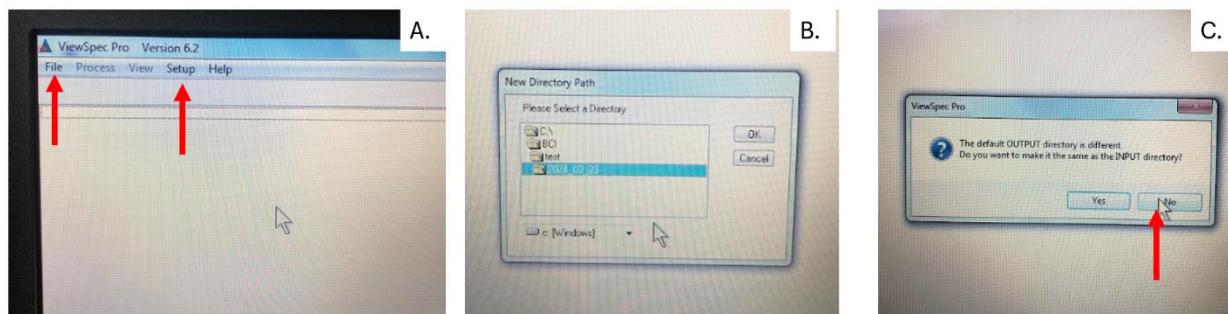


Figura 10. ViewSpecPro para procesar archivos .asd. **A** Barra de herramientas. **B-C** Selección de los directorios para archivos.

11. Exportar datos en ViewSpecPro

Una vez procesados los datos, en el mismo programa seleccionar todo, abrir process/ASCII Export y diligenciar los siguientes campos (**Figura 11**):

- Select 'None'
- Field separator: Tab
- Select: 'column'
- X-axis: select 'wavelength nm'
- Select 'output to single file'

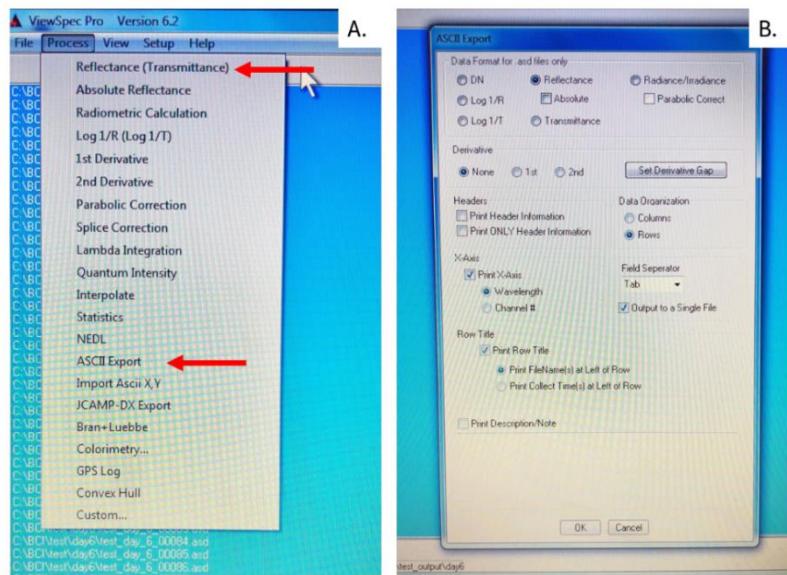


Figura 11. A Menú con secciones para procesar los datos. B Condiciones para exportar los archivos

Cronograma de muestreo

Con el fin de obtener datos espectrales detallados de todas las especies, se hacen salidas de campo diarias para recoger muestras que reflejen eventos fenológicos de las especies de interés. Dichos eventos incluyen la floración, la fructificación, la perdida y el brote de hojas. La recolección durante todo el año y de alta frecuencia es importante, ya que los eventos fenológicos de las especies varían mucho de una especie a otra. Además, la duración de tales eventos para cualquier planta o especie es, con frecuencia, corta y puede ocurrir solo una vez al año.

Política de tratamiento de datos y publicaciones

Todos los datos se publicarán en el plazo de un año a partir de colección en el Portal de Datos Tropicales del Smithsonian de DataOne (<https://smithsonian.dataone.org/portals/tropical>). Todas las personas que contribuyan sustancialmente a la recopilación o gestión de los datos serán incluidas como coautoras o en los agradecimientos. El estatus de coautor requiere contribuciones sustanciales que representen al menos 300 horas de trabajo. Estas publicaciones de datos se harán bajo licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), lo que significa que cualquier uso posterior de estos datos deberá citar a la publicación de datos original y a los autores. La autoría de las publicaciones académicas que analicen estos datos seguirá los lineamientos aceptados para la autoría, como son establecidas por la revista *Science* en <https://www.science.org/content/page/science-journals-editorial-policies#authorship>. Para más detalles sobre el plan de gestión de datos, consultese el plan de gestión de datos por separado.

Personal del estudio y sus roles

Helene C. Muller-Landau es la investigadora principal, responsable de diseñar el estudio, redactar las propuestas de subvención que financian la investigación y supervisar la recolección y el análisis de datos en curso. Yoseline Angel formó al equipo en los métodos de medición y dirigió el desarrollo del protocolo. Daria Lipsky, Juan Camilo Osorio-Ospina y Lily Pitcher contribuyeron a la recopilación de datos, a su gestión, al análisis de estos y a la redacción de este protocolo escrito. Pablo Ramos contribuyó a la recogida de datos y a la coordinación del trabajo de campo. David Brassfield, Osvaldo Calderón, Andrés Hernández y Omar Hernández contribuyeron a la identificación taxonómica de las muestras de plantas. Juan Camilo Osorio-Ospina elaboró el formulario de recolección de datos FieldMaps.

Referencias

Danner, M.; Locherer, M.; Hank, T. & Richter, K. (2015): Spectral Sampling with the ASD FieldSpec 4 – Theory, Measurement, Problems, Interpretation. *EnMAP Field Guides Technical Report, GFZ Data Services*. <http://doi.org/10.2312/enmap.2015.008>