



British Astronomical Association

Supporting amateur astronomers since 1890

## Guía para el procesamiento de espectros Uso del software BASS (*John Paraskeva*)

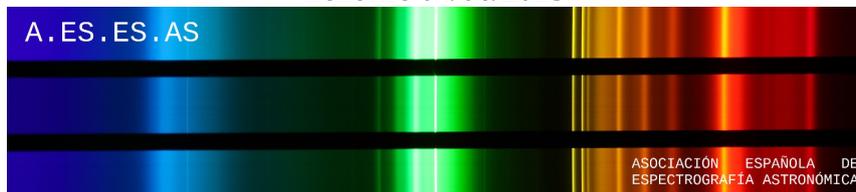
Autor: *Andres Wilson*

11 marzo 2020



Traducido al Español por Alfonso L. Calvente Ortiz

Tenerife 04/06/2023



Basado en BASS Project Versión 1.9.7 por John Paraskeva

Disponibile en inglés y español para descarga gratuita en <https://groups.io/g/BassSpectro/files>

## ÌNDICE

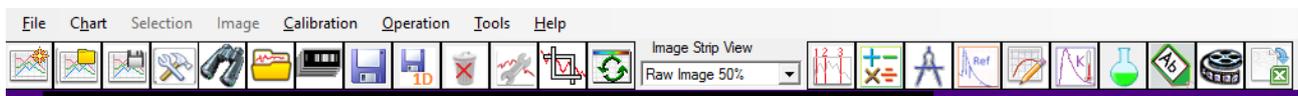
1 - Apilar y calibrar imágenes .....	3
2 - Eliminación de píxeles calientes y rayos cósmicos .....	6
a. Creación de un mapa de píxeles activos .....	7
b. Eliminación de píxeles cósmicos y calientes de un espectro .....	10
3 - Correcciones Geométricas .....	11
a. Corrección de rotación/inclinación .....	12
b. Corrección de sonrisa / inclinación .....	14
4 - Seleccionar regiones de agrupamiento .....	17
5 - Calibración de longitud de onda .....	23
a. Espectros de calibración de muestra .....	23
b. Proceso de calibración de longitud de onda .....	26
c. Calibración de longitud de onda con una estrella tipo A o B .....	31
6 - Corrección de Respuesta (Avanzada) .....	36
7 - Espectro de cultivo .....	42
8 - Guardar su espectro .....	43
9 - Configuración de BeSS / BAA .....	44
a. Elaboración de la resolución .....	44
b. Rellenar la configuración de BeSS .....	46
10 - Creación de archivos .bass y .bun de su sesión .....	50

Este documento ha sido escrito como un tutorial para procesar espectros tomados con un espectrógrafo Alpy 600 usando BASS. El mismo enfoque se puede utilizar para la mayoría de los espectrógrafos de rendija.

Consulte el Manual del usuario de BASS para obtener información más detallada sobre cualquier aspecto del procesamiento.

Los espectros utilizados en este tutorial se obtuvieron de François Cochard de Shelyak Instruments durante el taller BAA Alpy en 2016.

Este tutorial especifica cómo acceder a las pantallas usando los menús. Muchas de las pantallas más comunes y útiles también son accesibles desde los botones debajo de la barra de menú.



# 1 - Apilar y calibrar imágenes:

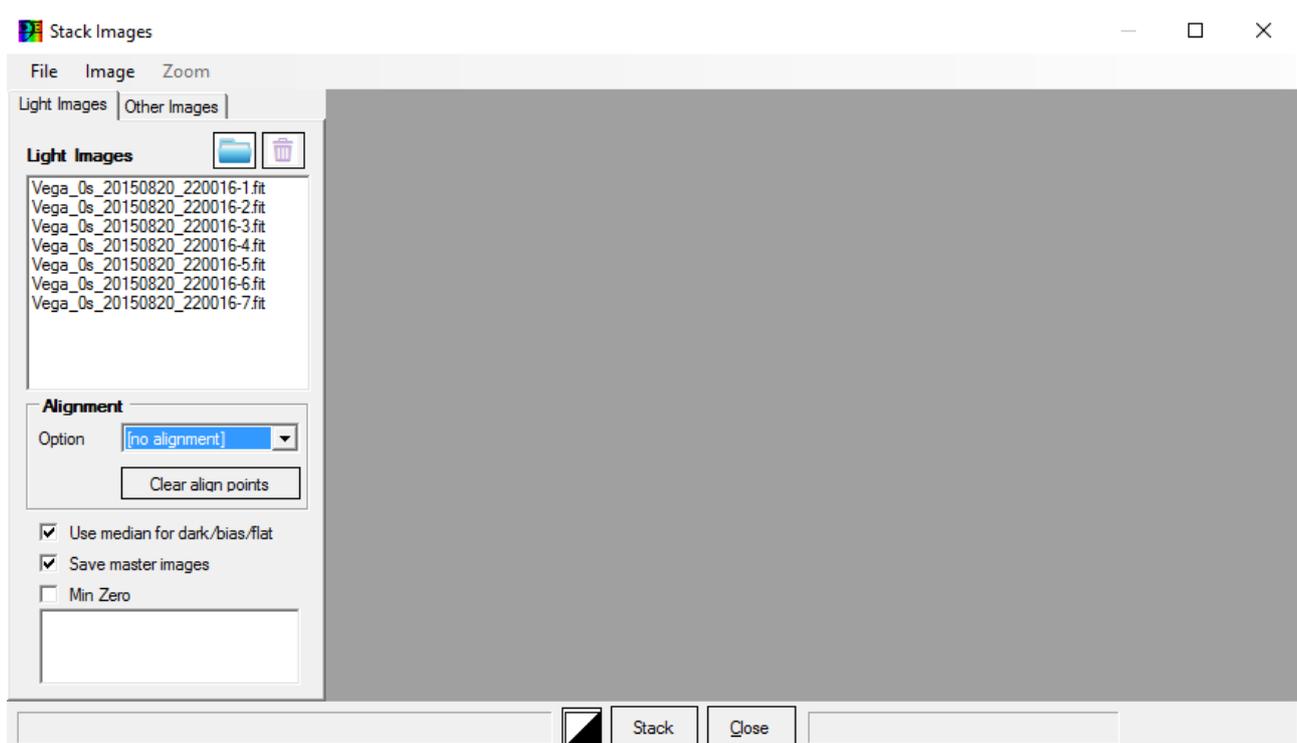
El primer paso es apilar las imágenes individuales del mismo objetivo y aplicar los ajustes necesarios de las imágenes para bias, campo oscuro y plano. Incluso si solo se cuenta con una imagen de su objetivo, deberá seguir este proceso para realizar los ajustes de imagen. (Tenga en cuenta que la calibración de longitud de onda se realiza más tarde).

Por supuesto, **se puede realizar el apilamiento y la calibración en su software de procesamiento de imágenes preferido**. En cuyo caso salte a la sección 2 o 3 según corresponda.

Menú: Archivo -> Apilar imágenes

Primero seleccione sus "Imágenes espectrales del objetivo o de los objetivos en caso de estudios comparativos". Estas son las imágenes de su espectro estelar objetivo.

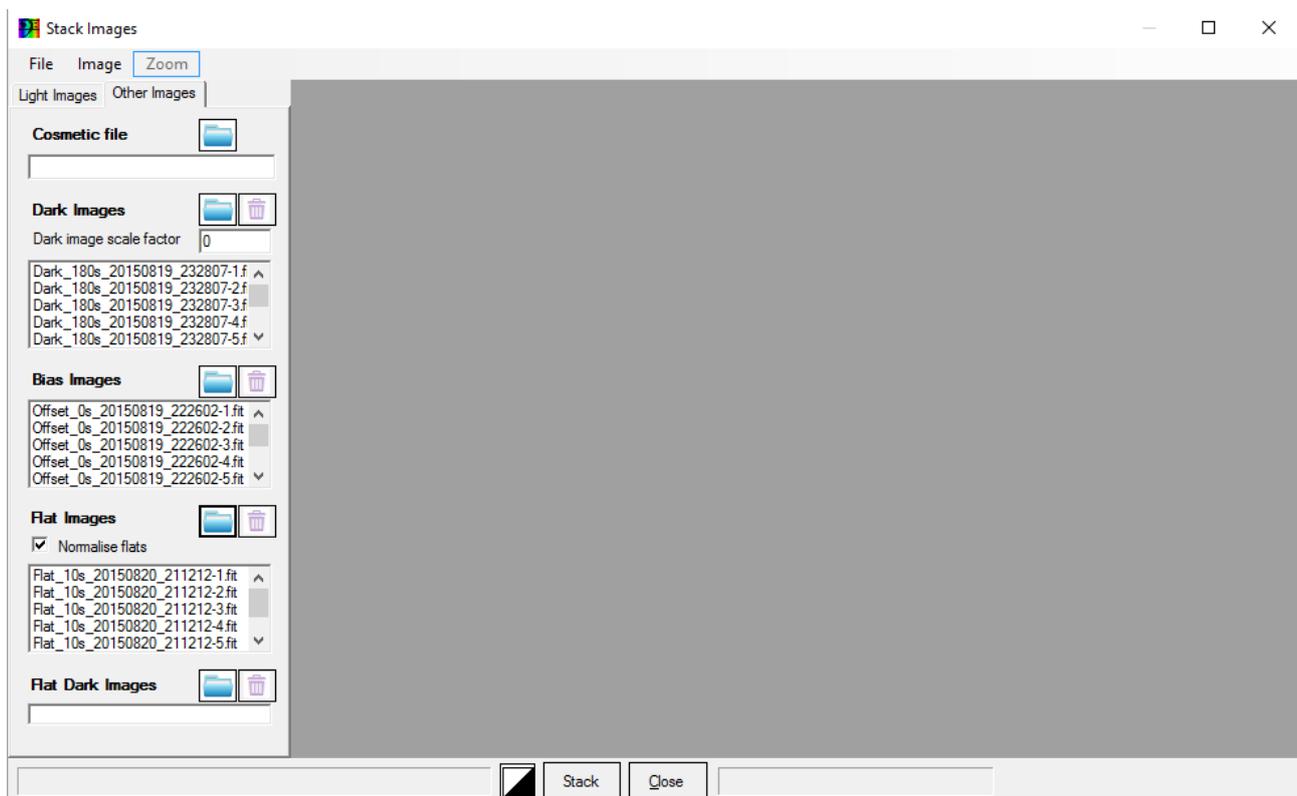
Asegúrese de que esté seleccionado "sin alineación". Cualquier alineación invalidaría las correcciones geométricas que se aplicarían posteriormente.



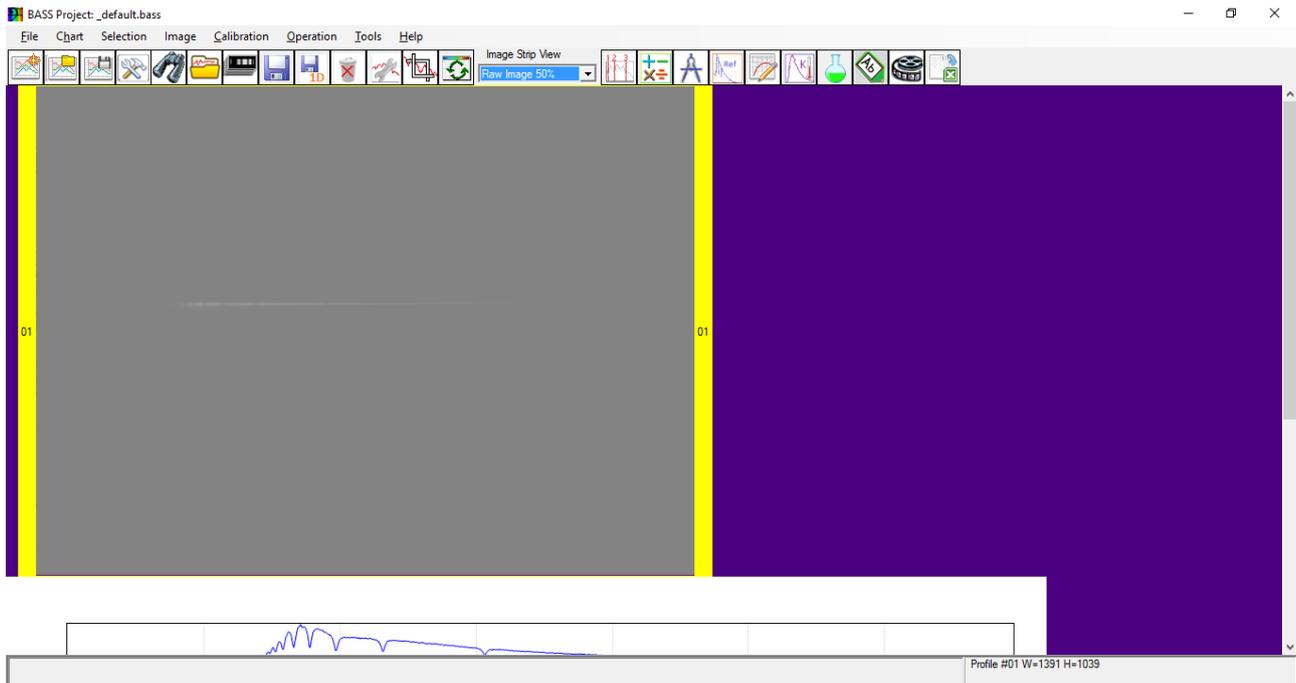
A continuación, seleccione sus imágenes oscuras, sesgadas y planas. Si el tiempo de exposición de sus imágenes oscuras es el mismo que el de sus imágenes claras, entonces no se necesita imágenes del ruido o interferencias que produce la cámara. Sin embargo, la inclusión de fotogramas de bias (ruido) permite a BASS escalar 1 conjunto de fotogramas oscuros para que coincida con cualquier tiempo de exposición a la luz.

Las sombras planas pueden mejorar la calidad de su campo plano, pero deben coincidir con el tiempo de exposición de sus imágenes planas.

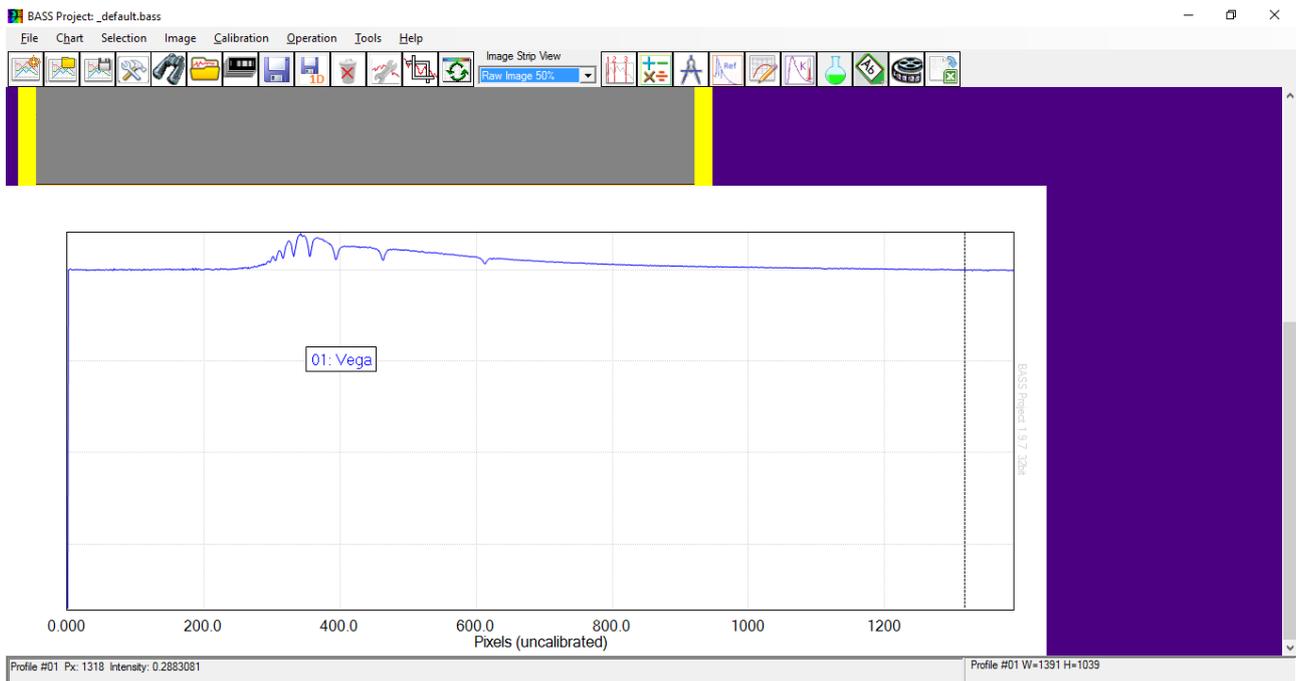
Si tiene un archivo cosmético maestro que enumera los píxeles calientes en su cámara, debe seleccionarlo en el cuadro Archivo cosmético. La creación de un archivo cosmético se explica en la siguiente sección.



Ahora se presiona “Stack” (apilar) y las tomas quedarán apiladas en una nueva imagen más sensible.



Cambiamos el título de la imagen apilada, en este caso Vega. Para hacer esto, simplemente haga doble clic en la imagen y luego cambie el cuadro Título. Esto actualizará la leyenda en la gráfica.



Finalmente guarde su imagen con un nombre apropiado.

Menú: Archivo -> Guardar imagen como...

Es importante, para la organización de nuestros espectros, incluir el objeto, la fecha y, a veces, la hora, y una descripción del paso de procesamiento, p. Vega\_20150820\_Stack.fit.

## 2 - Eliminación de píxeles calientes y rayos cósmicos

Este paso suele ser necesario para limpiar la imagen. Sin este paso, es posible que tenga picos en su espectro final debido a píxeles calientes o impactos de rayos cósmicos.

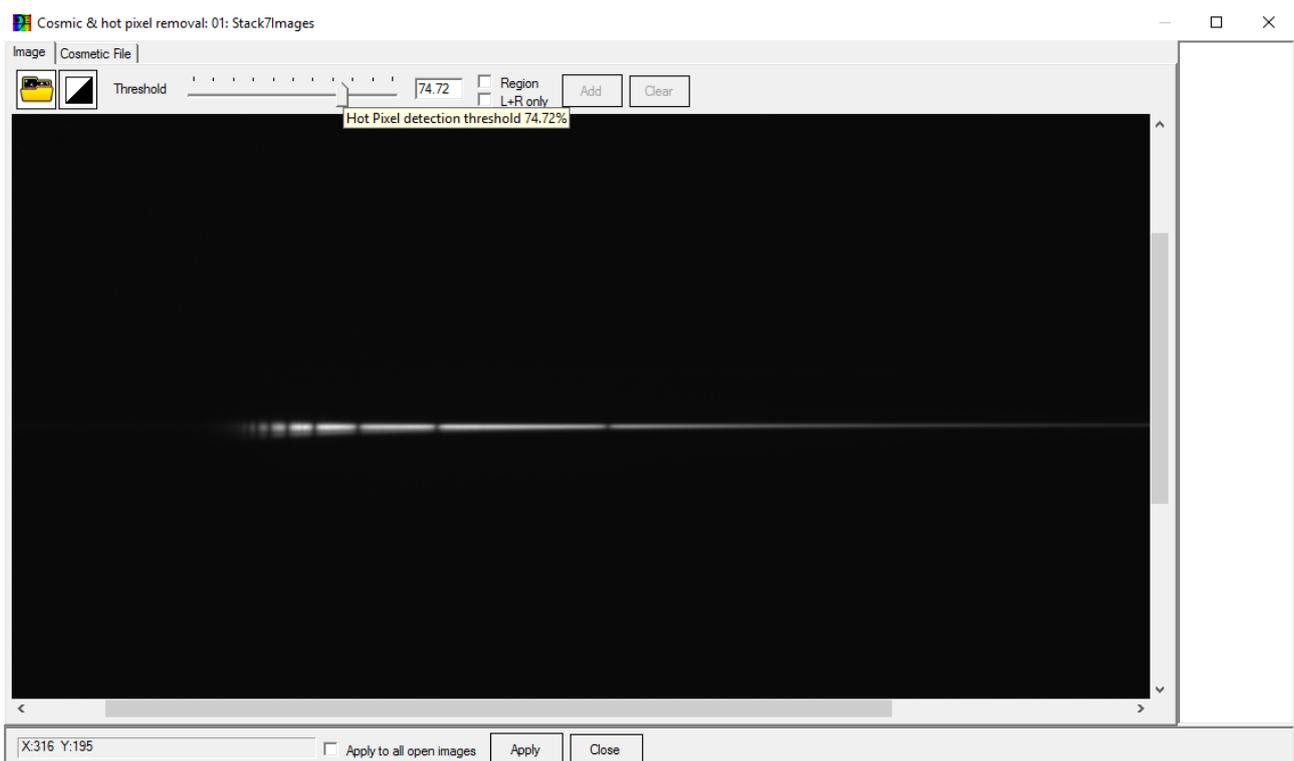
Hay 2 enfoques que se pueden utilizar:

- Cree un mapa maestro de píxeles calientes a partir de su imagen maestra oscura. Esto brinda una eliminación confiable de píxeles calientes, pero no eliminará los impactos de rayos cósmicos de su imagen de espectro apilado.
- Detectarlos y eliminarlos de su imagen apilada. Este enfoque es más difícil ya que debe evitar eliminar el espectro que puede parecerse un poco a los píxeles calientes. Este paso es necesario si tiene impactos de rayos cósmicos.

El mejor enfoque es una combinación de los dos métodos. Primero, aplique un mapa maestro de píxeles calientes creado con su imagen maestra oscura. Si tiene impactos de rayos cósmicos, continúe con una corrección en su imagen apilada para eliminar los rayos cósmicos.

Para acceder a la pantalla:

Menú: Imagen -> Eliminación de píxeles cósmicos, calientes y fríos sin calor



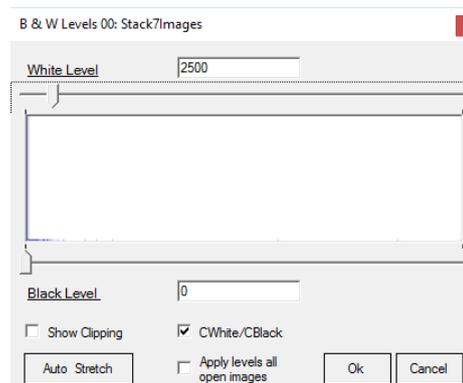
No se detectaron píxeles calientes ni rayos cósmicos en esta imagen en el umbral del 74 %.

## a. Creación de un mapa de píxeles activos

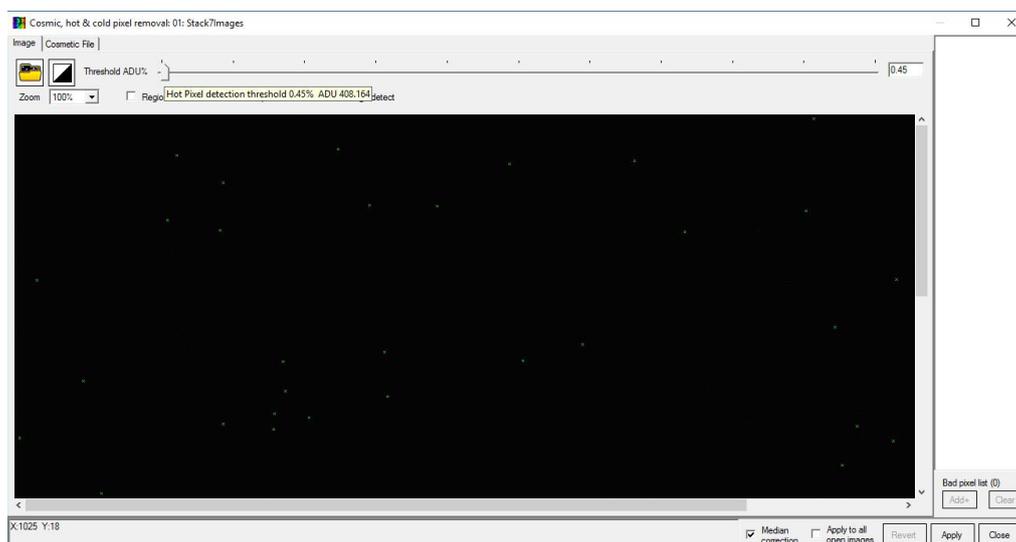
Una forma excelente de detectar píxeles calientes es utilizar una imagen maestra oscura. BASS habrá creado automáticamente dicha imagen siempre que haya dejado marcada la opción "Guardar imágenes maestras" en la pantalla "Apilar imágenes". Además, normalmente puede usar el mismo mapa durante varios meses.

Para ayudar a ver los píxeles calientes podemos modificar los niveles de blanco y negro haciendo clic en el botón 

Luego ajustamos el nivel de blanco y negro a valores bajos. Aquí 0 y 2500. Un nivel de blanco de 2500 significa que cualquier píxel de 2500 ADU (Medida de Intensidad de la Luz Captada) y superior será blanco, y entre 0 y 2500 se escalará de negro a blanco.



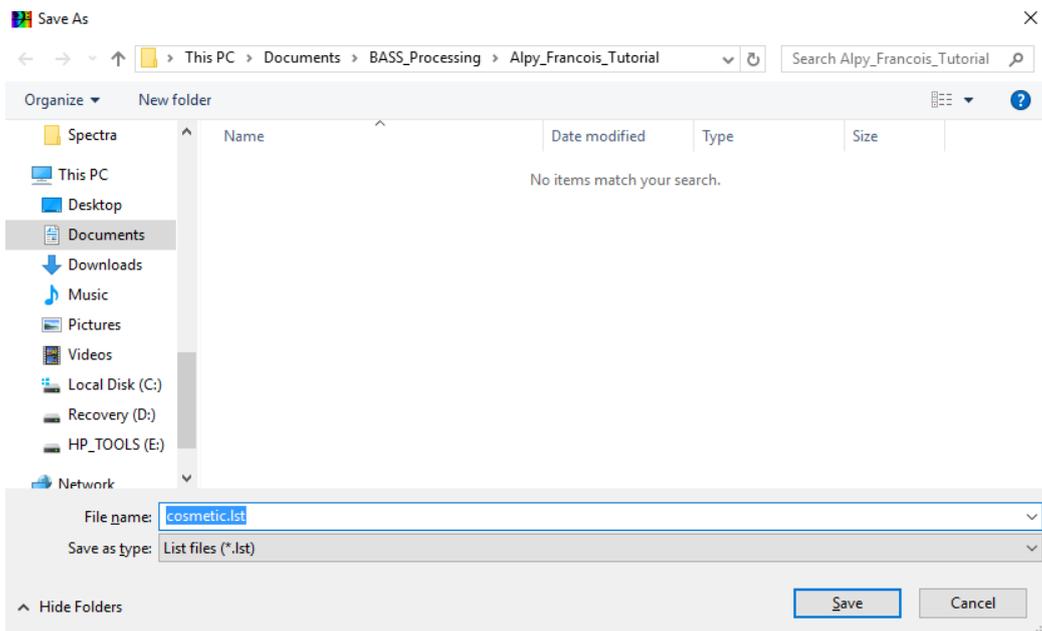
Ahora se puede comenzar con la eliminación de píxeles calientes. Ajustamos el porcentaje de umbral hasta que capte la mayoría de los píxeles activos. Los píxeles calientes se indicarán con pequeñas cruces verdes. El valor de umbral de ADU se mostrará cuando mueva el mouse sobre el control deslizante.



En este ejemplo se ha fijado un umbral de 0,45 % (408 ADU), ya que se muestran los píxeles calientes sin saturar la imagen. Si se tratara de una imagen de espectro, se necesitaría un porcentaje más alto para evitar eliminar las partes más brillantes del espectro.

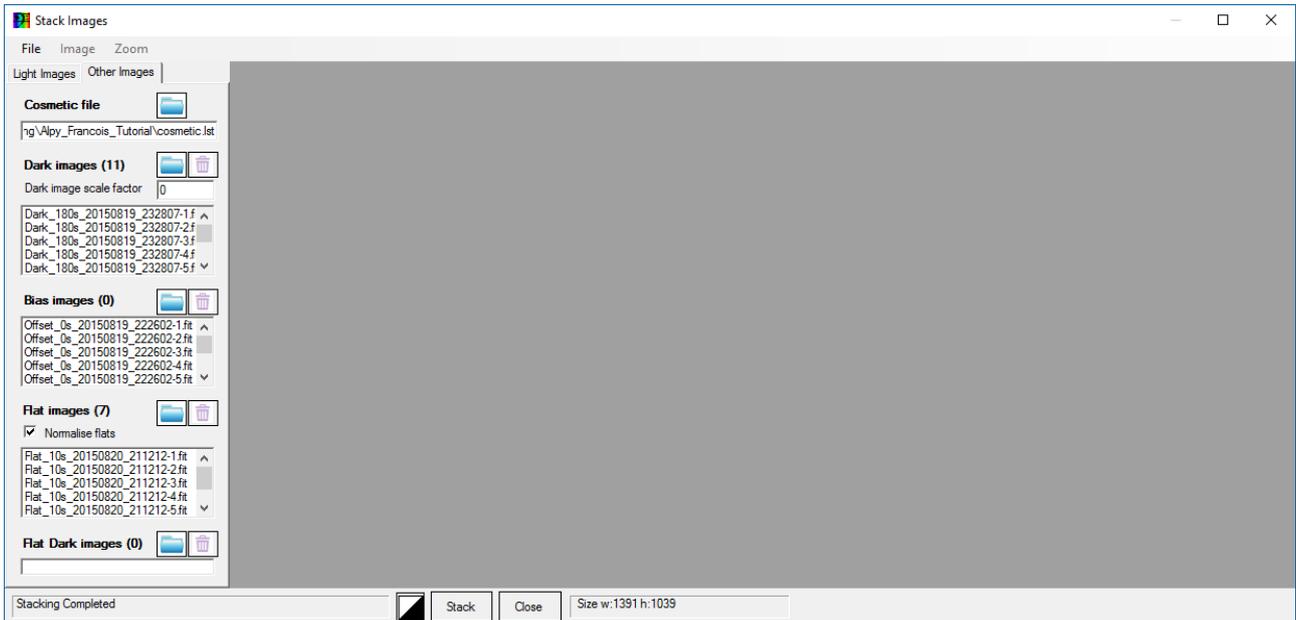
Utilice las barras laterales para moverse por la imagen y comprobar que ha recogido la mayoría de los píxeles calientes sin tocar la mayoría de los píxeles.

Haga clic en la pestaña "Archivo cosmético" y presione Guardar para crear un archivo maestro que enumere los píxeles calientes. Un buen nombre de archivo sería "cosmetic.lst".



Este mapa de píxeles calientes se puede aplicar a su imagen apilada presionando el botón Aplicar.

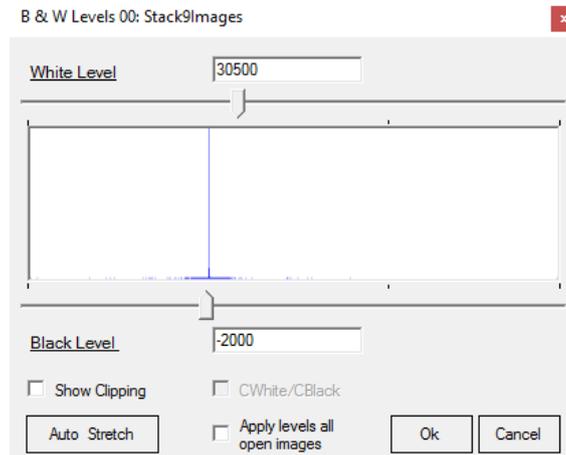
Podemos usarlo también en futuros procesamientos seleccionando "Archivo cosmético" en la pestaña "Otras imágenes" de la pantalla "Imágenes apiladas".



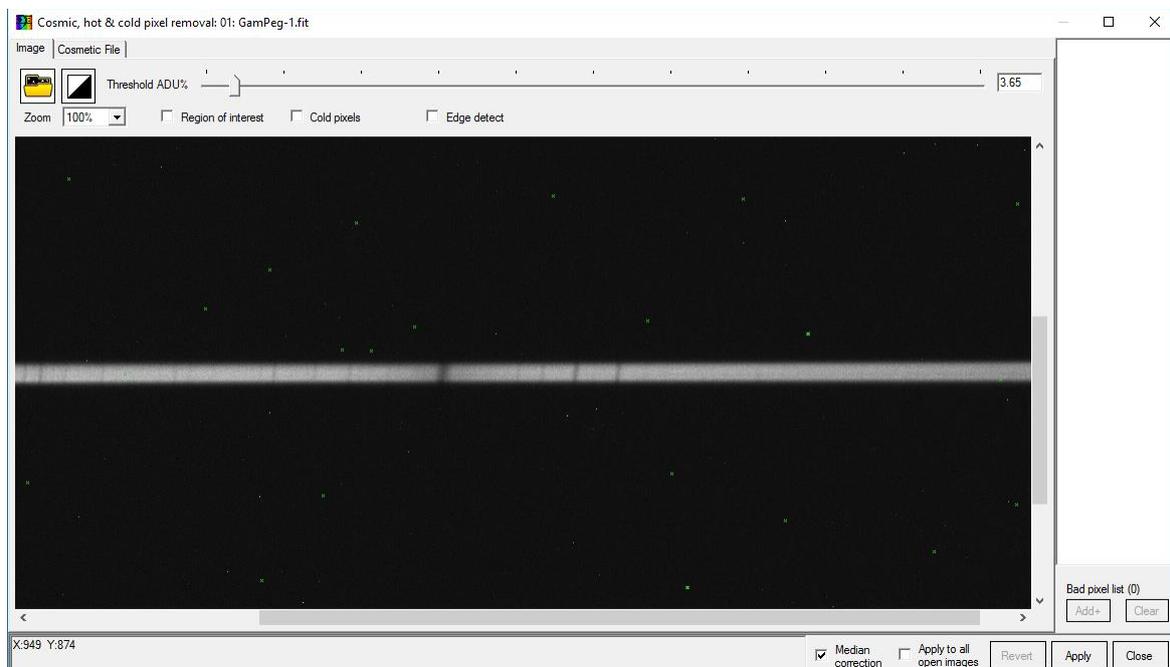
## b. Eliminación de píxeles cósmicos y calientes de un espectro

Hay que tener en cuenta en cuenta que un mapa de píxeles calientes no eliminaría los impactos de rayos cósmicos como suceden en imágenes individuales. Si tiene impactos de rayos cósmicos, debemos eliminarlos ejecutando la Eliminación de píxeles cósmicos, calientes y fríos.

Como antes, ajuste los niveles de blanco y negro con el botón  para que el espectro y los rayos cósmicos y los píxeles calientes se vean bien y claros.



Ajustamos el control deslizante de umbral hasta que elimine los rayos cósmicos o los píxeles calientes, pero sin eliminar nada del espectro. Esto puede ser complicado, así que asegúrese de tomarse su tiempo. Es muy importante no eliminar ninguna parte brillante de la imagen del espectro al eliminar los píxeles calientes y los rayos cósmicos.



No se observan impactos claros de rayos cósmicos en las imágenes de muestra de este tutorial. En cambio, arriba se muestra un espectro de alta resolución tomado con un Lhires III con muchos píxeles calientes.

### **3 - Correcciones Geométricas**

Las correcciones geométricas deben aplicarse tanto a sus imágenes estelares (apiladas) como a las imágenes de calibración de líneas de neón u otras líneas de emisión al mismo tiempo. De lo contrario, la geometría de la imagen de calibración de longitud de onda y las imágenes de estrellas no estarán sincronizadas. Esto hará que la calibración de la longitud de onda varíe con la posición vertical en la imagen y, por lo tanto, sea incorrecta.

Si está usando un espectrógrafo de hendidura pero no está usando una lámpara de calibración de longitud de onda, entonces puede usar un alumbrado público o un espectro similar con líneas de emisión para realizar la corrección de sonrisa/inclinación.

Se debe tener todas las diferentes imágenes del espectro estelar apiladas y su imagen de calibración de longitud de onda (por ejemplo, espectro de línea de neón) abiertas en BASS.

La Vista de tira de imagen debe establecerse en "Imagen sin procesar.." en un porcentaje que le permita ver un buen nivel de detalle.

Es recomendable aplicar las correcciones geométricas en el siguiente orden:

- 1 Corrección de rotación/inclinación
- 2 Corrección de curva / Corrección de inclinación

Esto se debe a que el ajuste de rotación/inclinación cambiará el ángulo de inclinación, pero la inclinación no cambiará la inclinación.

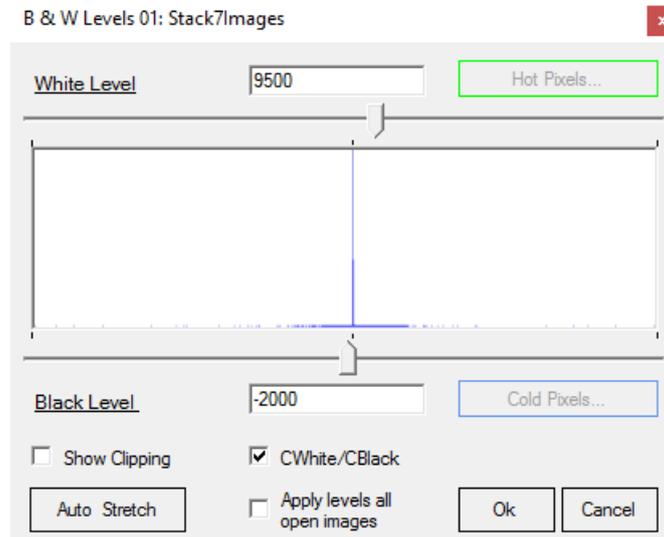
MENU »»»» Image »»»» Rotate/ Tilt correction

MENU »»»» Image »»»» Smile/ Slant correction

## a. Corrección de rotación/inclinación

Seleccionamos uno de los espectros cargados, el borde de la imagen se vuelve amarillo. Se debe configurar los niveles de blanco y negro de manera que la imagen del espectro sea clara.

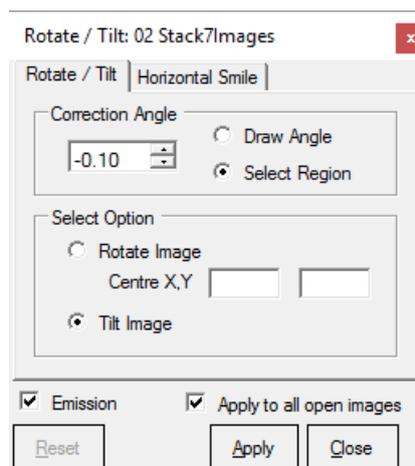
Menú: Image -> Niveles de blanco y negro (Black & White Levels)



No se preocupe si tiene algunos valores de píxeles negativos. Esto es causado por el ruido aleatorio en la corriente oscura y la polarización.

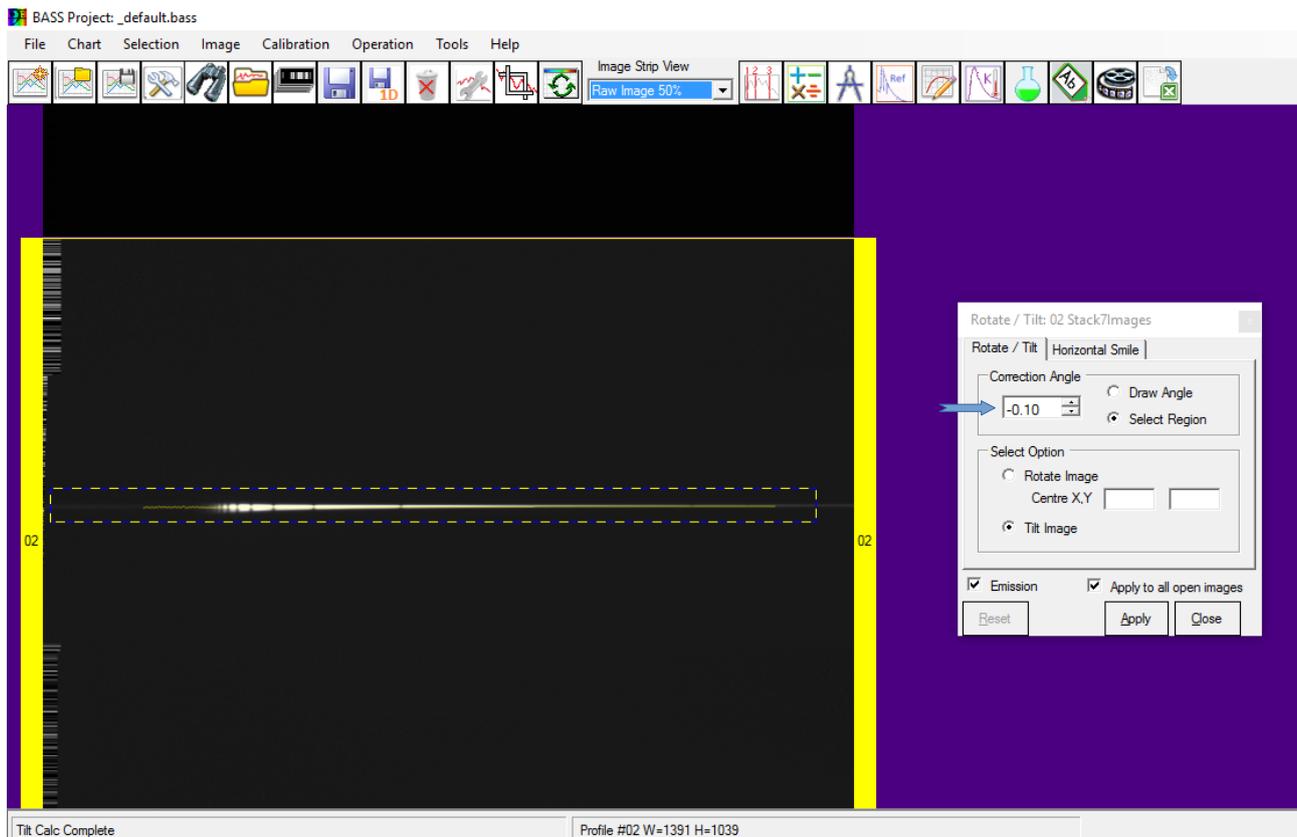
Para hacer su espectro perfectamente horizontal usamos la siguiente pantalla de menú.

Menú: Imagen -> Rotar / Corrección de inclinación (Rotate/ Tilt correction)



Cuando trabajamos con varias imágenes debemos seleccionar la opción Apply levels all open images (Aplicar los niveles a todas las imágenes).

Seleccionamos un rectángulo alrededor de nuestro espectro:

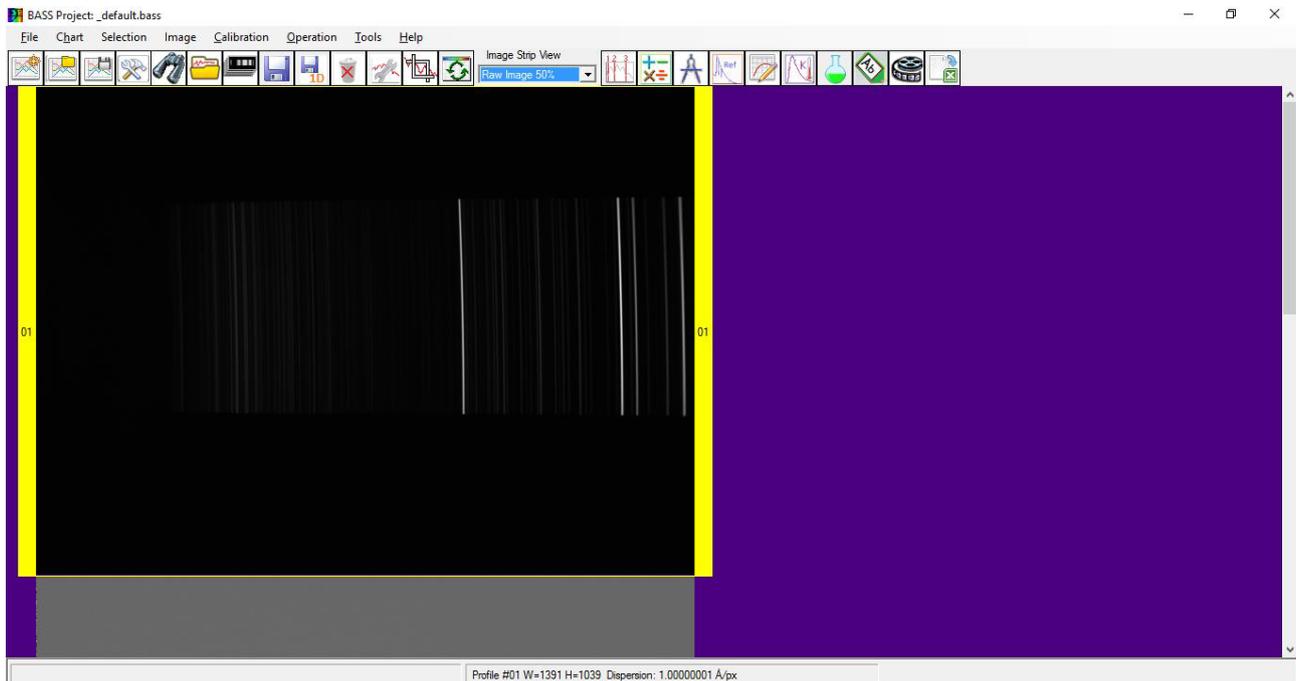


Hacemos clic en Aplicar.

Debemos verificar que el espectro queda verdaderamente en horizontal. Para ello, volvemos a dibujar un rectángulo ajustado sobre el espectro. Para corregir el ángulo de inclinación → seleccionamos una magnitud, positiva o negativa según el caso, y de una cantidad o mayor o menor cada vez hasta conseguir el encaje rectangular perfecto.

## b. Corrección de sonrisa / inclinación

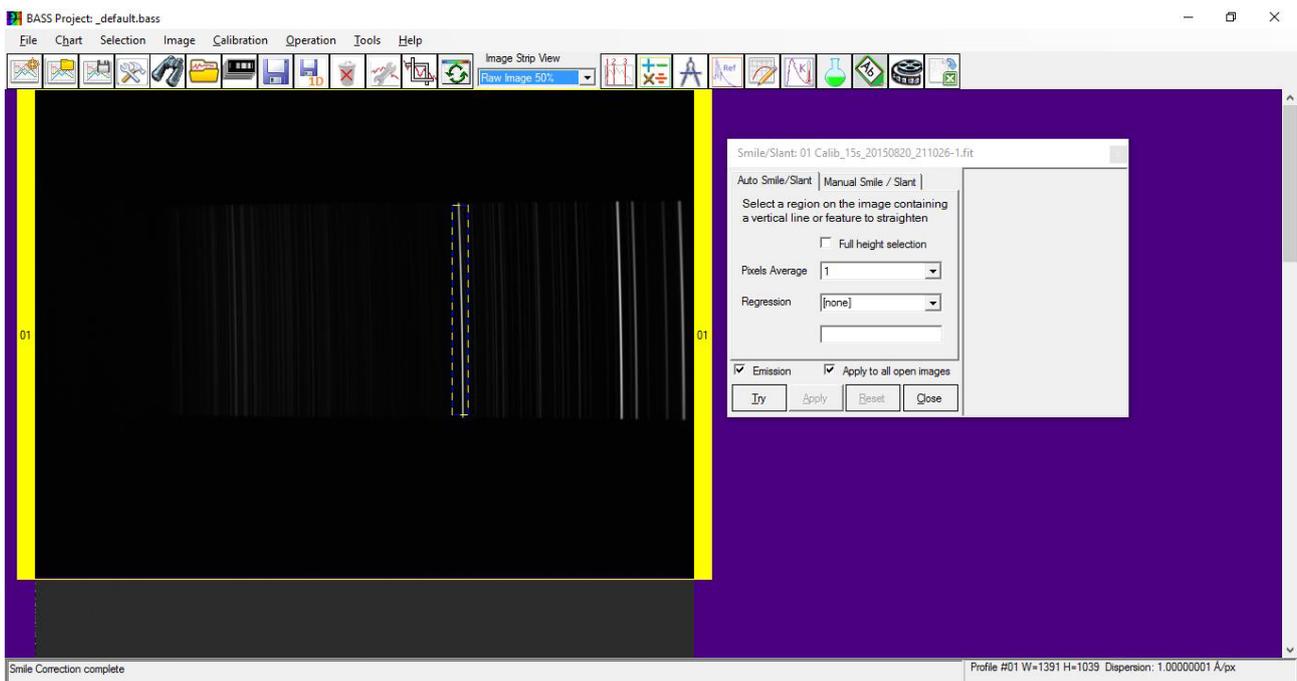
Situamos la imagen de neón la primera haciendo clic derecho en la imagen, Secuencia, luego 01.



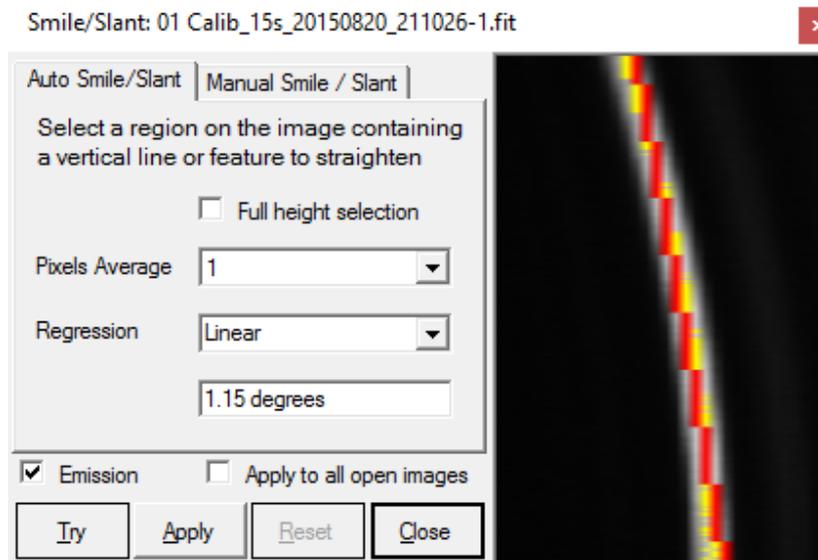
Menú: Imagen -> Sonrisa / Corrección de inclinación (Smile/ Slant correction)

Activamos la opción "Aplicar a todas las imágenes abiertas".

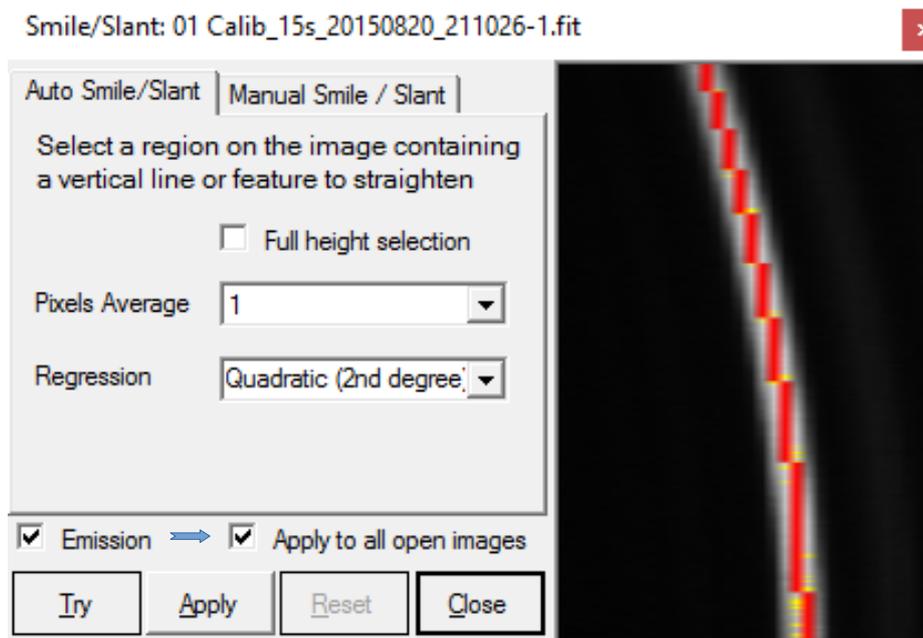
Seleccionamos un rectángulo vertical sobre una de las líneas de calibración, no demasiado cerca de los bordes, manteniendo la altura de selección dentro de la línea de emisión (o los extremos añadirán ruido a los cálculos).



Seleccionamos la Regresión en Lineal y Probamos (Try).

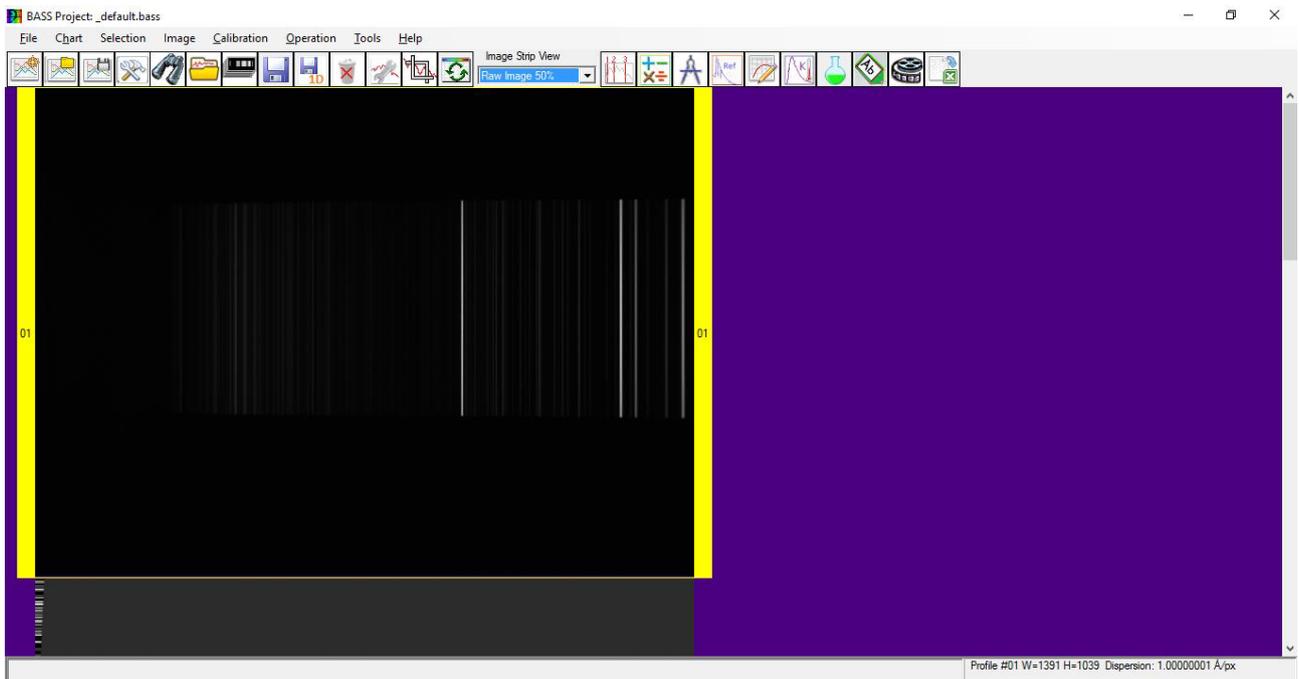


Si la línea roja se superpone a la línea de emisión el ajuste es correcto. De lo contrario, como en el ejemplo de las figuras, debemos ajustar los parámetros Promedio de píxeles (Píxeles Average) y Regresión y probar de nuevo.



Cuando el ajuste es correcto (ver figura) seleccionamos ➡ aplicar a todas las imágenes y hacemos clic en "Apply".

Las líneas de emisión han sido corregidas en su curvatura vertical. También el resto de imágenes espectrales habrán sido corregidas.



Ahora debemos guardar las imágenes corregidas diferenciándolas de las originales para poder conservar éstas últimas. Podemos agregar “\_geo” al final de sus nombres originales, por ejemplo.

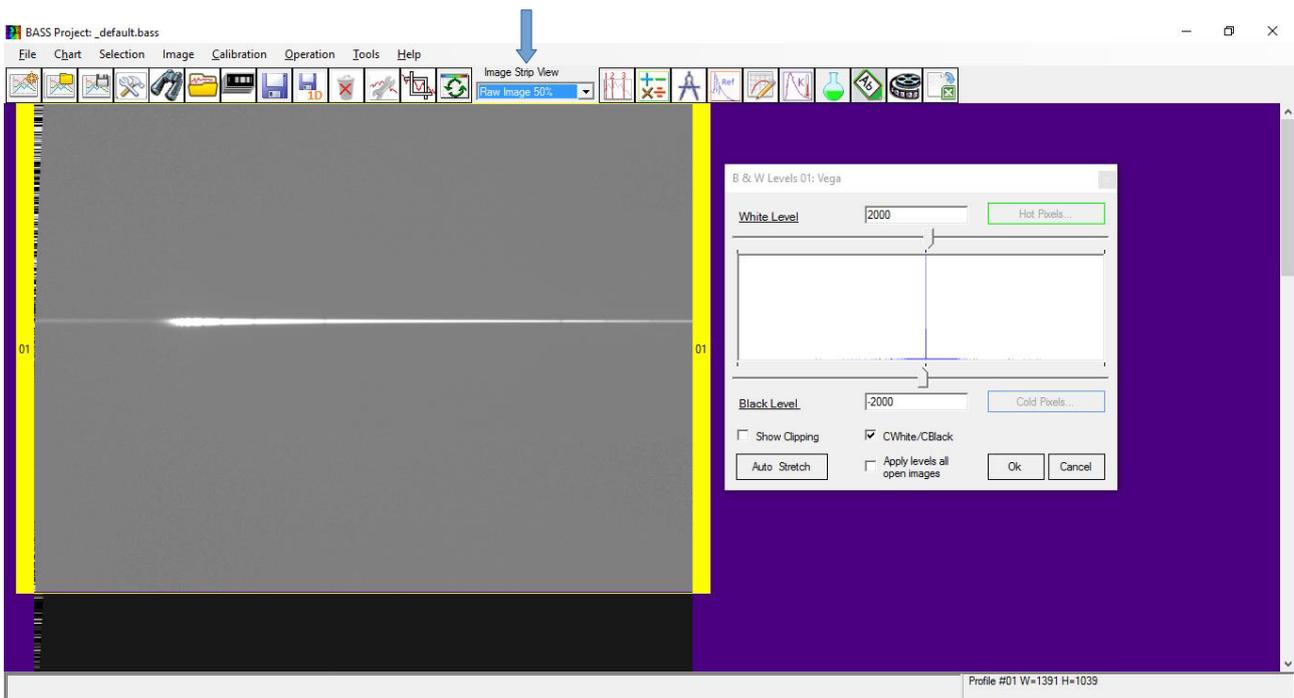
## 4 - Seleccionar “regiones activas”\*

Seleccionamos la imagen del espectro,

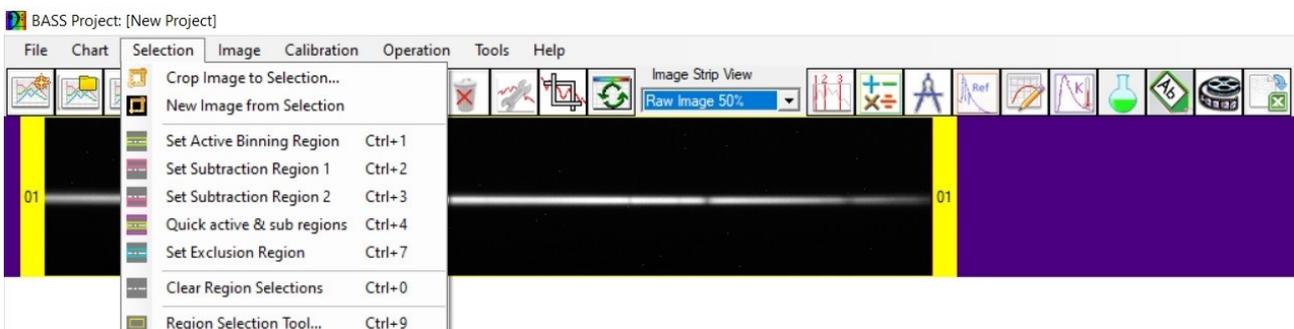
Ajustamos el nivel de zoom ↓ para tener una vista del espectro completo.

Ajustamos los niveles de blanco y negro para que la imagen del espectro aparezca brillante y puedan verse fácilmente las partes más débiles de la imagen del espectro. No importa en este paso que el espectro parezca superexpuesto.

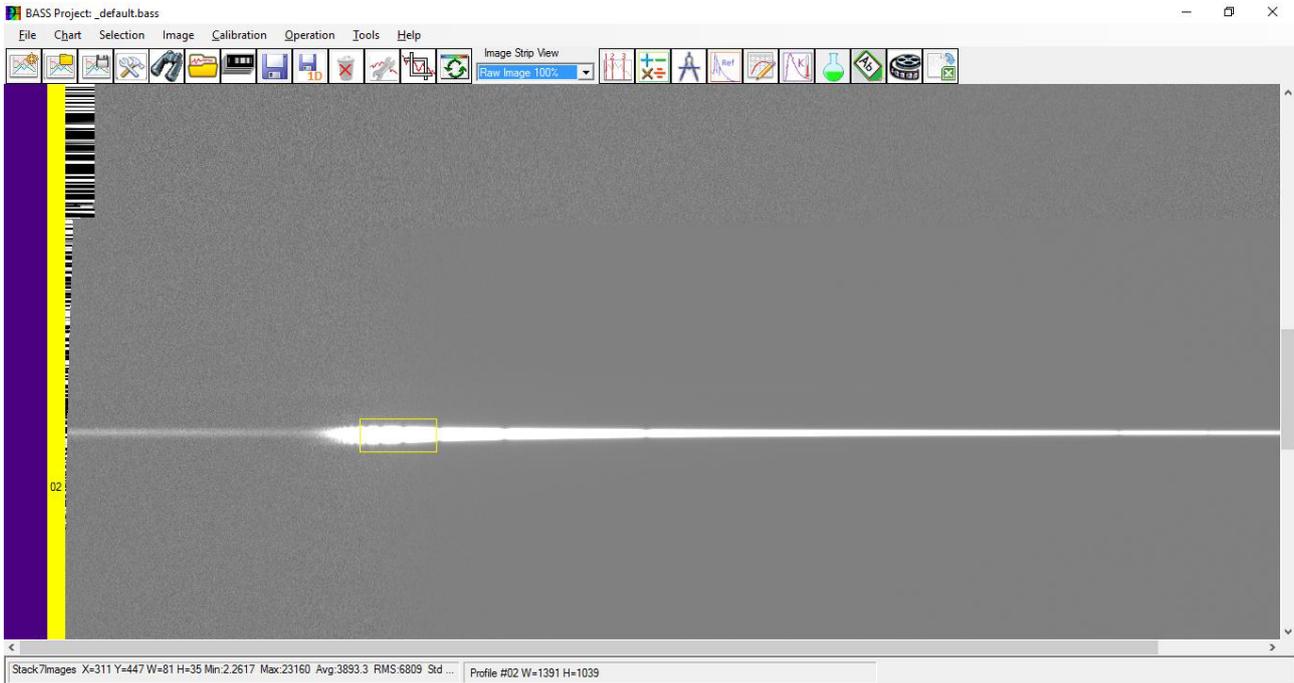
Menú: Imagen -> Niveles de blanco y negro 



\* En el menú Selección encontraremos las opciones para seleccionar las distintas regiones con las que el programa operará.

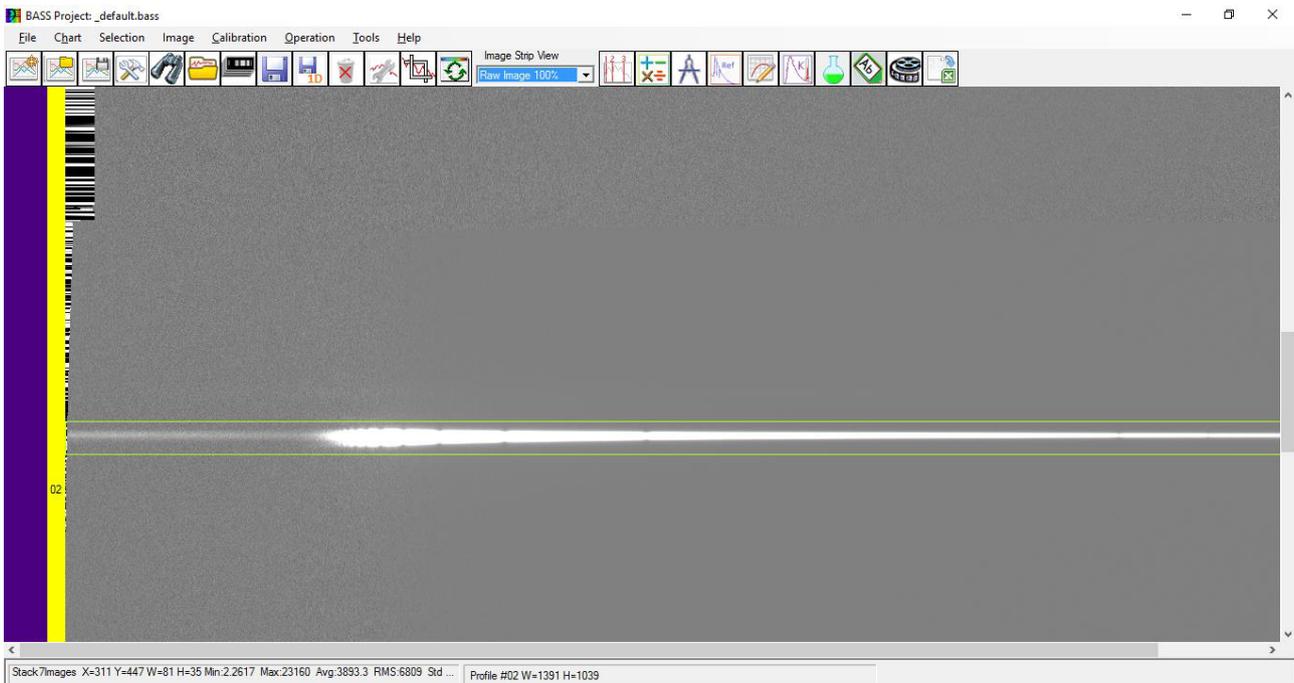


Seleccionamos un rectángulo alrededor de la parte más ancha del espectro ajustándolo bastante. Lo que importa es que las partes superior e inferior del espectro estén completamente encerradas y que se incluya la menor cantidad de fondo posible.



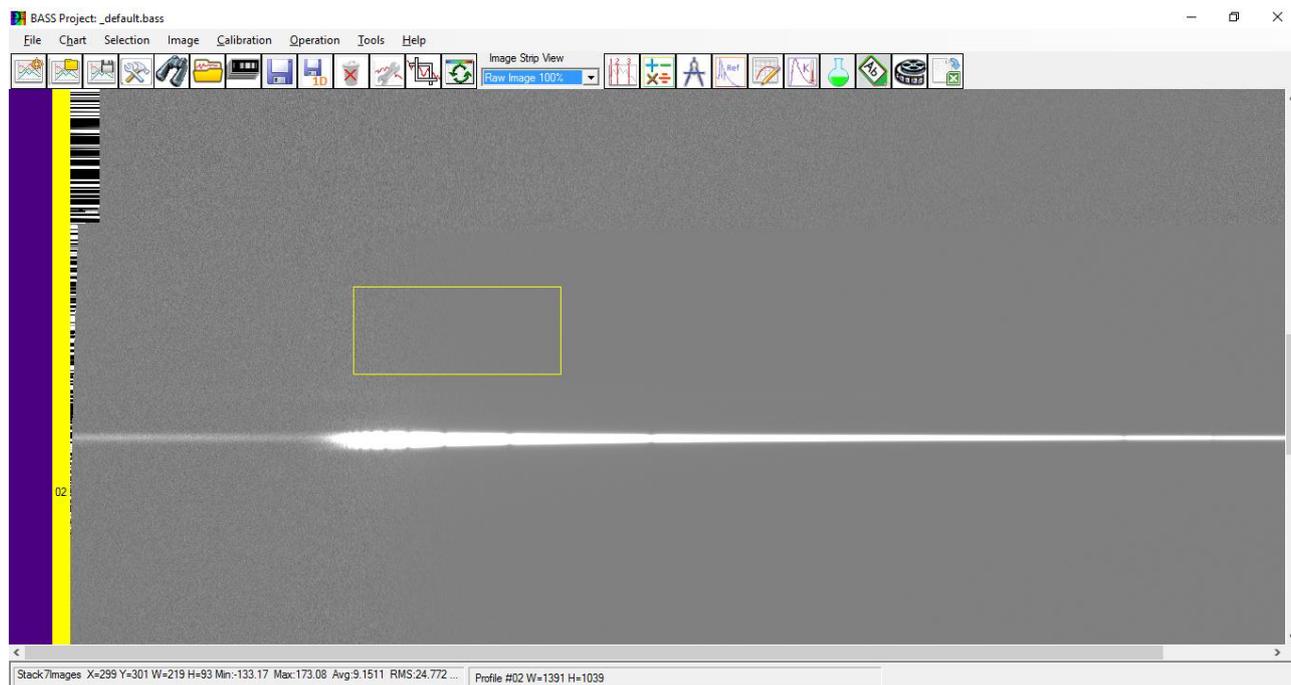
Ahora vamos al menú Selección y seleccionamos Región activa del espectro (“Set Active Bining Region”)

Menu: Selection -> Set Active Binning Region

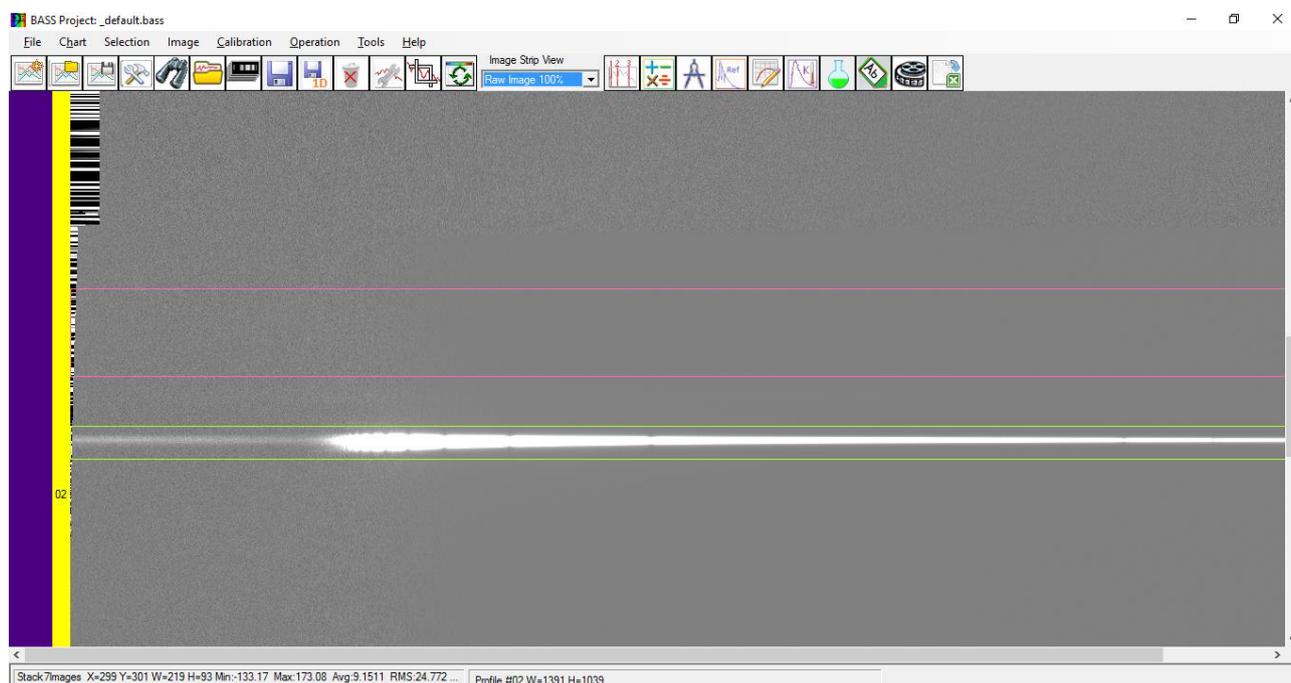


Dos líneas verdes aparecerán delimitando la región de la imagen superior e inferiormente. Esta región será la usada para procesar la imagen y obtener un espectro limpio.

Ahora seleccionamos una región rectangular por encima de su espectro. Esta región, separada claramente de la región del espectro, capta la emisión del cielo sobre nuestra imagen.

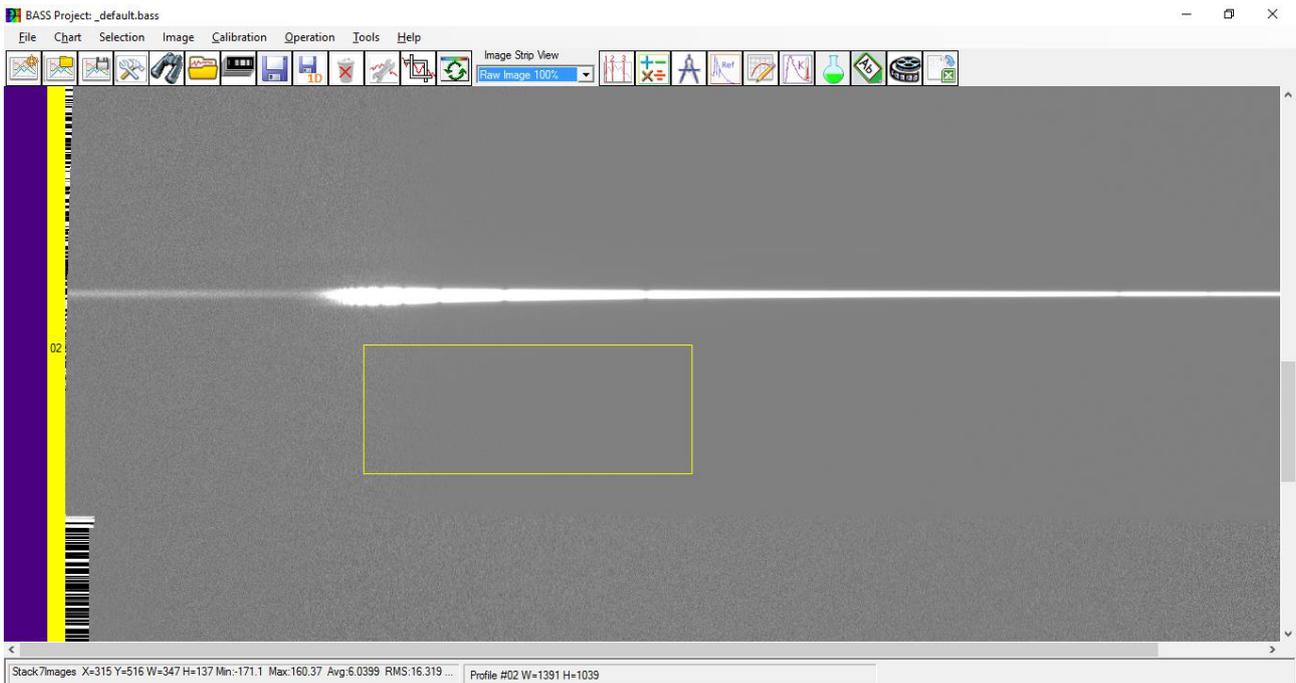


Menu: Selection -> Set Active Subtraction Region 1

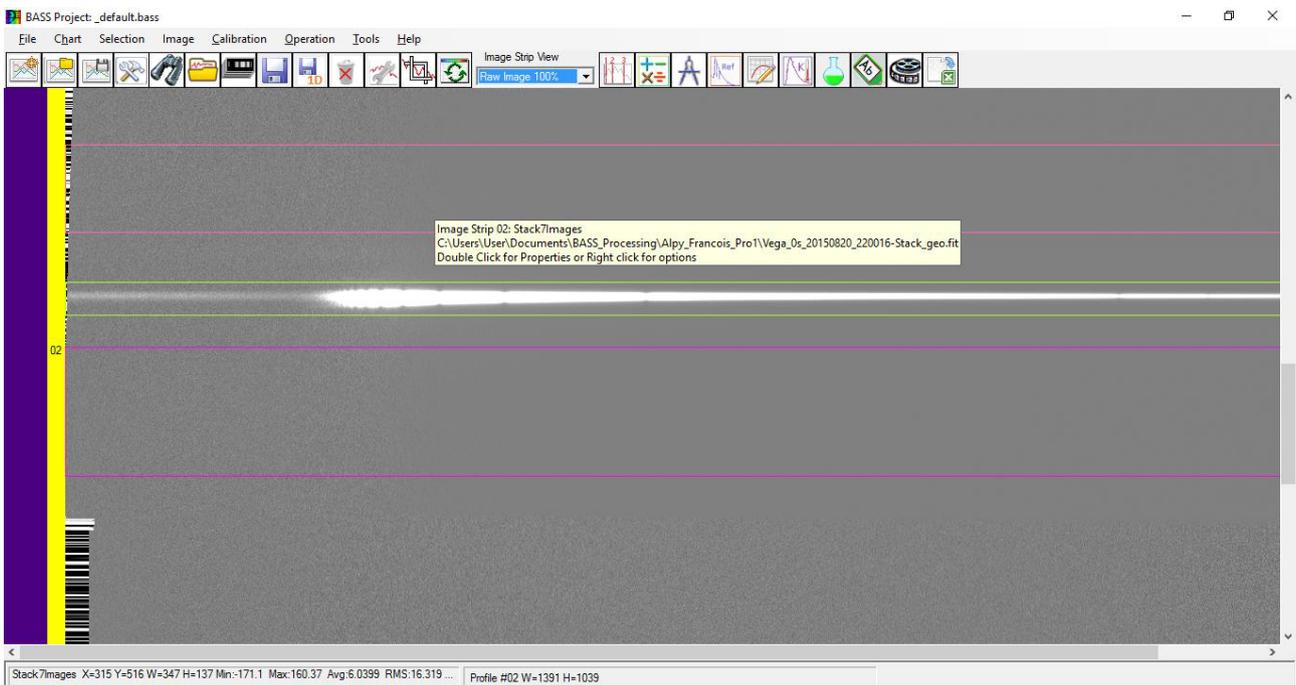


Dos líneas rosas delimitarán la primera región que el programa usará para restar a la imagen el fondo del cielo.

Ahora debemos repetir la operación seleccionando otra región por debajo de la región del espectro.

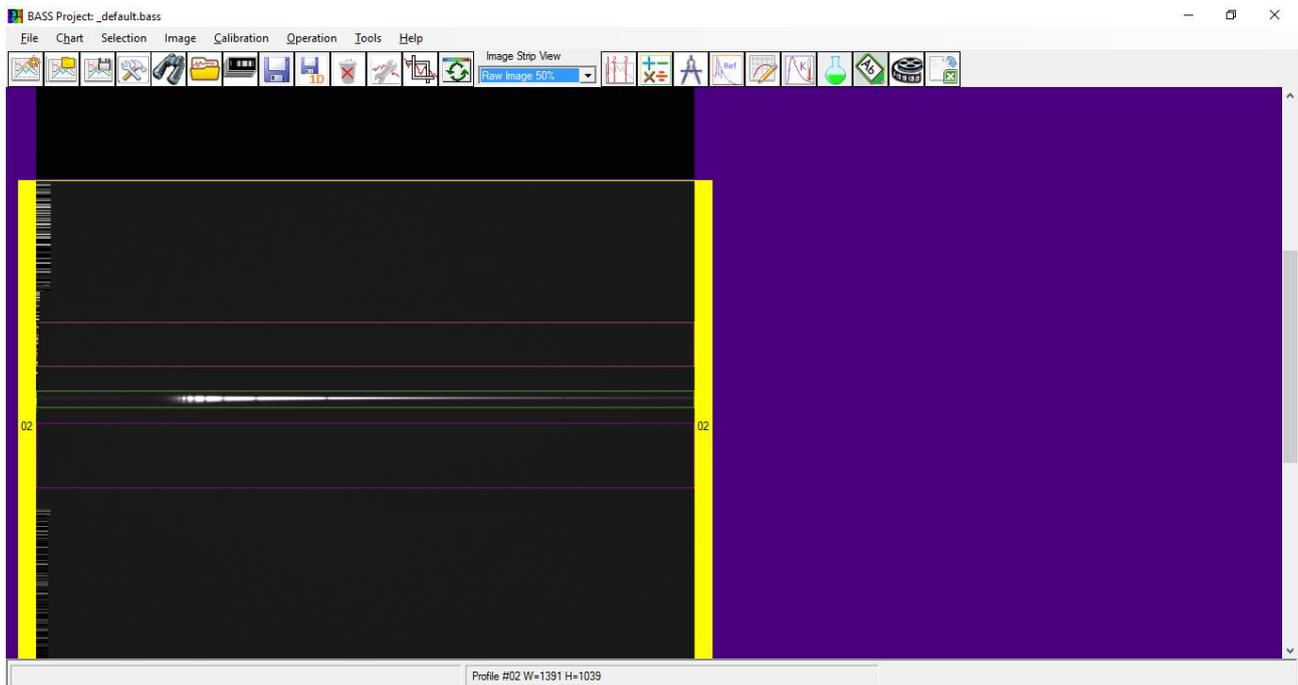


Menu: Selection -> Set Active Subtraction Region 2



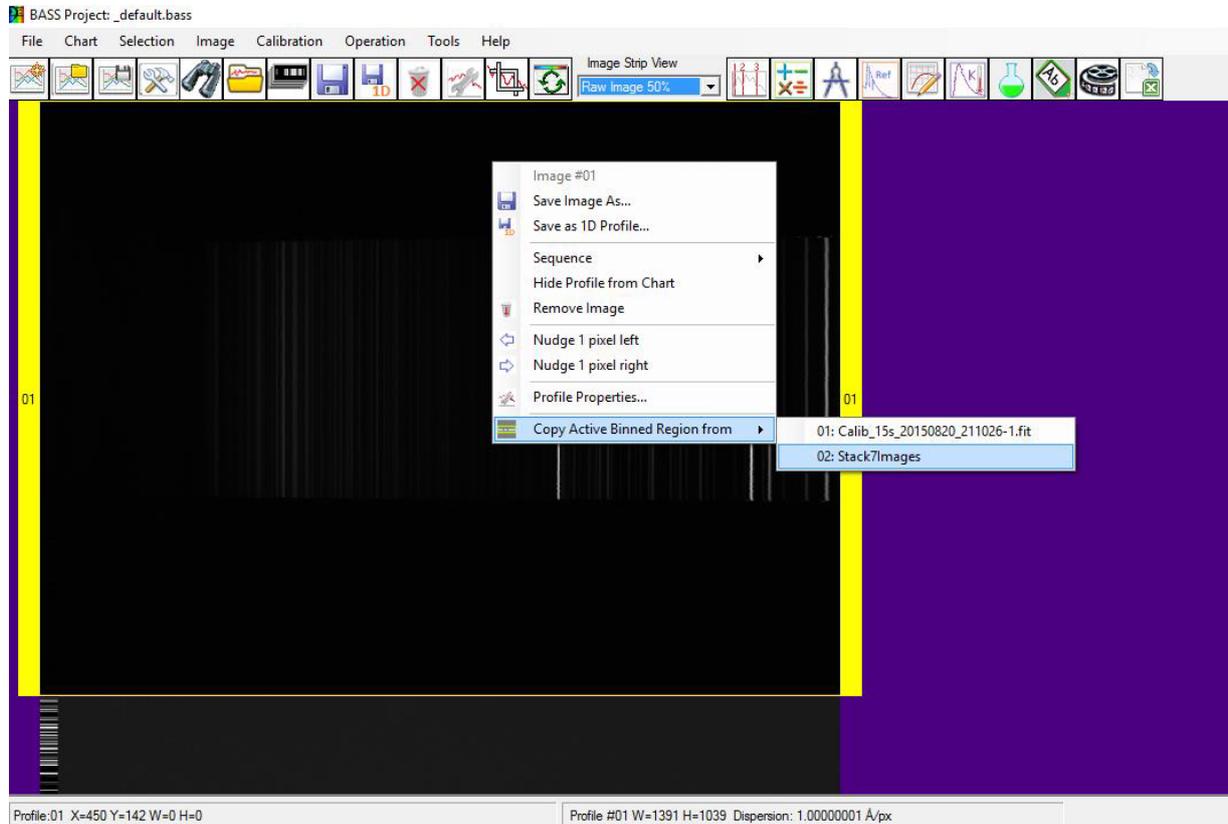
Observamos como otras dos líneas rosas delimitan la segunda región de fondo del cielo.

Ahora podemos volver a la vista de zoom original y corregir los niveles de blanco y negro.

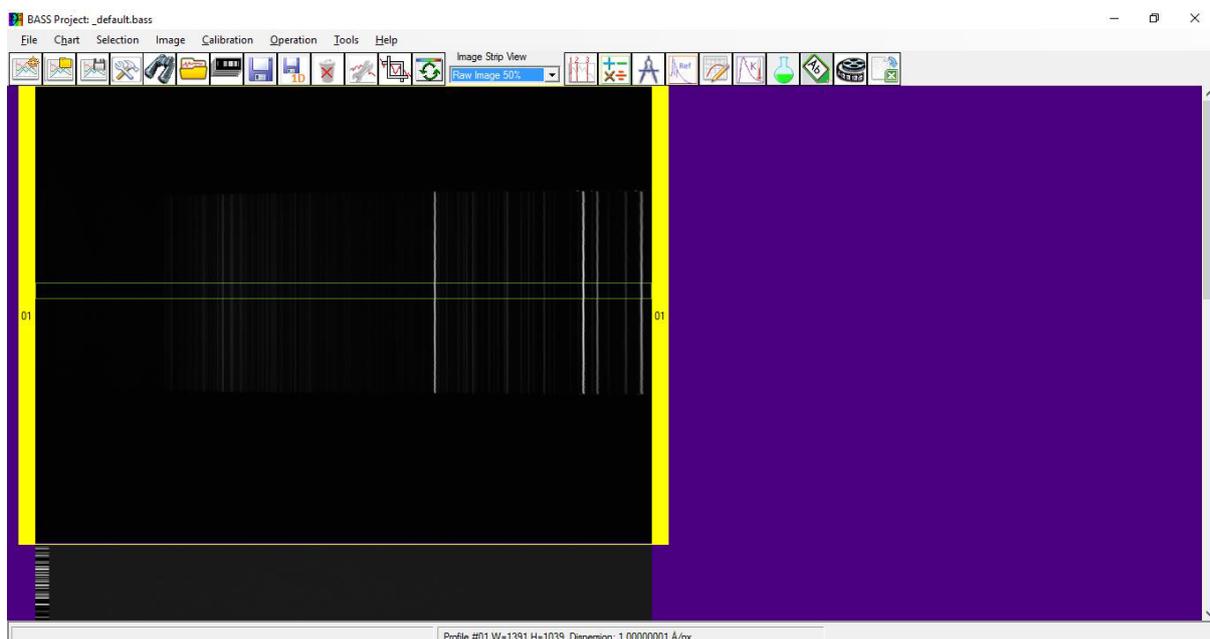


Es aconsejable que la región activa del espectro coincida con la región activa de la imagen de calibración.

Para ello, seleccionamos la imagen de calibración de neón para que se resalte con un borde amarillo, hacemos clic con el botón derecho en la imagen y seleccionamos copiar la región de agrupación activa desde la imagen del espectro de estrellas en la que configuró la región de activa de procesamiento.



Así, la delimitación de la región activa será la misma en ambas imágenes, como podemos comprobar en las nuevas líneas verdes de la imagen de calibración.



## 5 - Calibración de longitud de onda

La calibración del espectro puede parecer más difícil de lo que realmente resulta en la práctica.

Lo ideal es tener un espectro de referencia ó calibración para cada sesión fotográfica. La temperatura, situación del equipo y otros factores pueden influir de una sesión a otra. Es preferible tener espectros de elementos puros y no mezclados: Neon y Argón son los más populares.

La primera subsección a continuación proporciona algunos espectros de baja resolución de muestra. Estos nos ayudarán a identificar las líneas para la calibración de la longitud de onda.

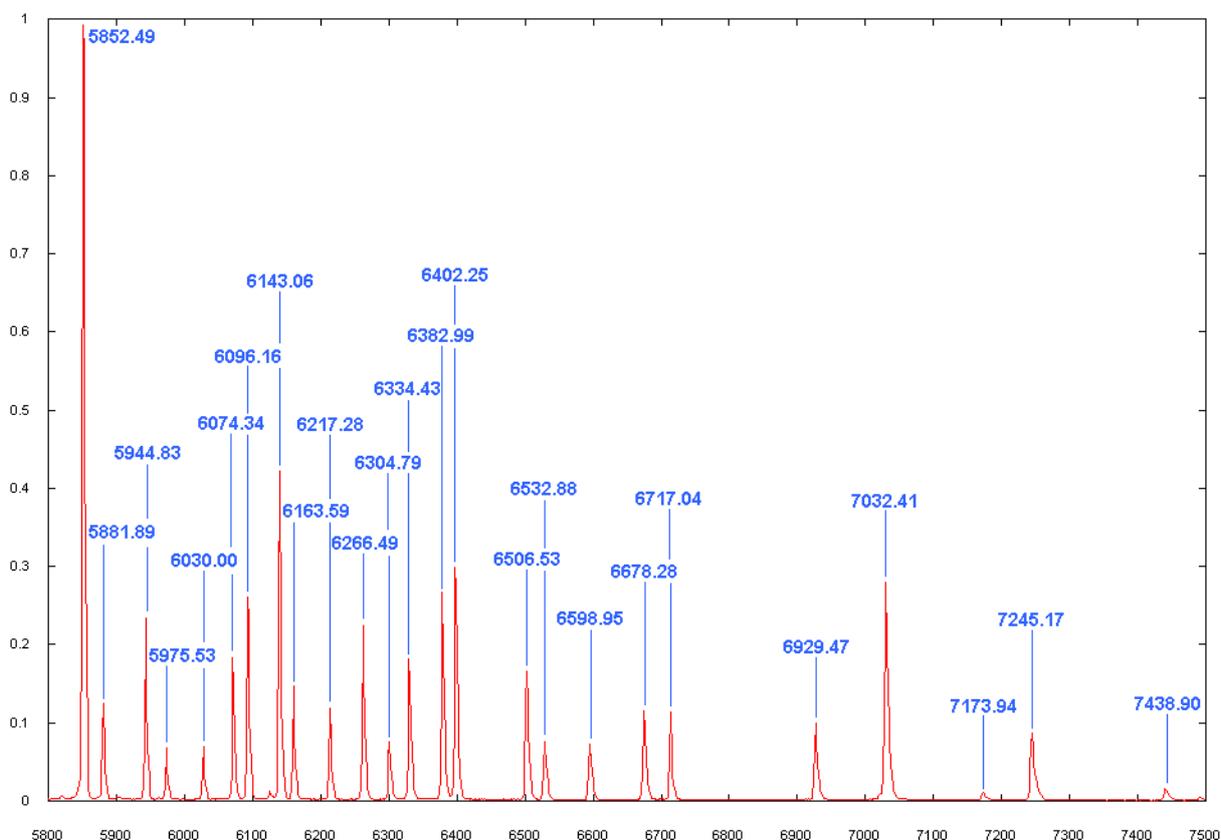
La siguiente subsección explica cómo realizar la calibración de la longitud de onda del espectro estelar utilizando un espectro de lámpara de calibración de línea de emisión de neón o similar.

Si no se posee una lámpara de calibración, la última subsección explica cómo realizar la calibración de longitud de onda utilizando una estrella de tipo A o B.

### a. Muestra de espectros de calibración

A continuación se muestran algunos espectros de muestra de varios sitios web que pueden ayudar a identificar las líneas en su espectro de calibración.

Espectro de neón del sitio web de Christian Buil: <http://www.astrosurf.com/buil/us/spe2/hresol4.htm>



# De la Guía de Usuario del Espectrógrafo Alpy

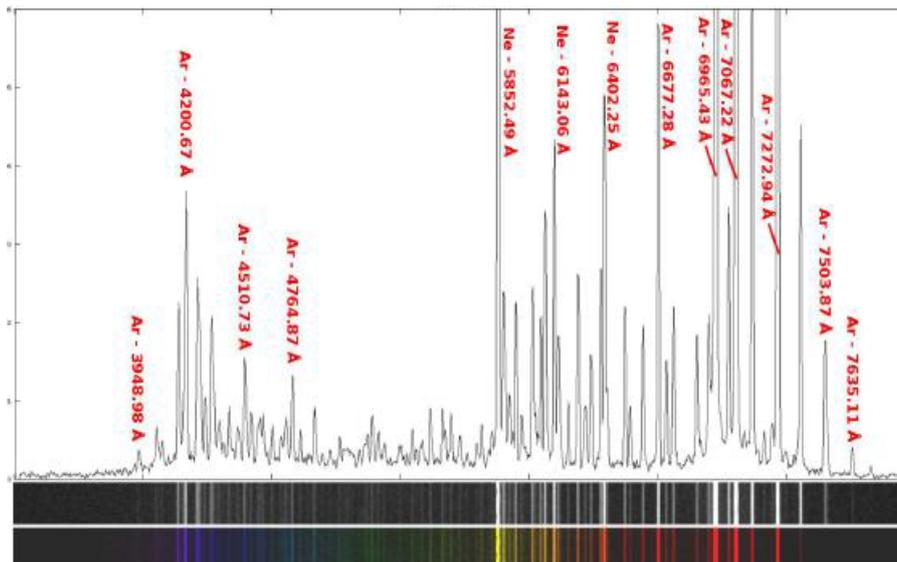
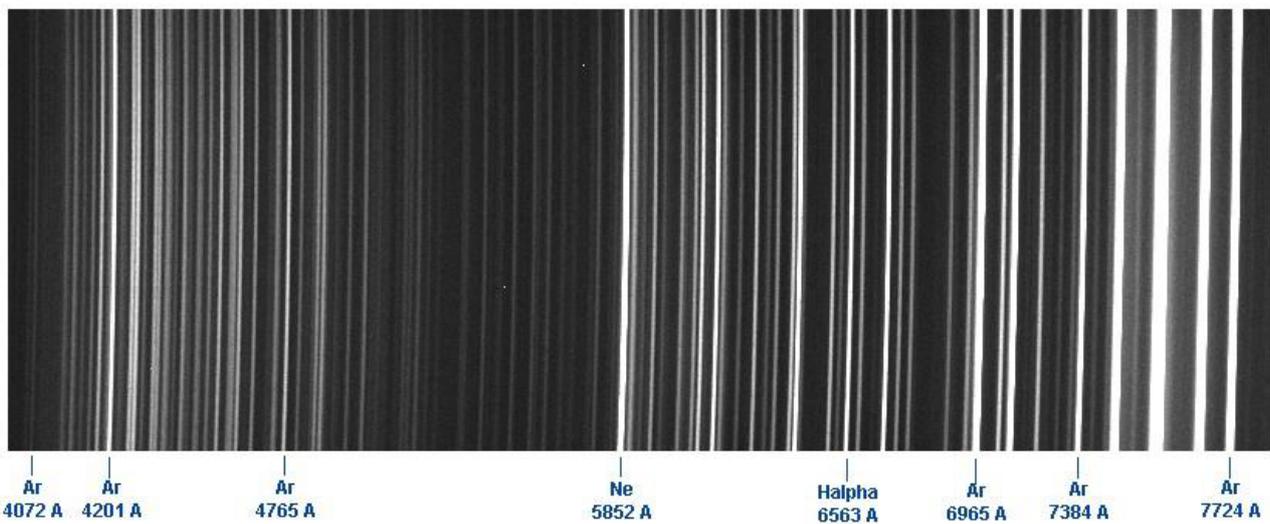


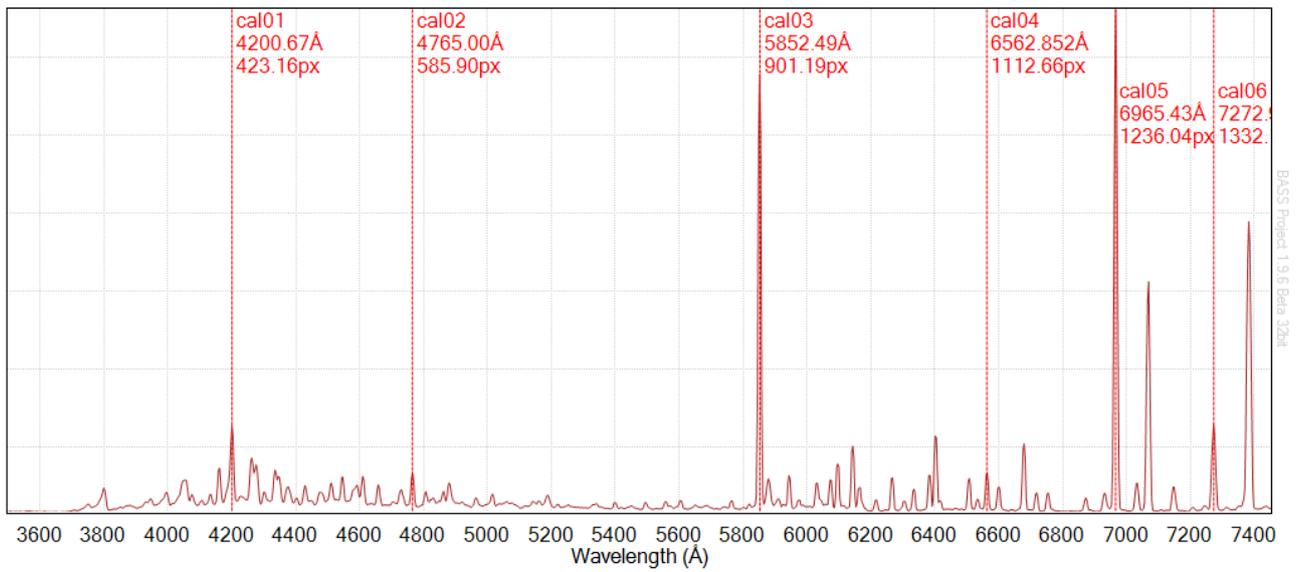
Imagen del sitio web de Christian Buil's;

[http://www.astrosurf.com/buil/alpy600/first\\_light.htm](http://www.astrosurf.com/buil/alpy600/first_light.htm)

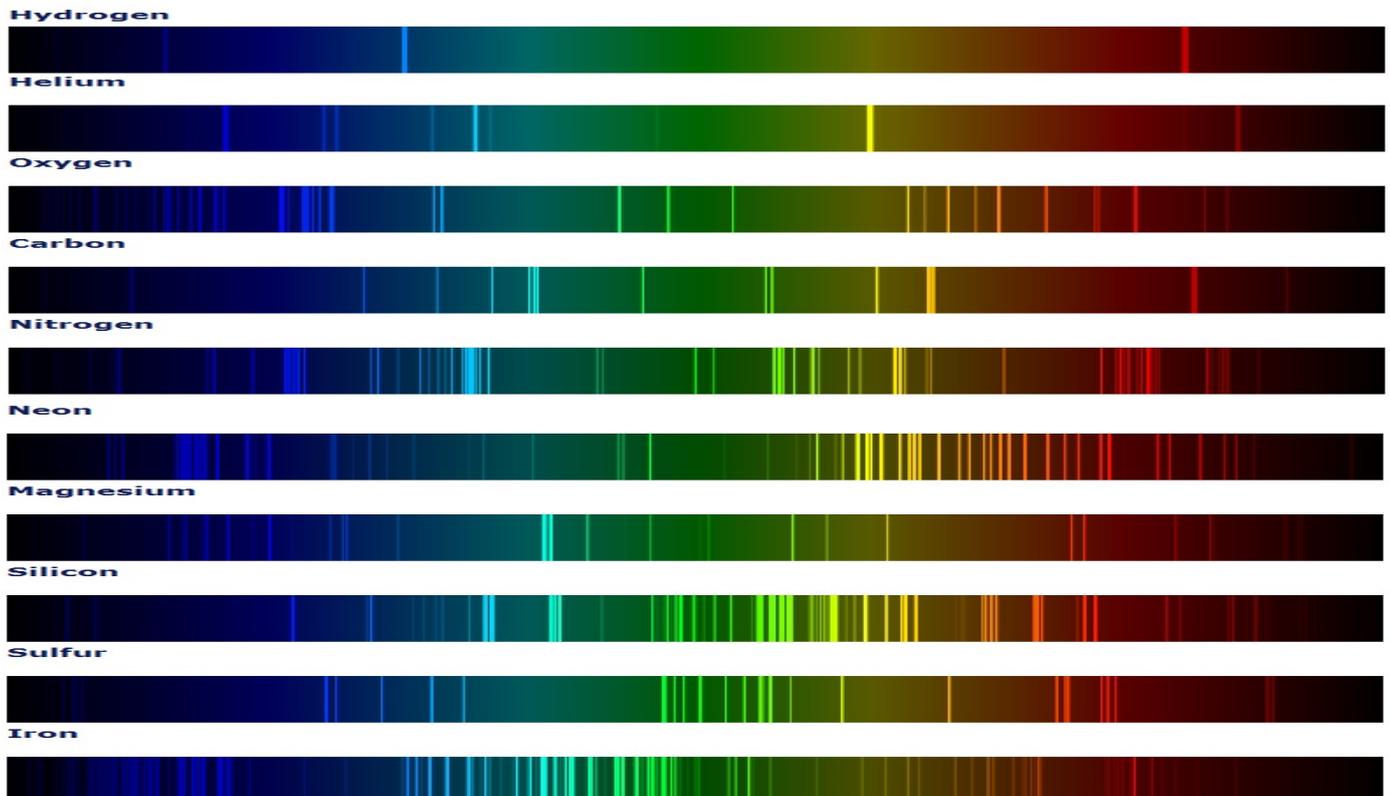


Encontramos las siguientes líneas de calibración en el espectro de calibración del espectrógrafo Alpy.

- 4200.67 Ar
- 4764.87 Ar
- 5852.49 Ne
- 6562.85 H $\alpha$
- 6965.43 Ar
- 7272.94 Ar

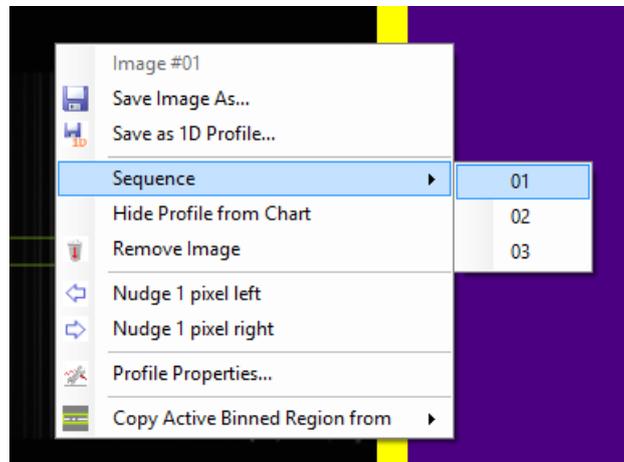


A continuación vemos los espectros de emisión de algunos elementos (recortándolos como imagen pueden servir para nuestras pruebas con BASS, IRIS u otro programa espectral).



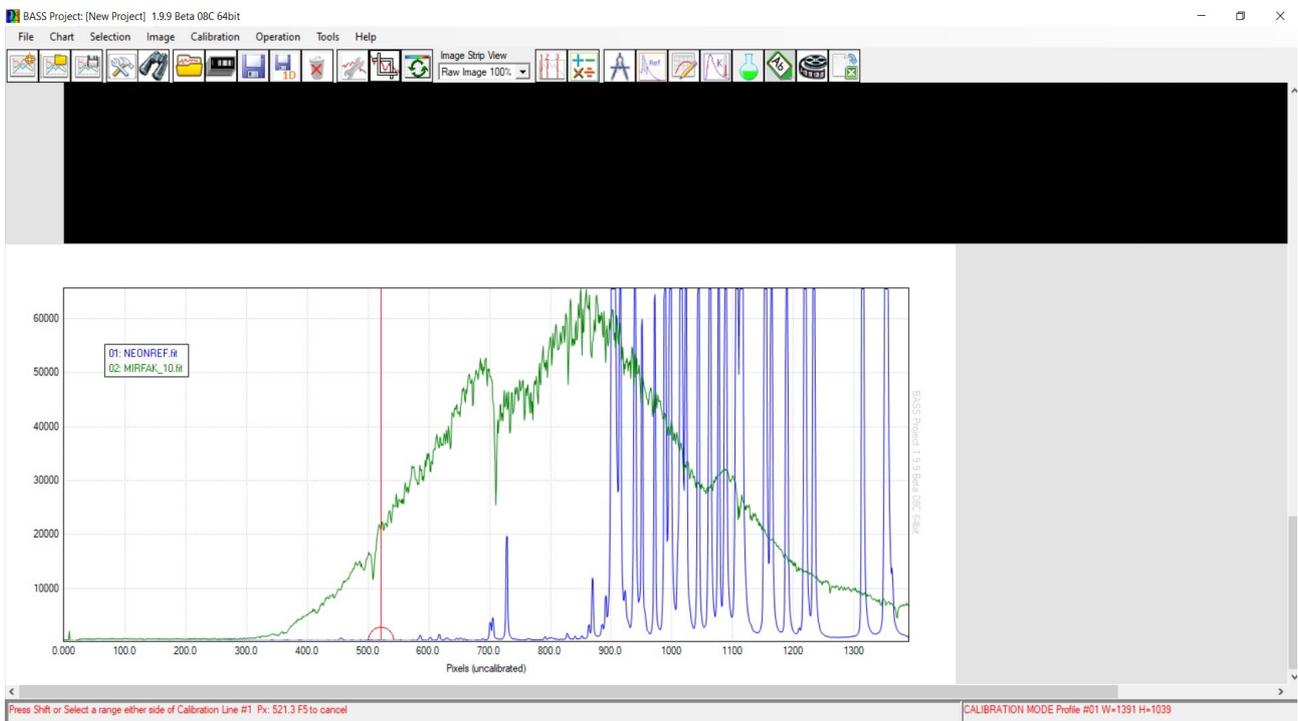
## b. Proceso de calibración de longitud de onda

Seleccionar la imagen del espectro referencia para la calibración (neón, argón) que estemos utilizando. Esta imagen debe estar en la posición 1, debe ser la primera por arriba. Si no fuera así, hacemos clic derecho en la imagen, seleccionamos Secuencia y luego 01.



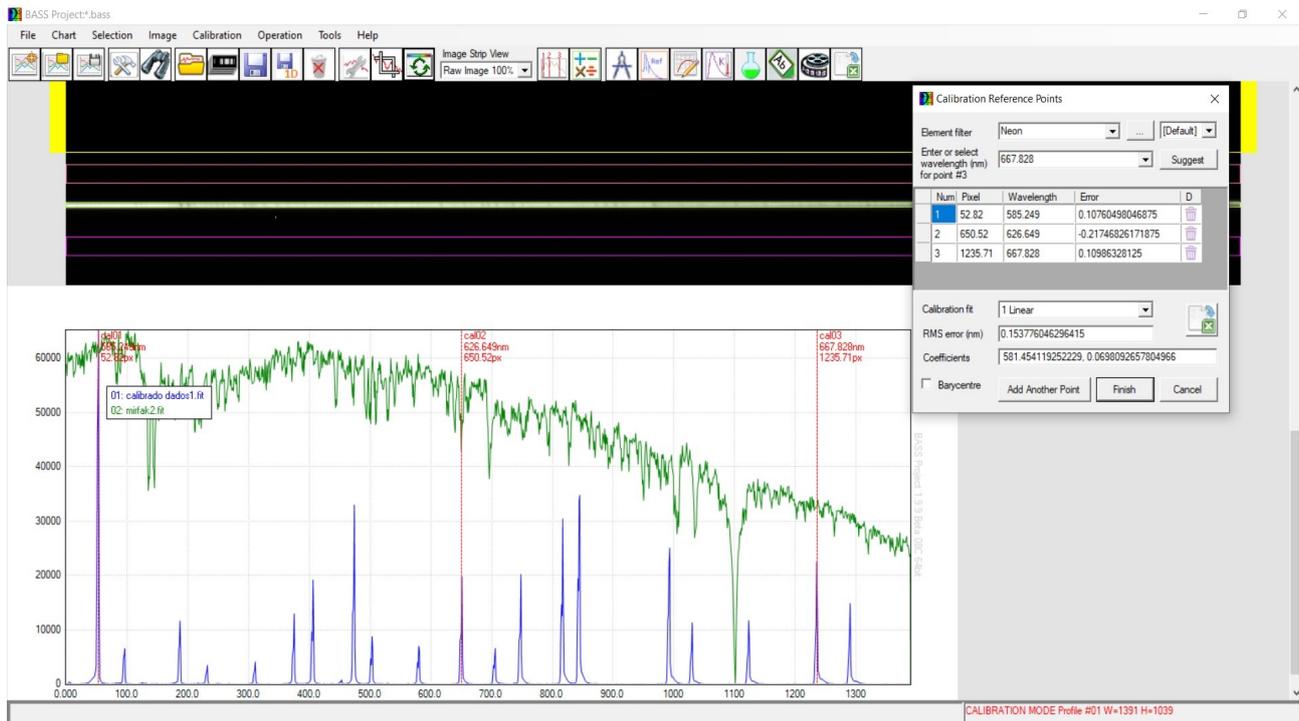
Desplazamos la pantalla hacia abajo hasta el área del gráfico de los espectros. La calibración se realiza sobre el gráfico resultante de los espectros abiertos.

Para pasar al modo de calibración, seleccionamos: Menú.- Calibración -> Crear/Editar Calibración ó a través del icono 



Una línea roja aparece con un semicírculo en la base. Esta línea se desplaza con el ratón y nos servirá para determinar las líneas de calibración

Situamos la línea roja sobre una de las líneas de neón de las que debemos conocer su longitud de onda, aunque el programa tiene recursos para indicárlas. Apretando shift hacemos doble clic sobre la línea y automáticamente aparecerá el menú Calibración de los Puntos de Referencia



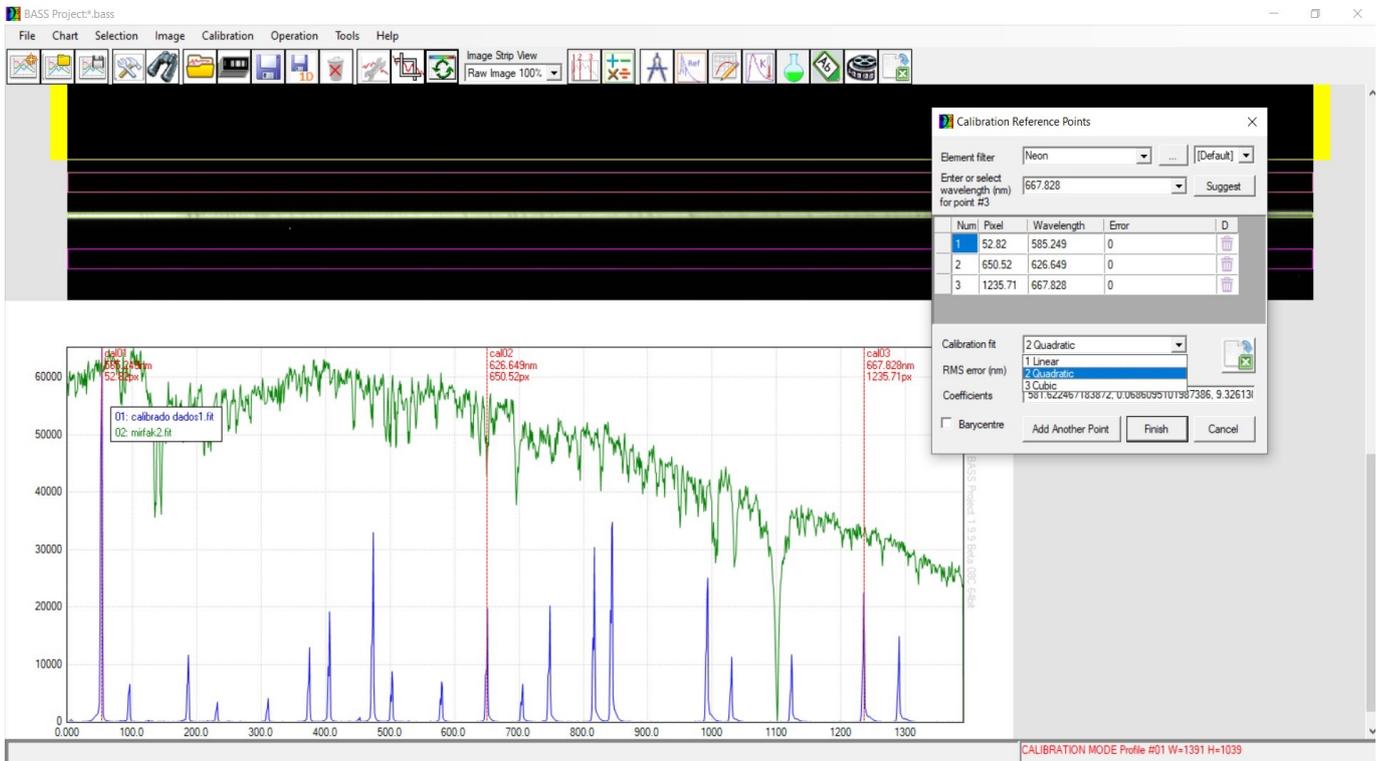
Podemos introducir la longitud de onda manualmente sirviéndonos de alguna tabla o listado externo. BASS tiene una base de datos interna que ayuda en nuestro trabajo. Seleccionamos en "Element filter" Ne (en nuestro ejemplo) y después en "Enter or select wavelength (A)" la longitud de onda correspondiente a la línea seleccionada. Repetiremos con otras líneas hasta que el error sea aceptable(+/- 0.2)

Two side-by-side screenshots of the 'Calibration Reference Points' dialog box. The left screenshot shows the 'Element filter' set to 'Neon' and the 'Enter or select wavelength (nm) for point #1' field with a dropdown menu open, listing various Neon lines. The right screenshot shows the 'Enter or select wavelength (nm) for point #2' field with a dropdown menu open, listing various Neon lines.

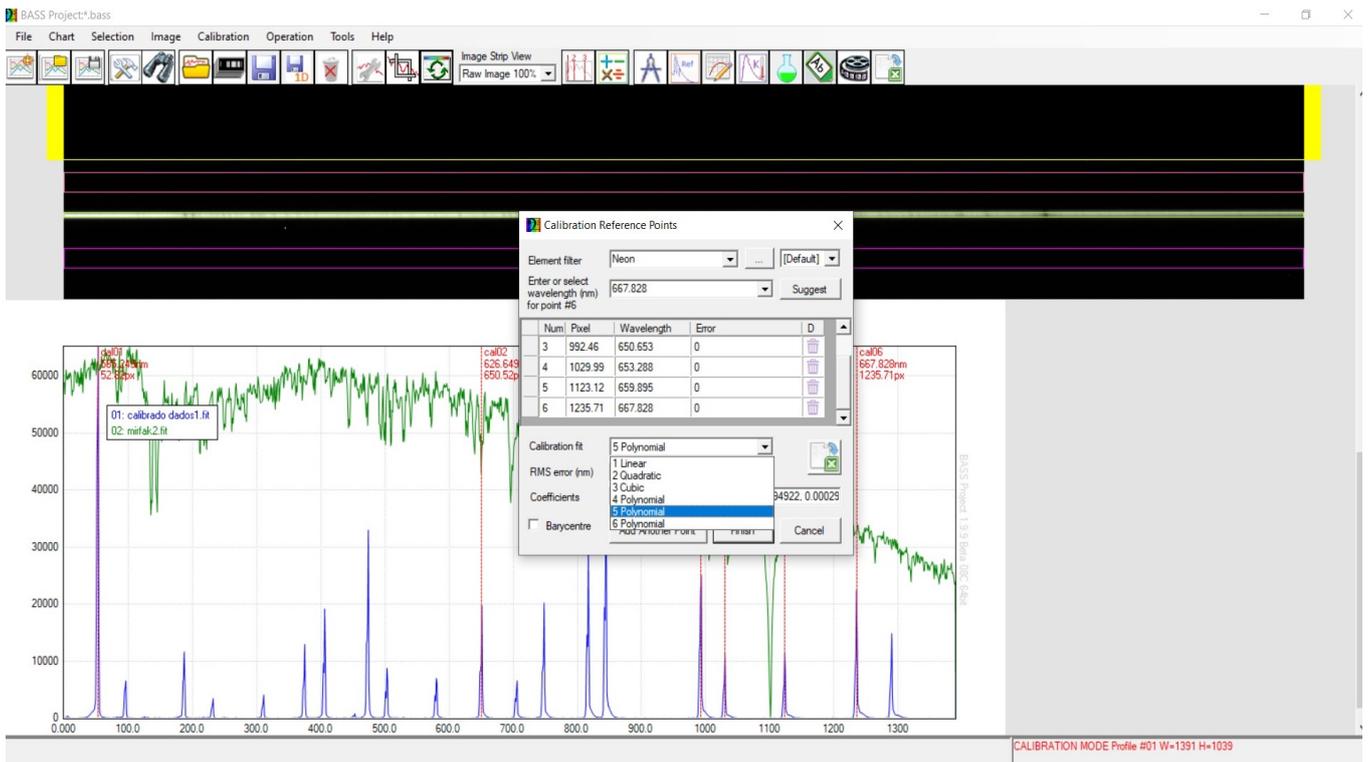
Num	Pixel	Wavelength	Error	D
1	52.82	585.249	0.10760498046875	
2	650.52	626.649	-0.21746926171875	
3	1235.71	667.828	0.10986328125	

Calibration fit: 1 Linear  
RMS error (nm): 0  
Coefficients: 6586.46591957905, -13.8957911670713

En el ejemplo que seguimos, hemos seleccionado 3 líneas y obtenido un error lineal máximo de 0.2, aunque para ciertos estudios puede ser aceptable, para trabajar con más precisión no. Cuantas más líneas de calibración se introduzcan, mayor será el error lineal. Nosotros con la calibración con tres líneas de referencia, seleccionamos la forma de calibración “Quadratic” en “Calibration fit”, de forma que obtenemos un error de “0” para todas las líneas.

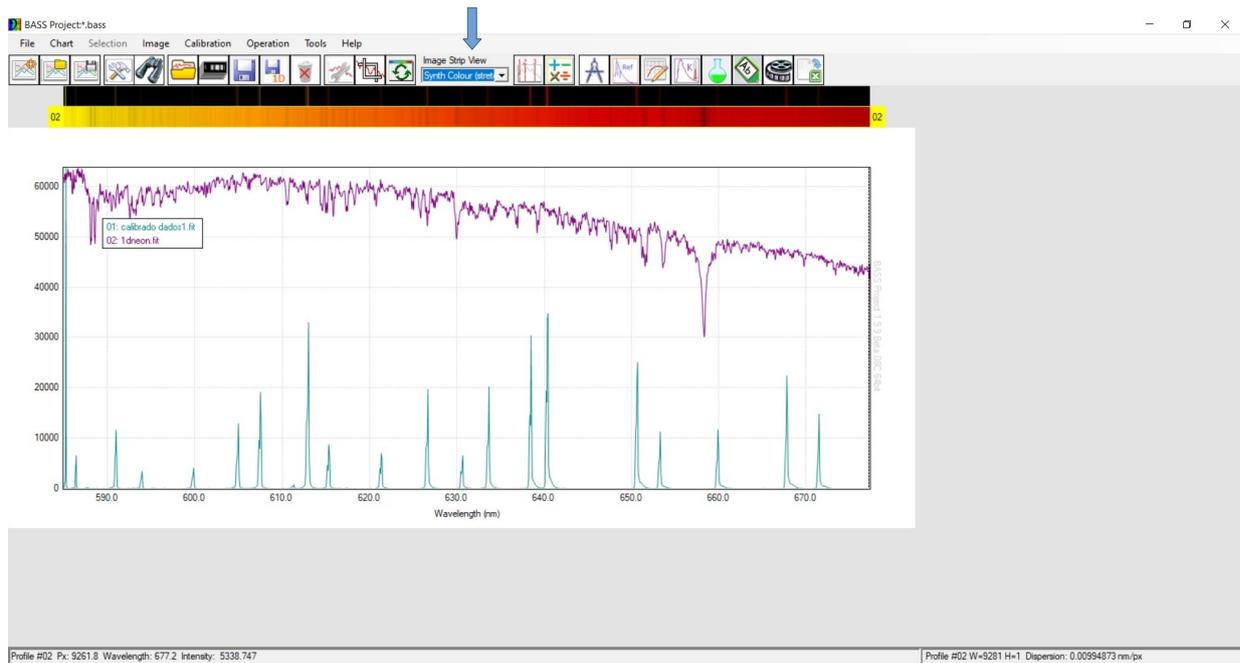


Es de suma importancia para trabajos de investigación que el espectro de luz de referencia para calibración, en nuestro caso el de neón, sea adquirido en las condiciones mas similares posibles, sino idénticas. Así evitaremos errores debidos a las condiciones de captura de los espectros.



En ocasiones, puede ser posible mejorar el ajuste eligiendo más líneas, o aumentando el polinomio del ajuste de calibración (*Fit calibration*). Sin embargo, hay que tener cuidado. Elegir un polinomio de alto orden de 1 por debajo de su número de puntos de calibración o superior siempre dará un ajuste perfecto. Esto es engañoso ya que simplemente está ajustando la cantidad de parámetros libres en el polinomio a su cantidad de puntos de datos. Incluso si elige una línea completamente incorrecta, el ajuste seguirá siendo perfecto. Así pues, debemos calibrar con el menor error lineal posible y el polinomio de cálculo (*Fit Calibration*) mas bajo posible.

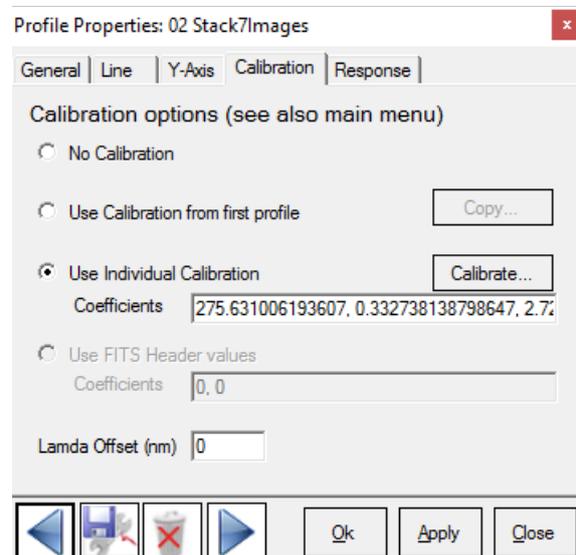
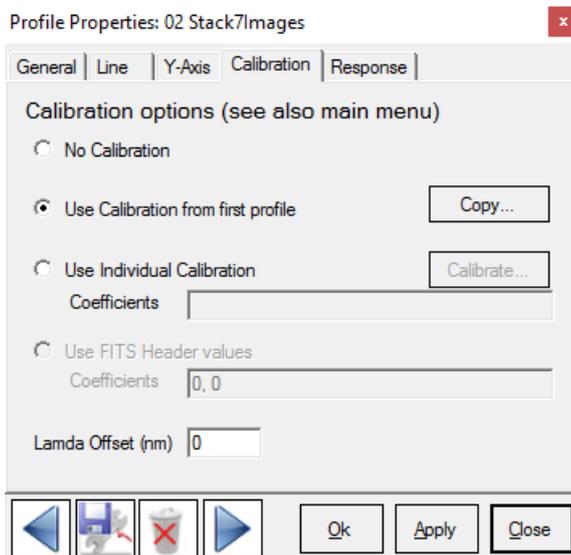
A continuación, podemos configurar la vista de la imagen como una banda en Color para mostrar los espectros en color (*Image Strep View*).



Para copiar los parámetros de calibración en el espectro objetivo, haga doble clic en la imagen de la estrella objetivo.

Seleccione la pestaña Calibración.

Luego presione Copiar.



Y guardamos las imágenes espectrales.

## C. Calibración de longitud de onda con una estrella tipo A o B

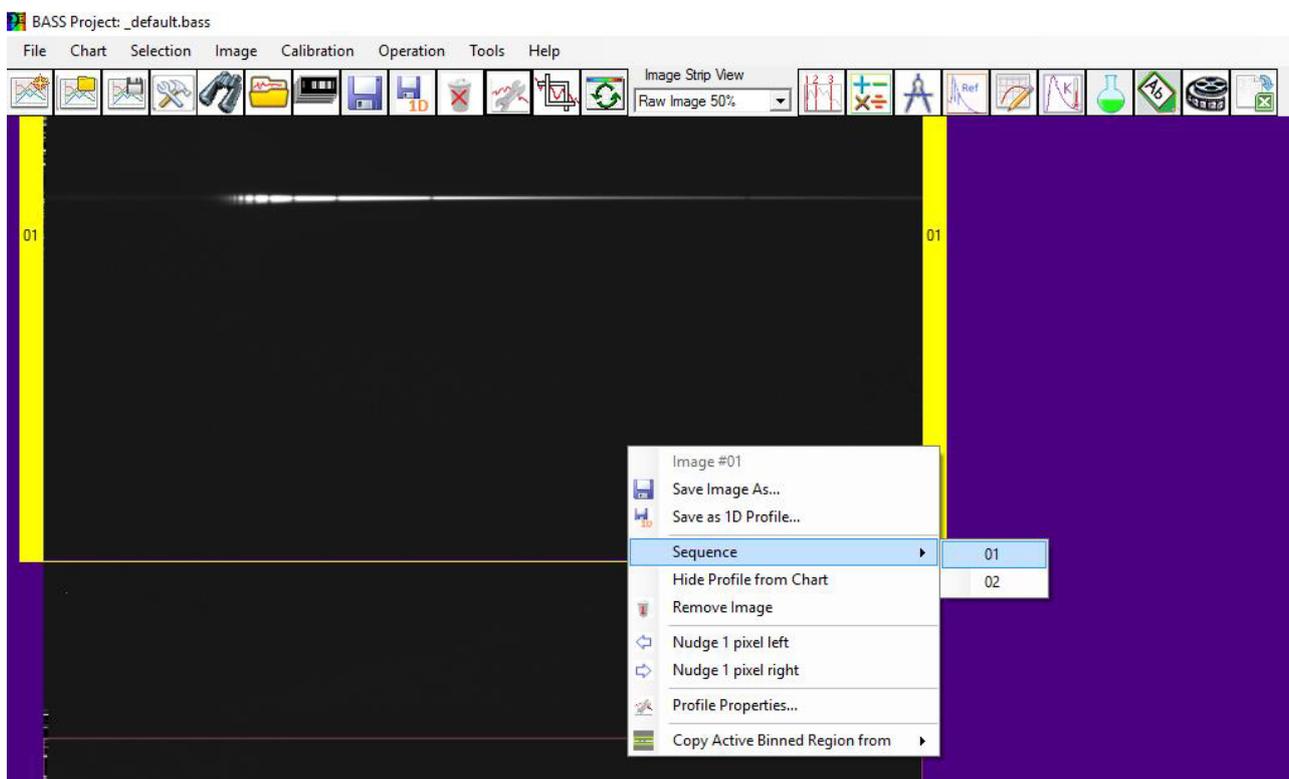
Si no disponemos de una lámpara de calibración para calibrar la longitud de onda del espectro, es posible usar las líneas de hidrógeno de una estrella de tipo A o B.

Para hacer esto, se toma una imagen del espectro de una estrella de tipo A o B, con el equipo exactamente en la misma configuración y condiciones que cuando tomó todos los espectros de sus estrellas objetivo, preferiblemente justo antes o después de las tomas. Debemos elegir una estrella brillante de tipo A o B con líneas claras de absorción de hidrógeno. Vega es ideal cuando es visible. Necesitamos ver fácilmente las líneas de absorción desde H-alfa hasta al menos H-delta o más.

El proceso básico es el mismo que si estuviera usando una lámpara de calibración.

La imagen de estrella de tipo A o B debe ser la primera imagen en BASS.

Haga clic con el botón derecho en la imagen -> Secuencia



Seleccionamos la imagen de la estrella tipo A o B que hemos tomado como referencia espectral.

Realizamos las selecciones de área como vimos anteriormente, tanto de la imagen de la estrella de referencia como del espectro objetivo.

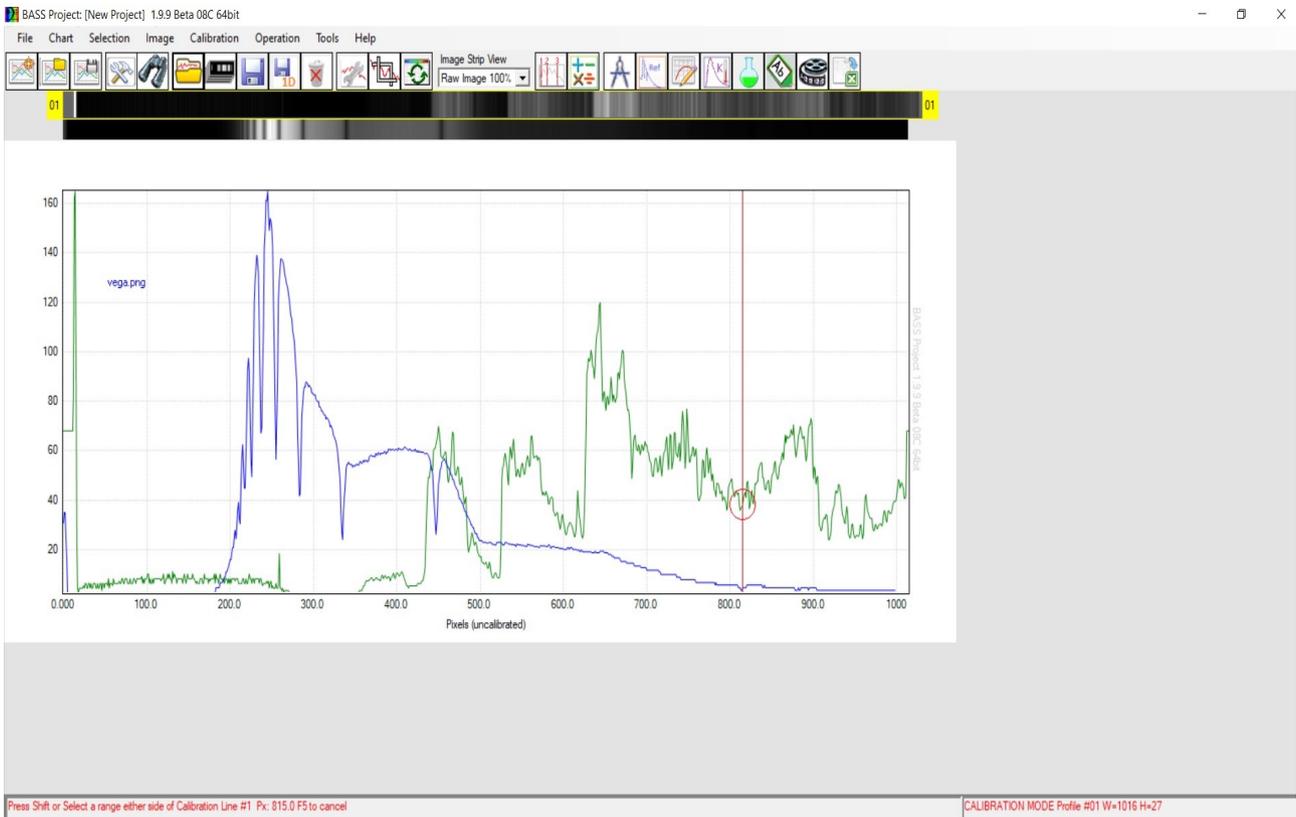
Pasamos al área del gráfico de la pantalla, ya que todas las operaciones se realizarán sobre el gráfico.

Operamos igual que con un espectro de calibración visto anteriormente.

Para pasar al modo de calibración, seleccionamos el siguiente elemento del menú.

Menú: Calibración -> Crear/Editar Calibración

Es más fácil comenzar seleccionando H-alfa, la línea de hidrógeno más a la derecha. Esto se hace colocando el cursor justo a la izquierda de la línea en el gráfico, arrastrándolo hacia la derecha de la línea y luego soltándolo.



Seleccionamos el Hidrógeno en el filtro Elemento y H $\alpha$  en el menú desplegable de longitud de onda.

The screenshot shows the 'Calibration Reference Points' dialog box. It has a title bar with a close button. The 'Element filter' is set to 'Hydrogen'. The 'Enter or select wavelength (Å) for point #1' field contains 'Hydrogen H $\alpha$  - 6562.852'. There are buttons for 'Add Another Point', 'Finish 1pt', and 'Cancel'. A table below shows the calibration data:

Num	Pixel	Wavelength	Error	D
1	1113.25	6562.852		

At the bottom, the 'Calibration fit' is set to '1 Linear'. The 'RMS error (Å)' is 1.99233493228228. The 'Coefficients' are 274.630695283443, 0.343491692484793.

Hacemos clic en Agregar otro punto y repetimos la operación hasta que se vean todas las líneas principales del hidrógeno.

Al principio, con un ajuste lineal, los errores pueden ser grandes.

Num	Pixel	Wavelength	Error	D
5	356.62	3970.070068...	-2.119140625	
1	394.92	4101.740234...	-1.72943115234375	
2	463.9	4340.470214...	0.55908203125	
3	613.64	4861.330078...	8.15704345703125	
4	1113.25	6562.852050...	-2.8265380859375	
6	332.96	3889.049	-2.041015625	

Cambiar la forma de calibración a Cuadrático o Cúbico dará un mejor resultado.

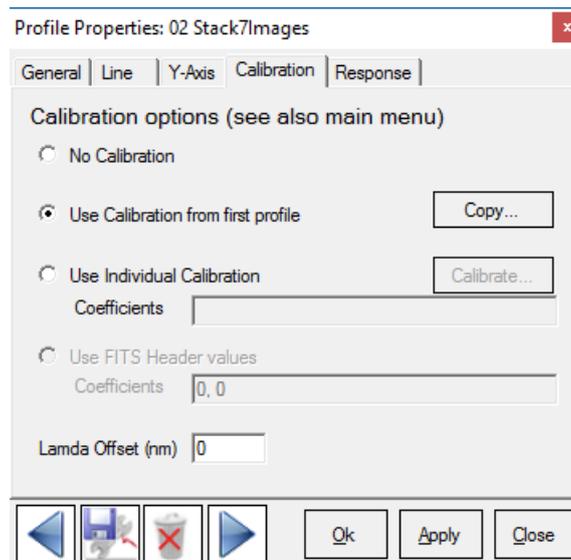
Num	Pixel	Wavelength	Error	D
5	356.62	3970.070068...	-0.01617431640625	
1	394.92	4101.740234...	-0.09918212890625	
2	463.9	4340.470214...	0.08148193359375	
3	613.64	4861.330078...	-0.015869140625	
4	1113.25	6562.852050...	0.0006103515625	
6	332.96	3889.049	0.04913330078125	

Ahora tenemos un espectro bien calibrado, aunque se debe tener cuidado con las longitudes de onda por debajo del punto de calibración más corto y por encima del punto de calibración de longitud de onda más larga.

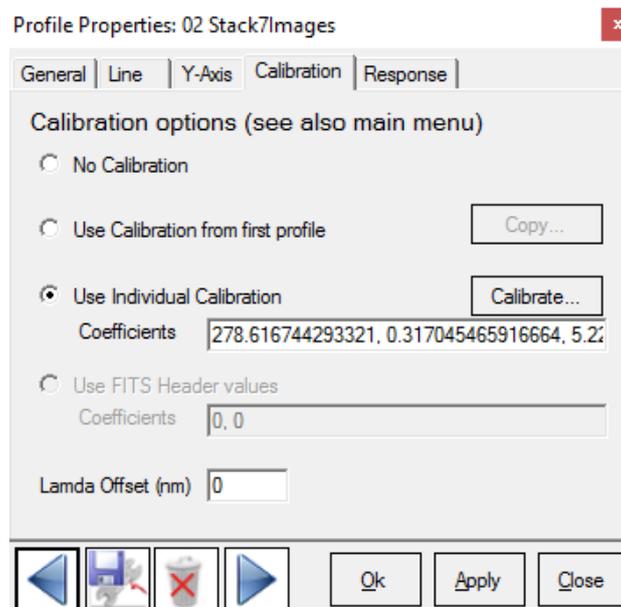
Podemos obtener una vista de color de sus tiras de imagen de espectro cambiando la Vista de tira de imagen a Color de sintetizador (estiramiento).



Para copiar la calibración a otra estrella, haga doble clic en la franja de imágenes de esa estrella. Seleccione la pestaña Calibración.



Hacemos clic en “Copy” para copiar la calibración a nuestro espectro objetivo.



## **6 - Corrección de respuesta (avanzado).**

Normalmente se utiliza una estrella de tipo A o B para obtener la corrección de la respuesta. Los espectros de este tipo de estrellas son muy simples dominados por la absorción de las líneas de Balmer del hidrógeno. Esta curva de corrección de respuesta se puede aplicar a otras estrellas a una altitud similar en la misma noche.

Lo que buscamos es una curva que corregirá los efectos de la instrumentación y la atmósfera de la Tierra. Al aplicar esta curva, el espectro debe corregirse y mostrar el espectro estelar real que hemos captado de esa estrella en esa sesión. Debemos tener en cuenta que nuestro espectro final diferirá del tipo espectral perfecto.

Debemos evitar corregir la respuesta de cada espectro de estrella objetivo por separado utilizando un espectro de plantilla que coincida con su tipo espectral. De otra forma, siempre obtendríamos un ajuste perfecto coincidente con el tipo espectral, ya que forzaríamos el procesamiento del espectro para que coincida con la plantilla con la que se comenzó. También, si el espectro de la estrella no coincide perfectamente con su tipo espectral, algo que ocurre con frecuencia, el espectro corregido hará que parezca que coincide perfectamente.

El siguiente proceso utiliza la estrella A0V Vega para crear una curva de respuesta y luego confirma que funcionó comparándola con una plantilla A0V. En el trabajo científico este sería el primer paso. A continuación, esta curva de respuesta se aplicaría a sus estrellas objetivo que no sean Vega.

Este tipo de corrección se realiza sobre espectros tomados en la misma sesión y con la misma configuración de dispositivos. No podemos aplicar una curva de respuesta realizada sobre un espectro de 200 l/mm en otro de 600l/mm, o tomados con diferentes cámaras.

Primero cargamos un espectro estándar apropiado para que coincida con el que está trabajando. Lo ideal sería un espectro de Miles<sup>1</sup> de la estrella exacta pero, también nos vale un espectro de Pickles para el tipo espectral.

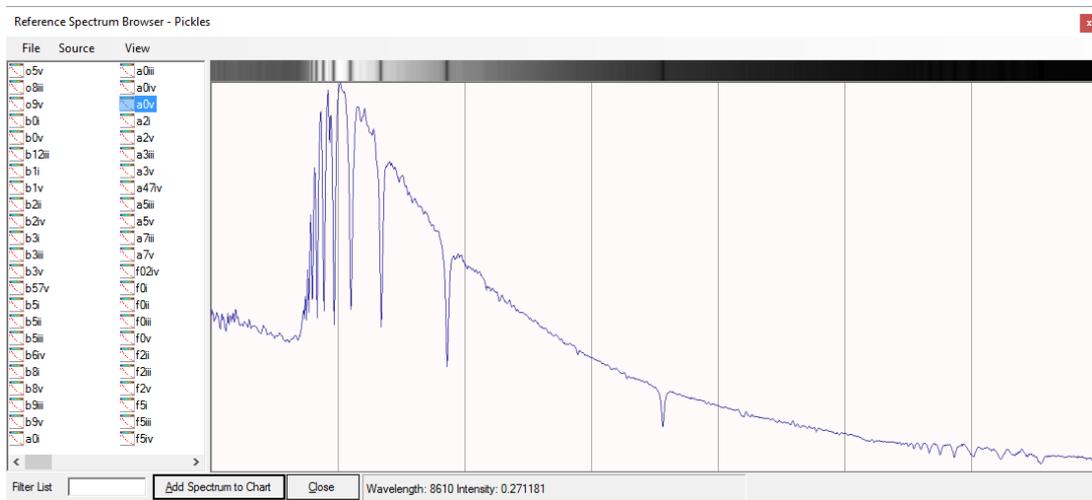
Debemos tener en cuenta que si usamos una estrella Miles, no debe usar los espectros etiquetados como "dered"; Estos son espectros que han sido corregidos por extinción interestelar y que invalidarían su curva de respuesta.

Menú: Herramientas -> Espectro de referencia

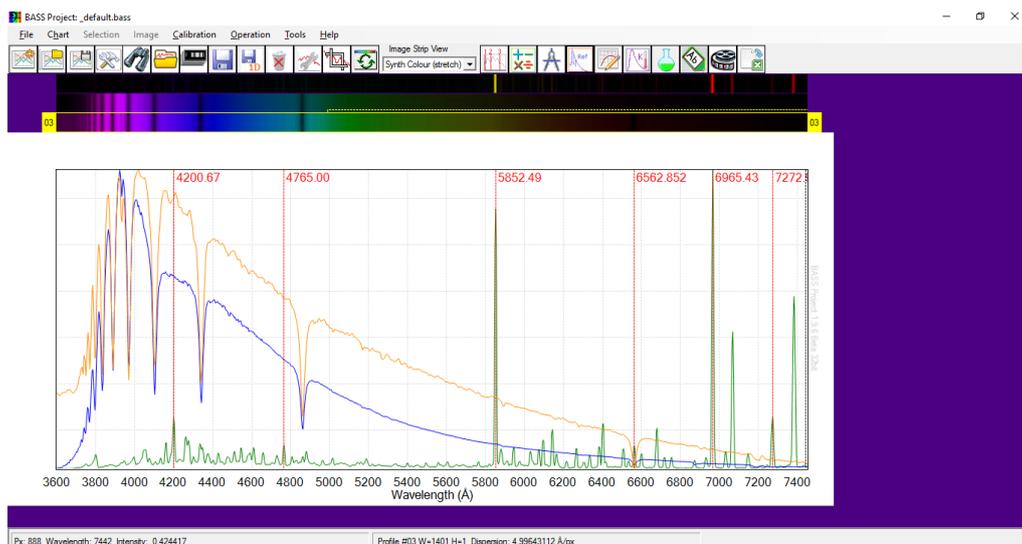
Menu: Tools -> Reference Spectrum

Si usa una estrella de la base de datos de Miles, hacemos clic en "Source" y seleccionamos Miles. Luego busque el número HD de la estrella.

En este ejemplo usamos Vega, que no está en la base de datos de Miles. Entonces seleccionaremos el espectro Pickles A0V.



Seleccionamos "Add Spectrum to Chart" y cerramos.

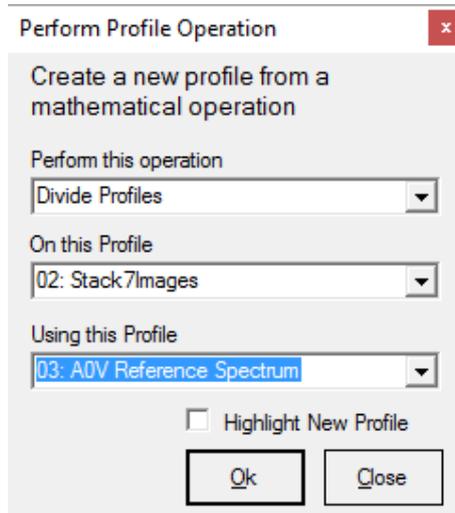


Así, hemos agregado el espectro de referencia A0V como un tercer perfil.

1 La base de datos Miles puede ser descargada de <https://groups.io/g/BassSpectro/files/Miles%20Reference%20Spectra/MilesLibraryBASS.zip> y copiarla en la carpeta correspondiente dentro del directorio de BASS.

El siguiente paso es dividir su espectro por el espectro estándar.

Menú: Operación -> Dividir un perfil por otro



Nuestro espectro es el primer perfil y el espectro estándar es el segundo perfil.

Ahora tenemos que suavizar los baches y picos. Solo las características a gran escala forman parte del perfil de respuesta. Las características de menor escala se deben a diferentes resoluciones y otros efectos de pequeña escala que no se pueden corregir.

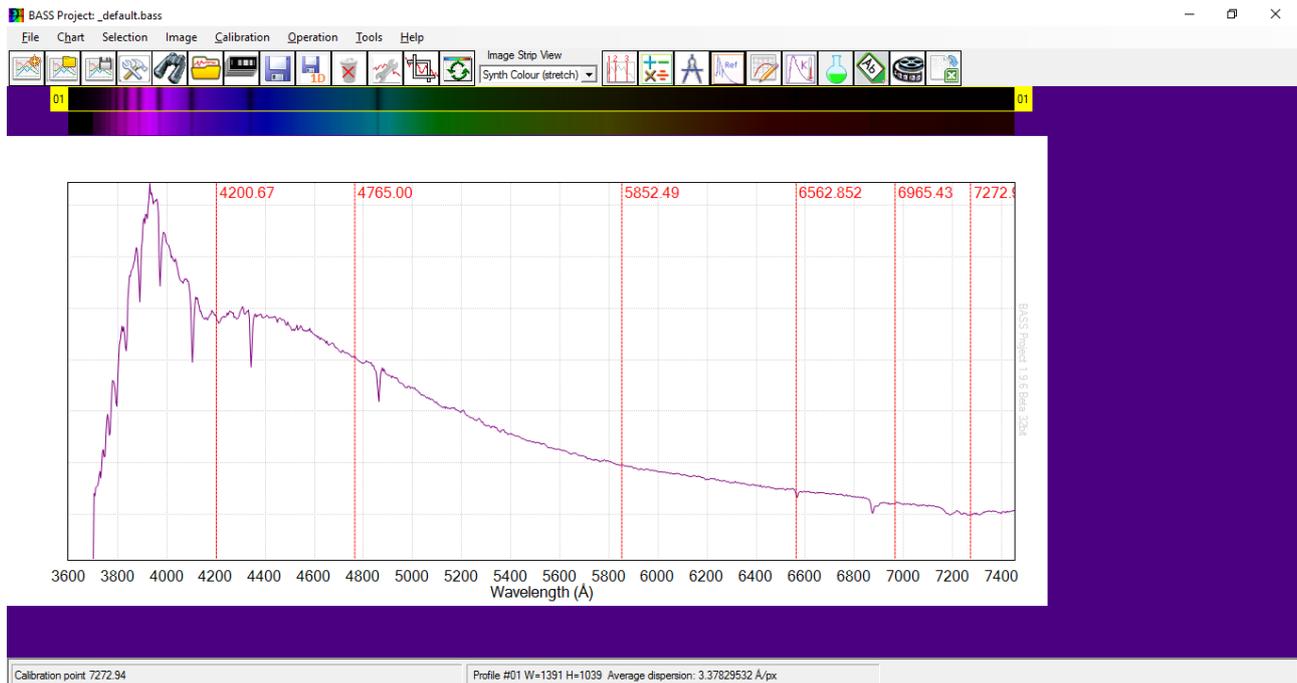
Para facilitar este proceso, primero eliminaremos y ocultaremos los otros espectros.

Eliminamos el espectro de neón seleccionándolo, luego clic derecho y presionamos Eliminar imagen (Remove image).

Eliminamos el espectro Pickles AOV seleccionándolo, luego clic derecho y presionamos Eliminar imagen (Remove image).

Ocultamos nuestra imagen/espectro seleccionándolo, luego clic con el botón derecho y presionamos Ocultar perfil del gráfico (Hide Profile from Chart).

Ahora tenemos sólo el perfil de división de la siguiente manera.



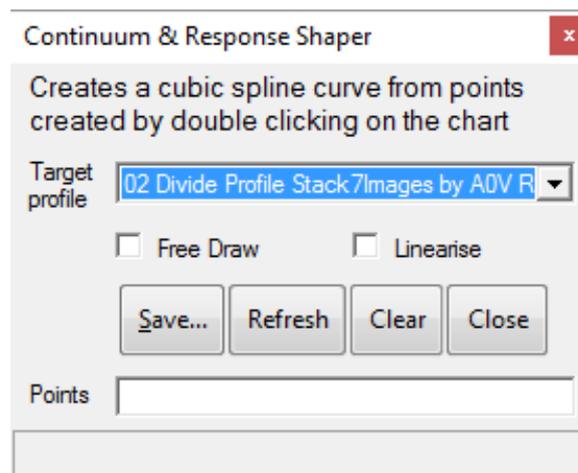
Debemos asegurarnos de que el perfil de división esté seleccionado.

Ahora estamos listos para crear la curva de respuesta suave.

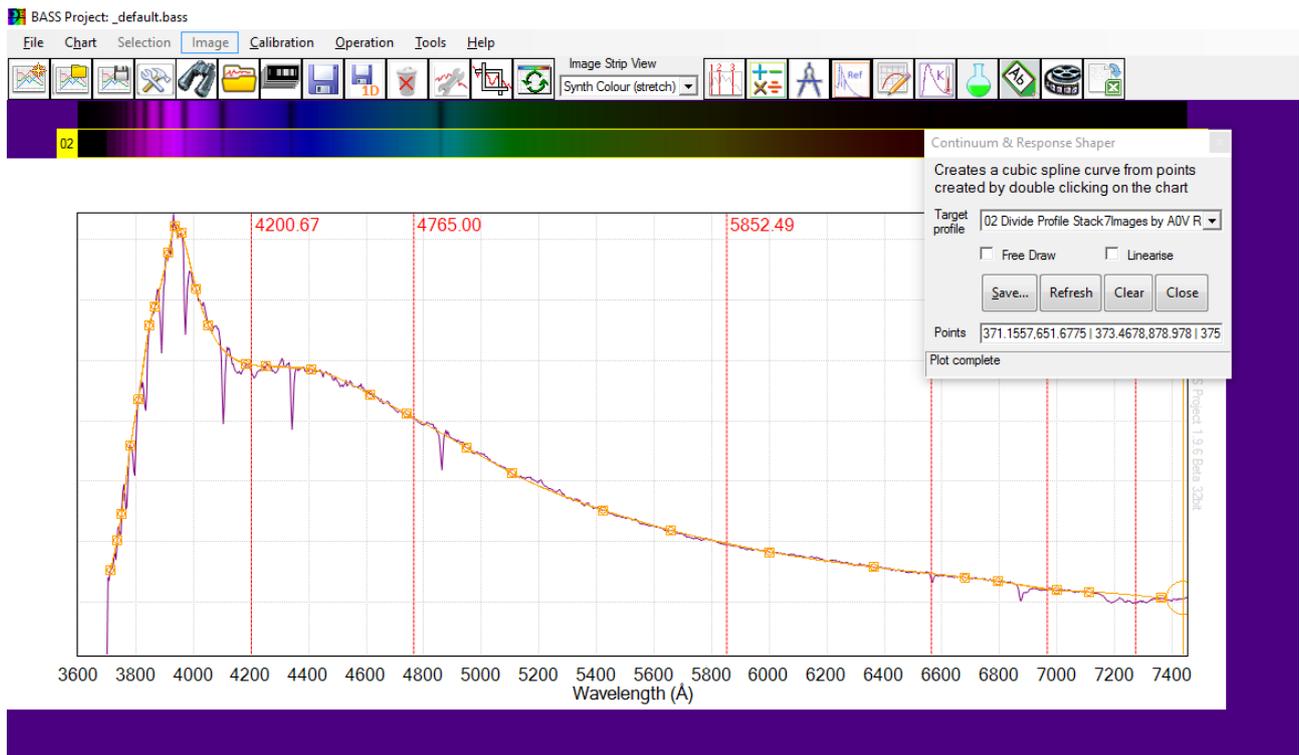
Menú: Herramientas -> Modulador Continuo

Menu: Tools -> Continuum Shaper

Seleccionamos el perfil de división como el perfil de destino.



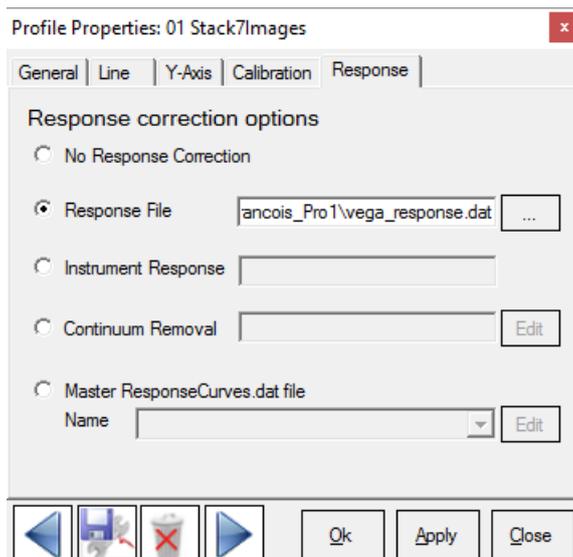
Entonces iremos haciendo doble clic en los puntos más relevantes a lo largo del perfil de izquierda a derecha, omitiendo valles y picos, tal y como muestra la imagen.



Podemos corregir cualquier error haciendo doble clic en un punto por segunda vez para eliminarlo.

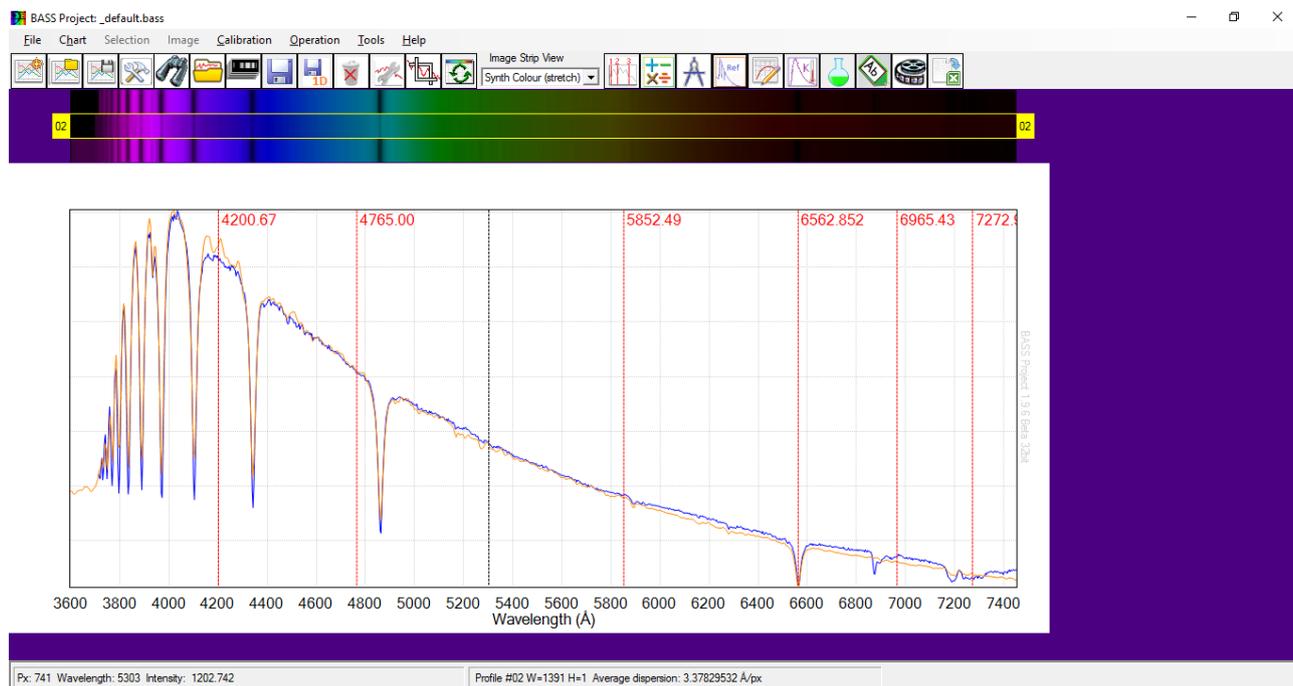
Ahora guardamos. Aquí hay varias opciones, sugerimos guardar como un archivo DAT de respuesta en la carpeta donde está trabajando, y nombrándolo con referencia a nuestro trabajo en curso. En este caso “vega\_response.dat”. Entonces estará disponible para ser utilizado para todos sus espectros de esa noche/sesión.

Ahora doble clic en nuestro perfil y seleccionamos la pestaña Respuesta. A continuación, seleccionamos el archivo que acaba de crear en el cuadro Archivo de respuesta.



Aquí está nuestro espectro corregido por nuestra curva de respuesta.

Puedemos compararlo con el Pickles A0V para comprobar lo bien que ha funcionado. Esto nos ayudará a refinar nuestra técnica.



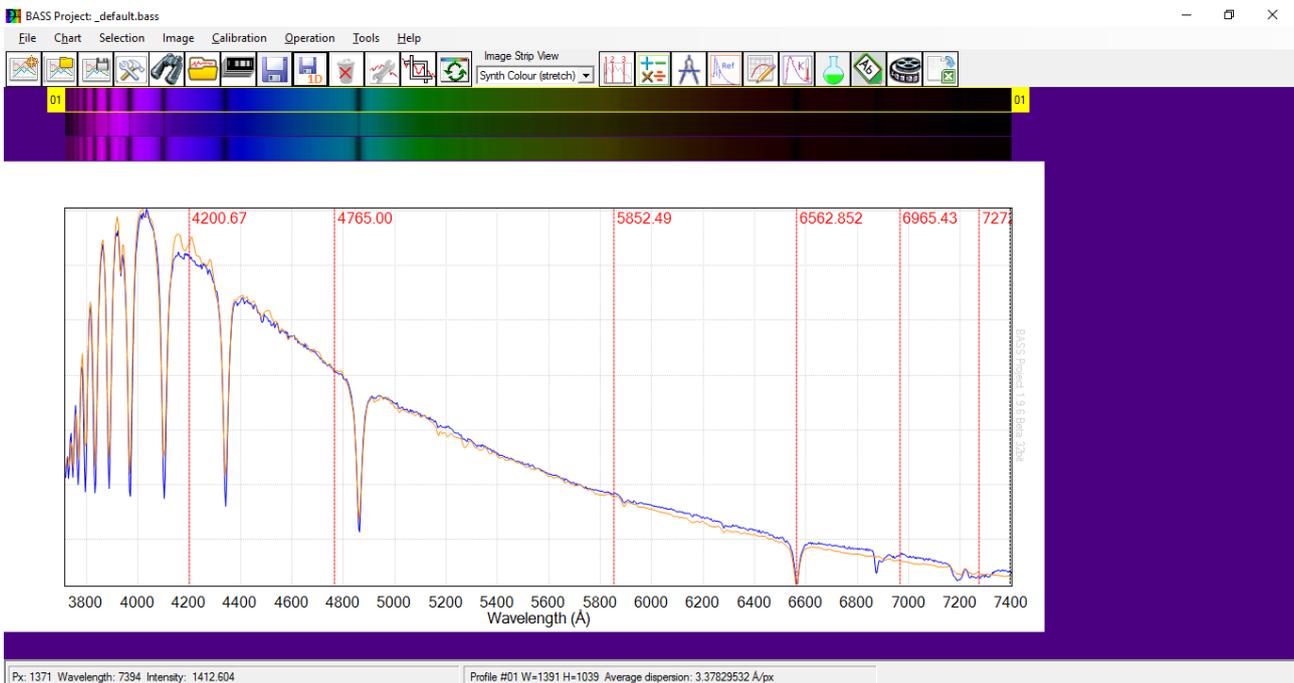
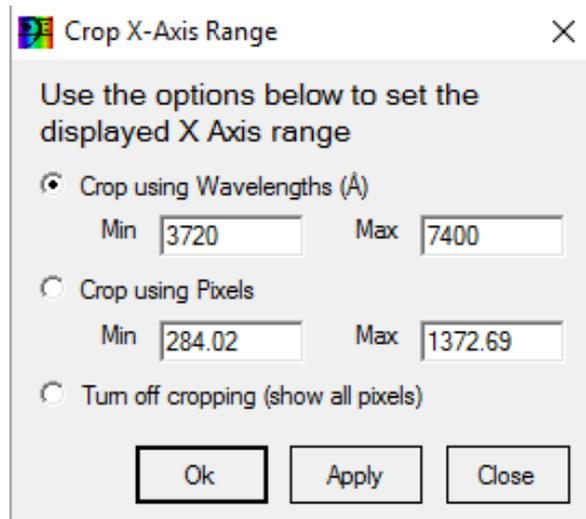
## 7 – Recortar el Espectro

Por defecto, el espectro incluye regiones que no son precisas debido a las limitaciones de nuestro equipo (telescopio, espectrógrafo, cámara, ...) y a la atmósfera. Es una buena práctica recortar el espectro a la región de longitud de onda que deseamos analizar.

Menú: Gráfico -> Recortar rango del eje X

Menu: Chart -> Crop X-Axis range

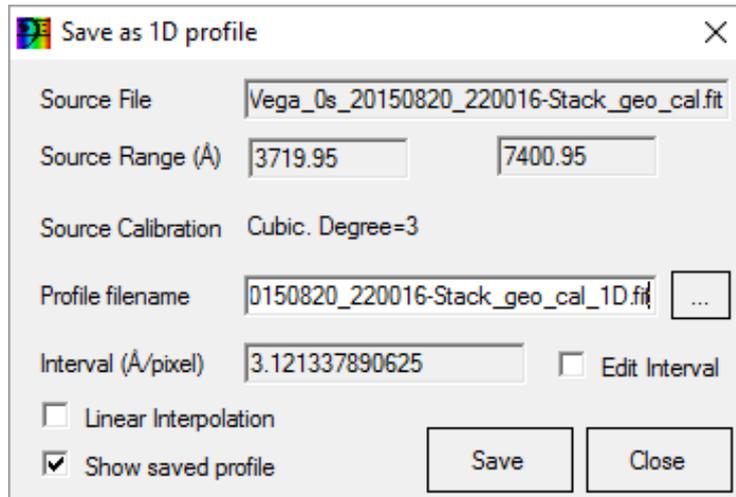
Rellenamos manualmente el rango de recorte.



## 8 - Guardando el Espectro

Es una práctica estandarizada guardar el espectro terminado como un archivo de ajuste 1D o un archivo dat 1D. El espectro se compone simplemente de valores de longitud de onda e intensidad, por lo que no necesita la imagen 2D de su espectro una vez que lo haya procesado. Esto permitirá compartir el espectro y abrirlo en otros paquetes de espectroscopia.

Menú: Archivo -> Guardar como perfil 1D



## 9 - Configuración de BeSS / BAA

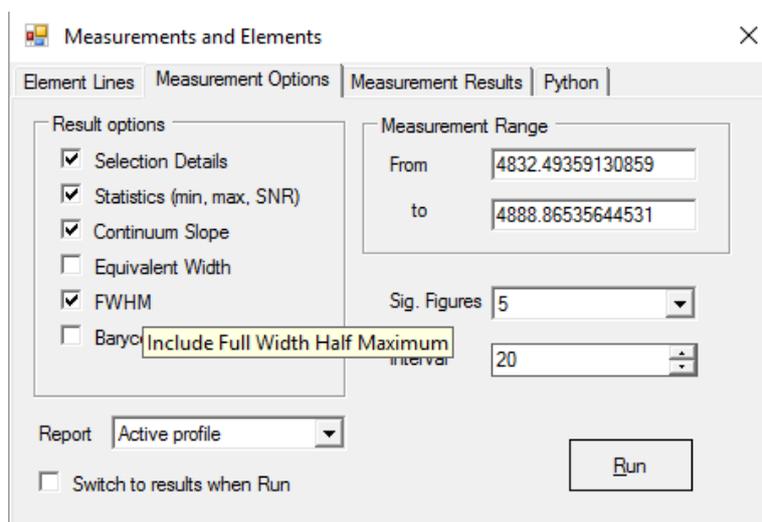
Los archivos de espectro de buena calidad se pueden enviar a bases de datos como BAA, BeSS y ARAS. Todos estos necesitan espectros para guardarse como archivos del mismo formato. Este formato es archivos de ajuste 1D que cumplen con el estándar BeSS, lo que básicamente significa que se completan ciertos campos de encabezado de ajuste. BASS tiene un menú para completar estos campos para que sea sencillo crear archivos compatibles.

### a. Elaborando la resolución

Antes de continuar, necesitamos saber la resolución del espectro. La forma más fácil de calcular esto es abrir el espectro de neón calibrado en su longitud de onda. Para medir la resolución, haga clic en el siguiente elemento del menú:

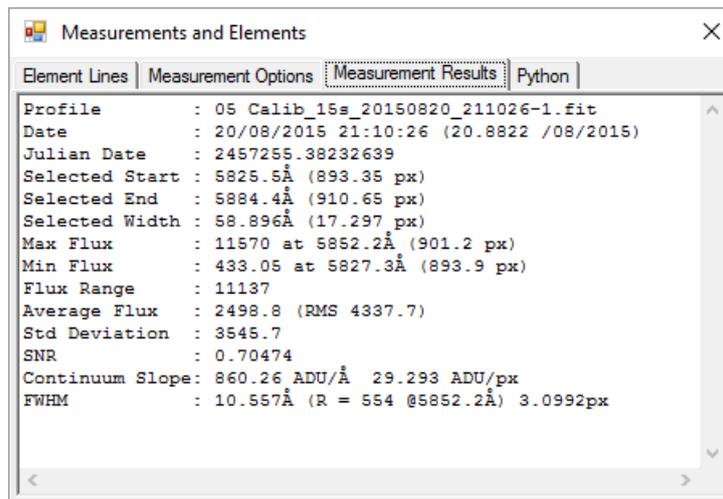
Menú: Herramientas -> Medidas y Elementos

En Opciones de medición, marque FWHM. Esto significa ancho completo a la mitad del máximo, una medida del ancho de una línea espectral.



Seleccionamos una línea clara y brillante cerca de la mitad del espectro de neón. Presionamos y arrastramos el cursor de izquierda a derecha a lo largo de la línea espectral.

Luego observamos la ventana de resultados de la medición.



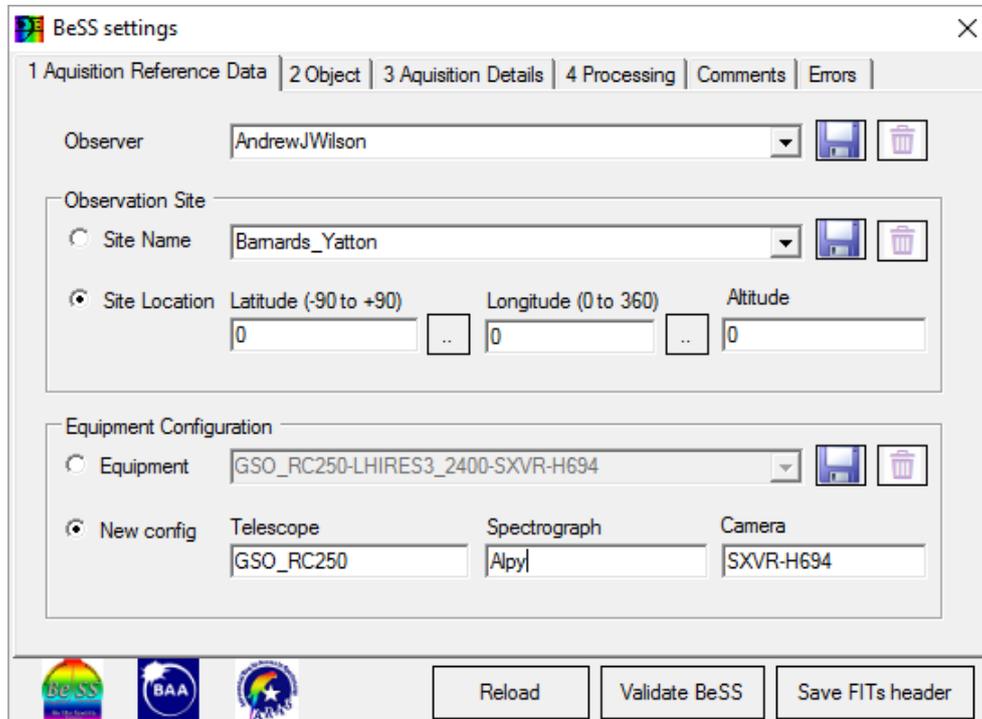
El FWHM da los números que precisábamos, son el valor R y la longitud de onda, entonces 554 y 5852.2.

## b. Rellenar la configuración de BeSS

Seleccionamos el archivo de espectro 1D y luego usamos el menú.

Menú: Imagen -> Configuración de BeSS

La primera pestaña se puede completar de la siguiente manera con los datos:



The screenshot shows the 'BeSS settings' window with the following configuration:

- Observer:** AndrewJWilson
- Observation Site:**
  - Site Name: Bamards\_Yatton
  - Site Location:
    - Latitude (-90 to +90): 0
    - Longitude (0 to 360): 0
    - Altitude: 0
- Equipment Configuration:**
  - Equipment: GSO\_RC250-LHIRES3\_2400-SXVR-H694
  - New config:
    - Telescope: GSO\_RC250
    - Spectrograph: Alpy
    - Camera: SXVR-H694

At the bottom of the window, there are three logos (BeSS, BAA, and a star logo) and three buttons: 'Reload', 'Validate BeSS', and 'Save FITs header'.

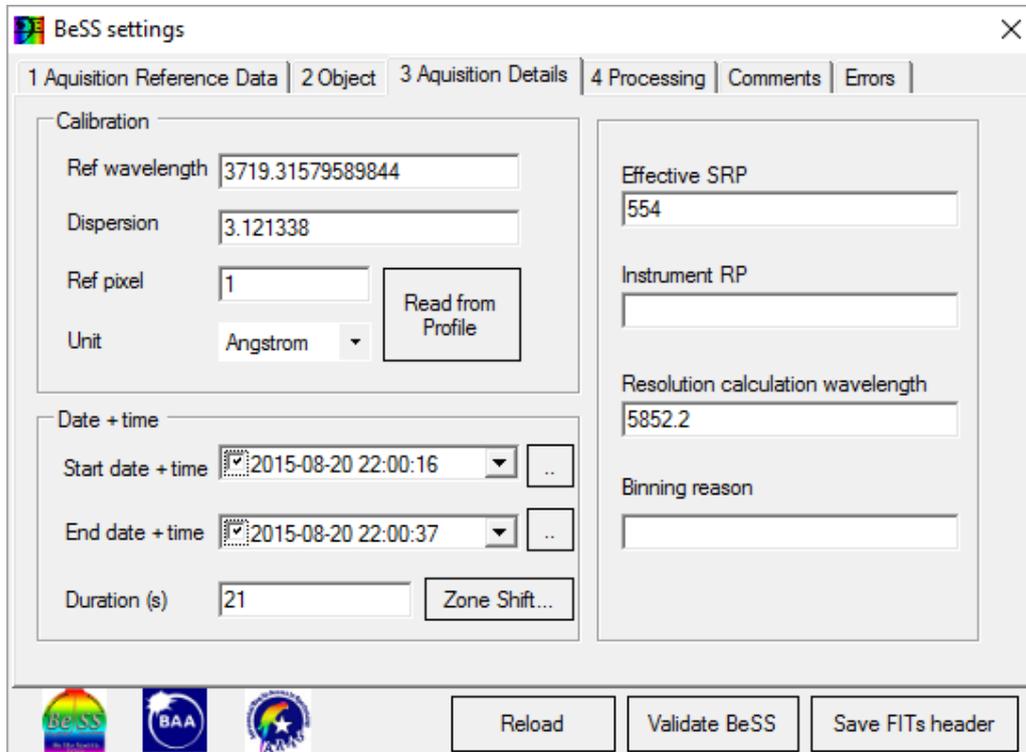
La siguiente pestaña solo necesita el nombre del objeto. Otros detalles pueden ser útiles pero no son necesarios para las bases de datos BeSS, BAA o ARAS.

The image shows a software window titled "BeSS settings" with a close button (X) in the top right corner. The window has a tabbed interface with five tabs: "1 Aquisition Reference Data", "2 Object", "3 Aquisition Details", "4 Processing", "Comments", and "Errors". The "2 Object" tab is currently selected. Inside this tab, there is a section titled "Object" containing several input fields and buttons. The "Object name" field is selected with a radio button and contains the text "Vega". To its right is a "Simbad" button and a blue hyperlink "View Simbad". Below this, there is an unselected radio button for "Specify Object Location". Underneath are three input fields: "RA (degrees)", "DEC (degrees)", and "Equinox 2000". To the right of the RA and DEC fields are buttons labeled "RA..." and "DEC...". Below the RA/DEC fields are two unchecked checkboxes: "Equinox 2000" and "FK5 Coordinates". At the bottom of the "Object" section are three more input fields: "Spectral type", "Proj. rotational. velocity", and "Visual Magnitude". At the bottom of the entire window, there are three logos on the left: BeSS (with a rainbow), BAA (with a blue circle), and ARAS (with a blue circle and star). To the right of the logos are three buttons: "Reload", "Validate BeSS", and "Save FITs header".

La tercera pestaña necesita los detalles de la adquisición.

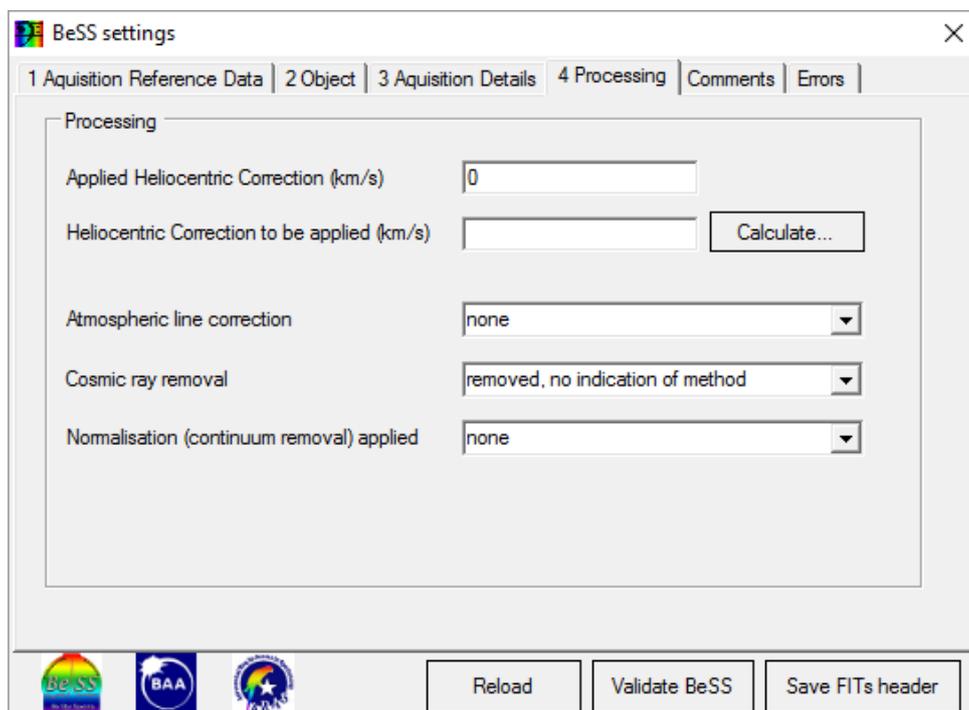
Usamos el botón "Leer del perfil" para completar los datos de calibración.

Luego introducimos el "SRP efectivo" y la "Longitud de onda de cálculo de resolución" del cálculo de resolución anterior.



La cuarta pestaña llamada "Procesamiento" normalmente se puede completar de la siguiente forma.

No se debe aplicar ninguna corrección heliocéntrica al enviar a las bases de datos a menos que se haya solicitado específicamente.



Presionamos el botón "Validar BeSS".

Suponiendo que no haya problemas indicados por la validación, presionamos "Guardar encabezado FIT". El encabezado Guardar FITS actualiza el archivo de ajustes 1D, por lo que no es necesario volver a guardar el archivo.

Ahora se puede cerrar la ventana de configuración de BeSS.

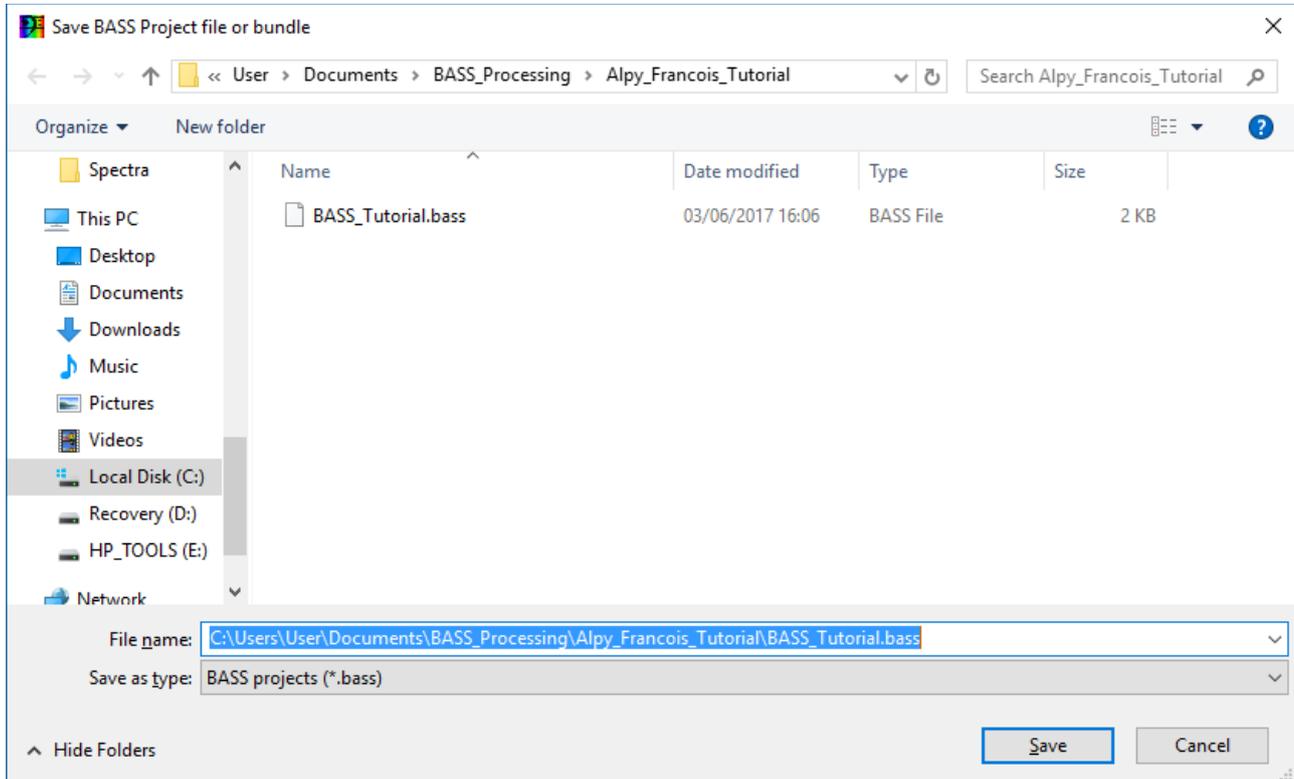
A continuación, podemos enviar este archivo a una base de datos como la base de datos de espectroscopia de BAA, BeSS y ARAS. Tenga en cuenta que no todas las bases de datos están interesadas en todos los objetos, por ejemplo, BeSS es solo para las estrellas Be y Herbig Ae/Be. También debemos asegurarnos de que el espectro procesado sea de buena calidad.

## 10 - Creación de archivos .bass y .bun de su sesión

BASS tiene una función muy útil que le permite crear un archivo de proyecto o un paquete que contiene todas sus imágenes, espectros y configuraciones. Los archivos de paquete son especialmente útiles si algo va mal con el proceso de reducción, ya que se pueden usar para compartir la sesión BASS con otros usuarios para que puedan brindarle ayuda.

Para guardar la sesión BASS:

Menú: Archivo -> Guardar proyecto



Esta pantalla tiene la opción de guardar como 2 tipos de archivos:

- .bass
- .bun

### **.bass**

Guarda un archivo de proyecto para su sesión que contiene su configuración y enlaces a las imágenes y perfiles de espectro almacenados en su computadora. Entonces, cuando vuelva a abrir un archivo .bass, volverá a abrir todas las imágenes y espectros desde su ubicación original en su computadora. Esto es bueno para uso personal ya que no duplica los archivos, y cualquier cambio que realice actualizará esos mismos archivos.

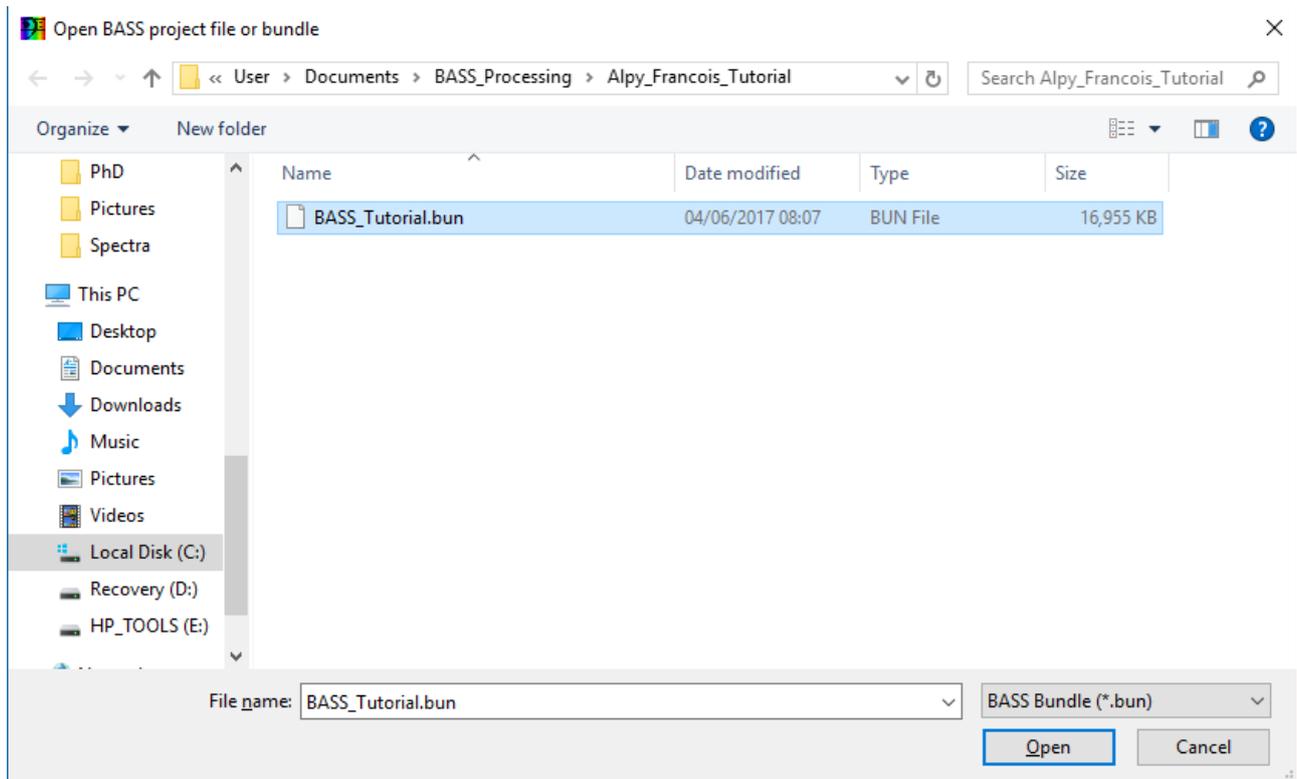
### **.bun**

Creará un archivo de paquete que contiene todas sus imágenes y perfiles de espectro en el archivo .bun, así como todas sus configuraciones. Cuando abra un archivo .bun, extraerá las imágenes y los perfiles de espectro en una nueva carpeta de su elección. Es una buena idea guardar un archivo .bass antes de crear un archivo .bun.

Para abrir un proyecto:

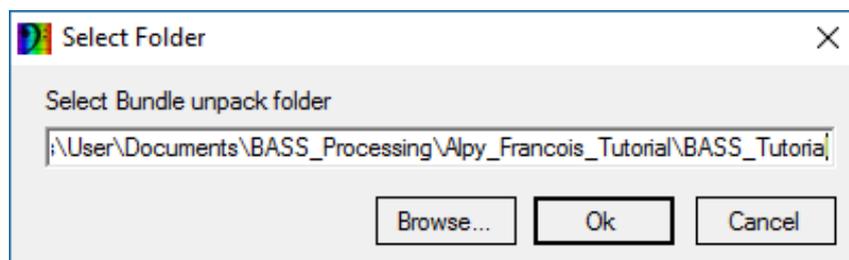
Menu: Archivo → Abrir Proyecto

Menu: File -> Open Project



El menú desplegable en la parte inferior izquierda permite elegir entre un proyecto (.bass) o un archivo de paquete (.bun).

Si seleccionamos un archivo de paquete, el programa preguntará dónde deseamos desempaquetar el paquete. Esto creará copias de todas sus imágenes, espectros y configuraciones en esa carpeta. De forma predeterminada, la carpeta será el nombre del archivo Bun, pero podemos elegir una carpeta diferente con el botón de exploración.



Una vez desempaquetado, BASS abrirá todas las imágenes y perfiles de espectro de la nueva carpeta. Por lo tanto, esto no se vinculará con las copias originales de las imágenes y espectros. A continuación se muestra un ejemplo de un paquete desempaquetado.

