

Instituto de astronomía

Publicaciones Técnicas



“Manual de Usuario”

MU-2009-01

MANUAL DE USUARIO DEL ESPECTRÓMETRO DEL OAN.

J.M. Núñez, J. A. López, J. Meaburn, G. Sierra, J. Valdez, G. Guisa, B. García, A. Córdova y B. Martínez.

MANUAL DE USUARIO DEL ESPECTRÓMETRO DEL OAN

J. M. Nuñez, J. A. López, J. Meaburn, G. Sierra, J. Valdez, G. Guisa, B. García, A. Córdova y B. Martínez.

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Astronomía, Observatorio Astronómico Nacional.

RESUMEN

En este reporte se presenta una guía de uso del espectrómetro, el cual fue construido para la caracterización de filtros en el Observatorio Astronómico Nacional de la Sierra de San Pedro Mártir. Este espectrómetro tiene como ventaja caracterizar filtros angostos del orden de 10 Amstrongs de ancho de banda espectral a media altura.

1.- INTRODUCCIÓN

Este instrumento fue creado con el objetivo de poder caracterizar filtros in “situ” de manera periódica en el observatorio Astronómico Nacional (OAN). El OAN cuenta con más de 80 filtros que son usados en los diferentes instrumentos astronómicos que operan de manera conjunta con los telescopios del OAN. Cubre un rango espectral de 4100 hasta 10041 Å y permite probar filtros angostos con ancho de banda a media altura (del inglés Full Width at Half Maximum o FWHM) del orden de 10 Å hasta filtros del orden de 250 Å.

El instrumento consta de dos módulos que se encuentran conectados de manera permanente a través de una fibra óptica, la única forma de separarlos es desconectando la fibra, pero esto se logra abriendo las tapas laterales de unos de los módulos, lo cual no está permitido para el usuario.

Además el instrumento cuenta con una computadora portátil (Sistema Windows XP, Disco Duro de 9 GB, Procesador Intel Petium III, 500MHz, 256MB en RAM) la cual también está conectada de manera permanente al instrumento, ya que es usada para controlar la cámara CCD (conexión por puerto de impresora) y para guardar los espectros. El programa que se utiliza para controlar la cámara CCD es MAXIM-DL (software que se compró la licencia de descarga). Para el análisis de los espectros nosotros hemos usado el software IRAF.

En la siguiente sección se describe paso a paso su procedimiento de uso. Este manual también incluye 7 apéndices con información de diagrama óptico del instrumento, sensibilidad del CCD, 3 ejemplos del uso del espectrómetro y algunos espectros obtenidos durante la calibración del espectrómetro.

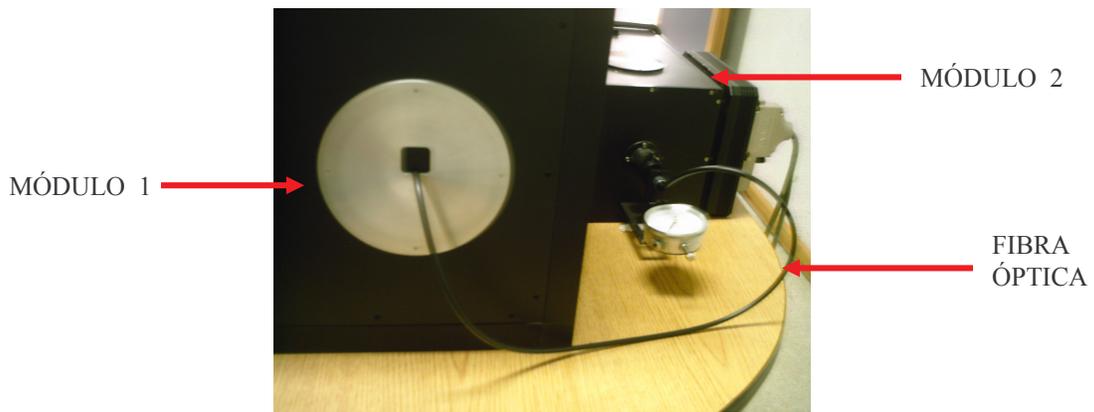
2.- PROCEDIMIENTO DE USO DEL ESPECTRÓMETRO

Paso 1: Identificación de las partes que conforman el instrumento. El Módulo1 contiene el sistema de iluminación y el Módulo 2 contiene el espectrómetro; en la figura 1 se muestra una fotografía de ambos módulos, los cuales están comunicados entre sí por medio de una fibra óptica que es el conducto por el cual viaja la luz de un módulo a otro. En el apéndice 1 se muestra el diagrama óptico de ambos módulos.

Paso 2: Verifique que los cables de alimentación de: la lámpara de halógeno, lámpara de Cobre-Argón (CuAR), de la cámara CCD y la computadora estén conectados a la línea de 110V (ver figura 2).



A)



B)

Figura 1.- Instrumento: A) Sistema de iluminación (Módulo 1), sistema de dispersión y detección (Espectrómetro, Módulo 2) B) Vista posterior que muestra la conexión vía fibra óptica entre los módulos.



Figura 2.- Fuentes de alimentación de las lámparas de Cobre-Argón (F_1) y Halógeno (F_2).

Paso 3: Estabilidad de la fuente de iluminación (lámpara de halógeno).

La lámpara de halógeno es usada para iluminar el filtro que queremos probar, y la estabilidad de la fuente se muestra en la gráfica de la figura 3. Como podemos ver después de 20 minutos de encendida la lámpara tiene mayor estabilidad.

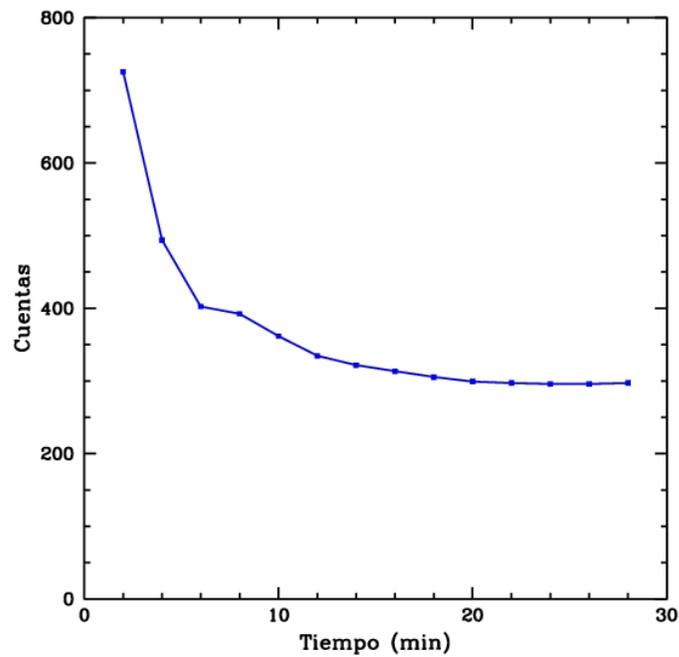
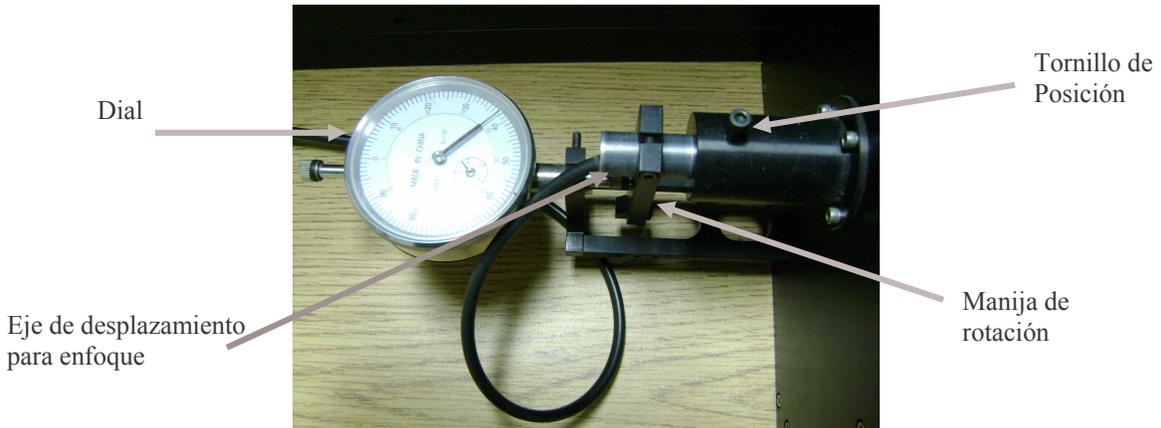


Figura 3.- Gráfica que muestra la estabilidad de la lámpara de Halógeno. Número de cuentas de intensidades en función del tiempo.

Paso 4: Verifique que el dial (ubicado en el módulo 2) se encuentre en la posición 37.63 milésimas de pulgadas, ya que este determina la posición del mejor foco encontrado (ver figura 4). Este no debe de moverse, en caso de que presente otra lectura diferente verificar si las líneas espectrales obtenidas aparecen muy gruesas o dobles, si ese es el caso comunicarse con el responsable del instrumento.



A)



B)



C)

Figura 4.- A) Sistema mecánico de desplazamiento y rotación para definir posición axial (enfoque) y orientación de la rendija. B) Dial usado para la lectura de posición del foco y c) Ubicación en el módulo 2.

Paso 5: Para acceder al software que controla la cámara CCD, dar un doble click en el icono "MaxIm-DL" que se encuentra en el panel principal del monitor de la LAPTOP, ver figura 5.



Figura 5.- Icono usado para activar el programa que controla la cámara CCD.

Paso 6: Una vez que entramos en el programa Maxim DL, ir a la opción "VIEW" de la cual se deriva una barra de opciones, elegimos la opción "CCD Control Window," Ver figura 6.

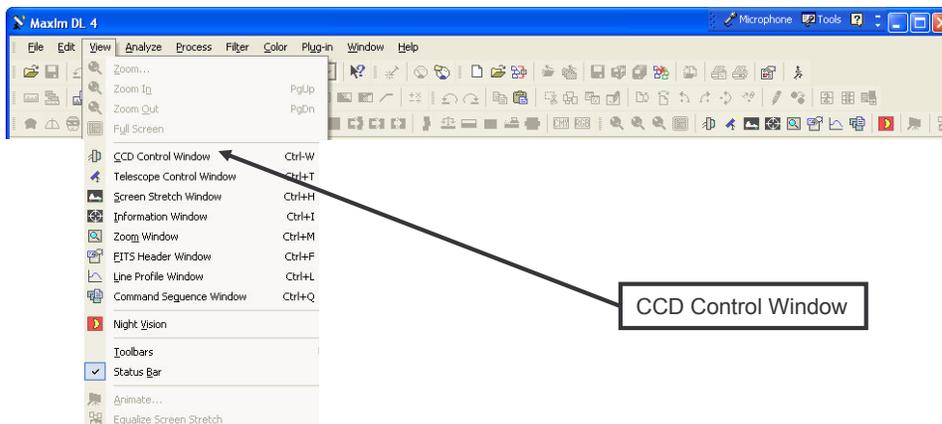


Figura 6.- Ventana que muestra la forma de elegir el control del CCD, usando el software MaxIm DL 4.

Paso 7: Una vez que se activa la ventana del CCD, ir a la opción de "SETUP", presionar la opción "CONNECT" y posteriormente presionar la opción "COOLER ON", para activar el sistema de enfriamiento de la cámara CCD, Ver figura 6.

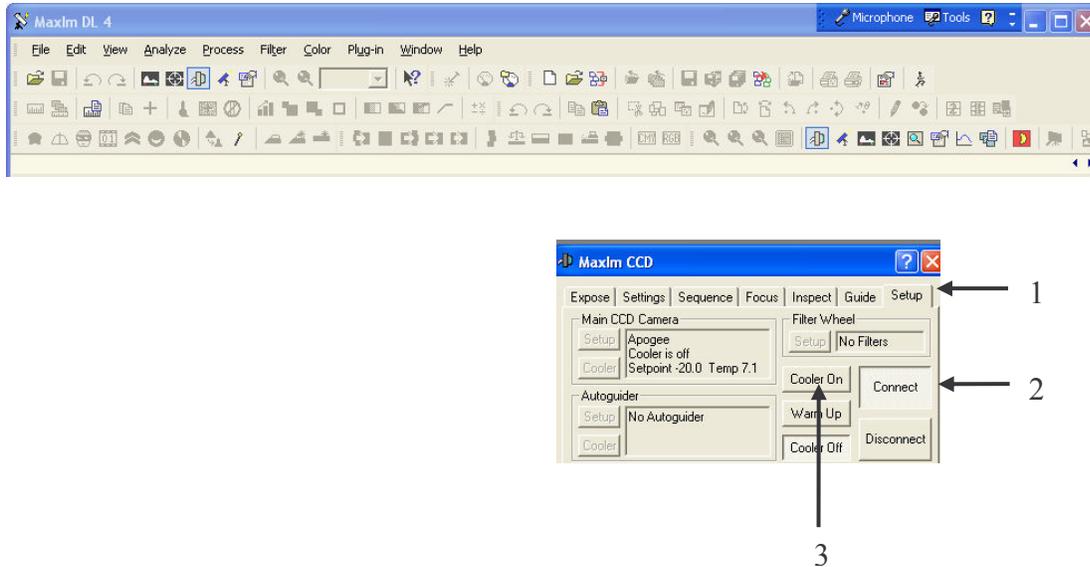


Figura 7.- Muestra la pantalla del programa MAXIM-DL durante la activación de la cámara CCD Apogee con la que se toman las imágenes.

Paso 8: Para tomar imágenes ir a la opción de "FOCUS" (ver figura 8), el cual esta personalizado para el uso con el espectrómetro (ver tabla 1). Este ya contiene estos valores.

Tabla 1.- Parámetros para el CCD usando la opción FOCUS	
CCD	Activado
GUIDER	Desactivado
Tiempo de Exposición	En segundos y depende de la posición de la ventana.
Binnig	1
Delay	0
Fast	Activado
Dark	Activado
Continuous	Desactivado
SUBFRAME	
LEFT	293
WIDTH	208
TOP	0
HEIGHT	511

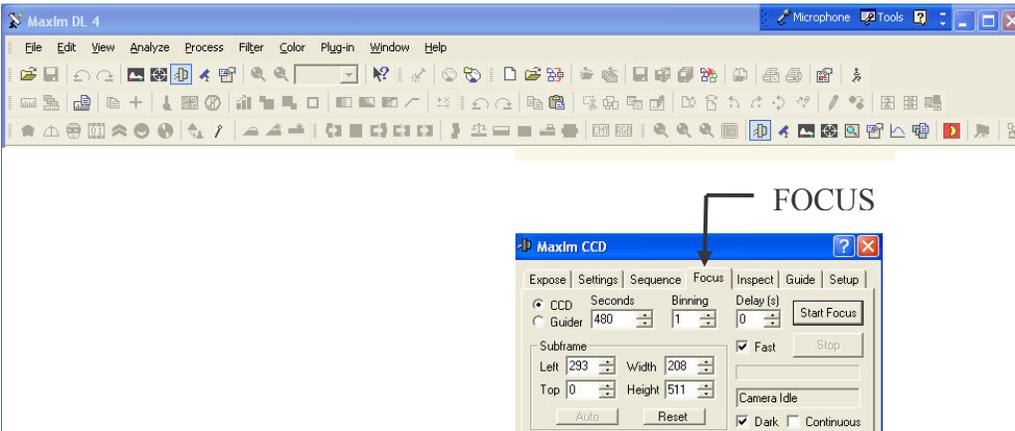


Figura 8.- Muestra pantalla del programa MAXIM-DL previo a tomar imágenes usando la opción de “FOCUS”.

Paso 9: Elección del rango espectral dependiendo del filtro que se desea evaluar.

Es importante tomar en cuenta que el espectro sufre desplazamientos en función de la temperatura por lo que es necesario tomar un espectro usando la lámpara de Cobre-Argón (Se debe de insertar el divisor de haz en la ranura, lo mantenemos afuera ya que esta aluminizado, ver figura 11A). Una buena aproximación de la ventana espectral la podemos obtener del atlas de espectros obtenidos durante la calibración del espectrómetro (ver carpeta que se anexa al espectrómetro).

Cada gráfica contiene la siguiente información:

Intervalo del espectro de la ventana: Esta se encuentra en la parte inferior del gráfico y está definida por el Valor inicial, V_i , y el valor final, V_f , ambos valores en unidades de amstrongs (Ver figura 9).

Posición del desplazador micrométrico: Esta define la posición angular de la rejilla de difracción, y se encuentra en la parte superior del gráfico (contenida dentro del nombre de la imagen) es un número de dos dígitos seguidos de una letra “p” y continúan dos dígitos más (Ver figura 9).

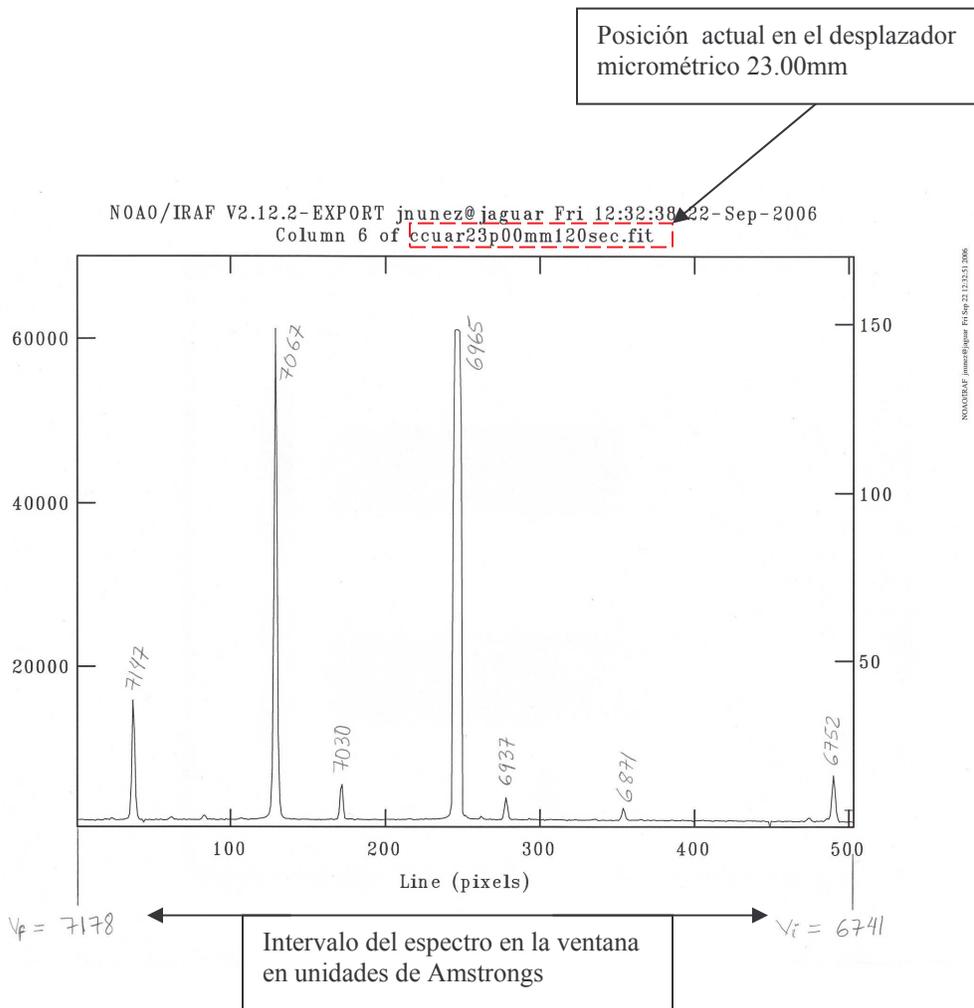


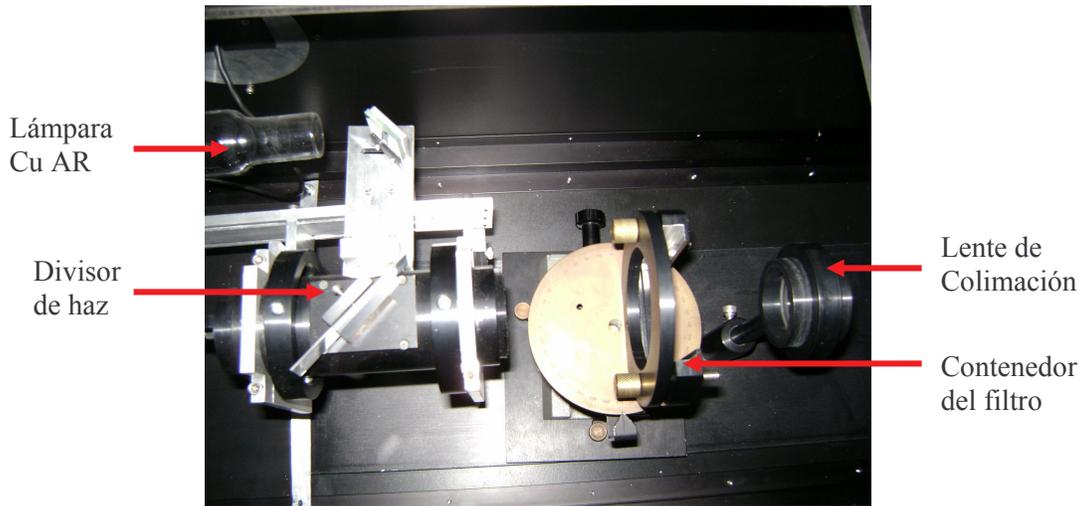
Figura 9.- Grafica que muestra las intensidades correspondientes a la ventana con posición del desplazador micrométrico de 23.00mm y al intervalo espectral de 6741 a 7178 Amstrongs.

El desplazador micrométrico físicamente se encuentra en el módulo 2 (ver figura 10), y al girar la perilla permite posicionarse en la ventana espectral deseada. El micrómetro tiene una resolución lineal de 10µm.

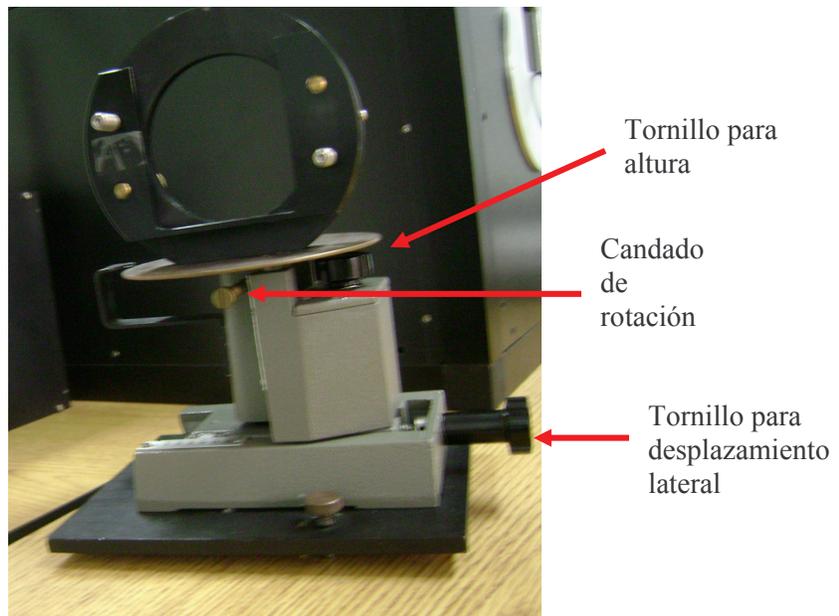


Figura 10.- Desplazador micrométrico, usado para inclinar la rejilla de difracción y poder seleccionar la ventana espectral deseada.

Paso 10: La parte superior del módulo 1, contiene una pequeña puerta para acceder al contenedor del filtro, donde se colocará dicho filtro a evaluar (ver figura 11). Para el caso de los filtros interferométricos, deberán ser colocados con el lado del filtro que tiene apariencia de espejo viendo hacia la lámpara de halógeno. La montura del contenedor de filtros tiene tres grados de libertad: altura, desplazamiento y rotación (Contiene una placa graduada para medir la posición angular, para que la montura este perpendicular al haz colimado debe de ser 0 grados).



A)



B)

Figura 11.- A) Ubicación del contenedor de filtros dentro del módulo 2 y B) Vista ampliada del Contenedor de filtros.

Paso 11: Con la opción "START FOCUS", se inicia la adquisición de la imagen y se despliega en la pantalla, ver figura 12. El tiempo de integración depende de la sensibilidad del CCD. En el apéndice 2, se muestra la eficiencia del CCD Apogee AP7P.

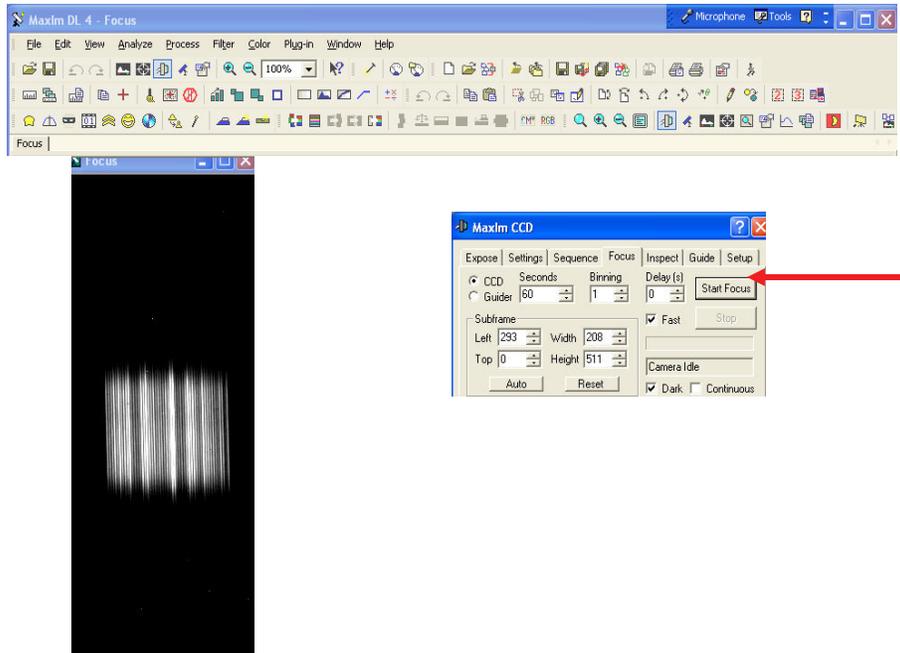


Figura 12.- Muestra pantalla del programa MAXIM-DL después de adquirir una imagen usando la opción "FOCUS".

Paso 12: Graficar el espectro obtenido, en este caso hemos usado el IRAF, con el comando “implot” (ver apéndice 3), ver la figura 13.

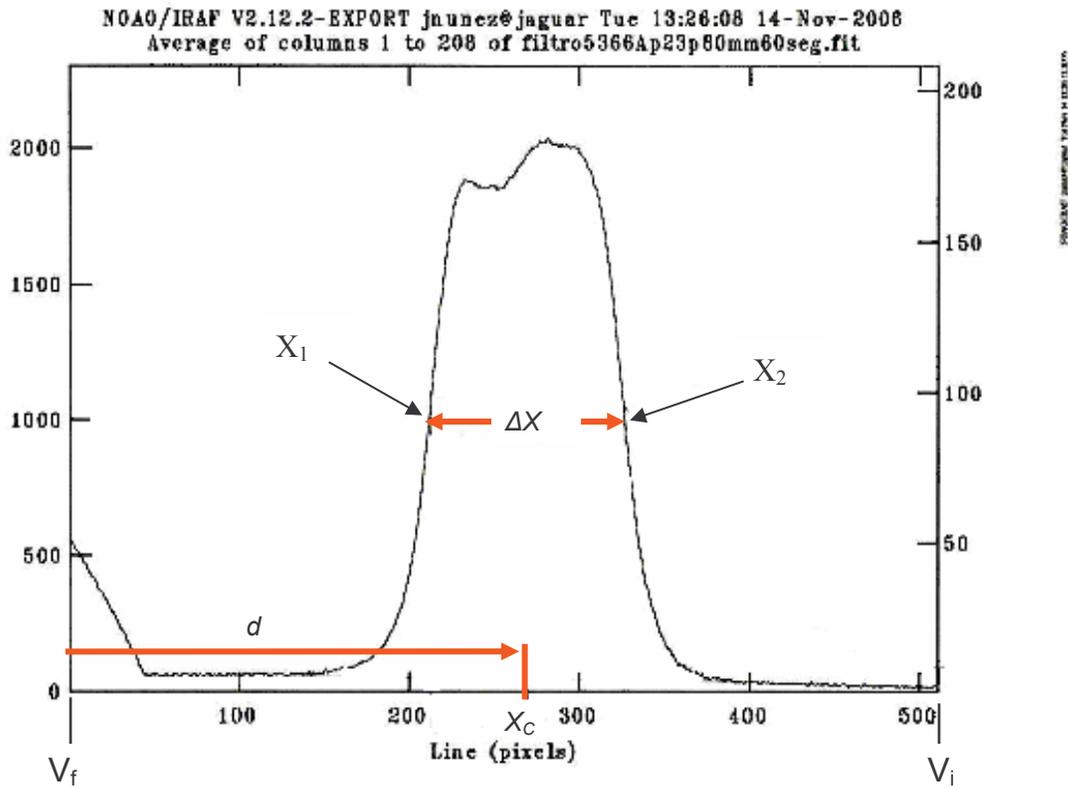


Figura 13.- Gráfica que muestra las mediciones necesarias para realizar la evaluación del filtro.

Paso 13: Evaluación del Filtro a partir del espectro obtenido.

13.1.- Se grafica el espectro obtenido como el mostrado en la figura 13 y la Medición del ancho a media altura del espectro (unidades de amstrongs), se lleva acabo utilizando la siguiente ecuación

$$FWHM = (X_2 - X_1) * E_p = \Delta X * E_p \quad (2)$$

donde E_p es la escala del píxel con valor de 0.87 Amstrongs/píxel.

13.2.- El centro del espectro es calculado usando la siguiente ecuación

$$X_C = V_f - (X_1 + \frac{\Delta X}{2}) * E_p \quad (3)$$

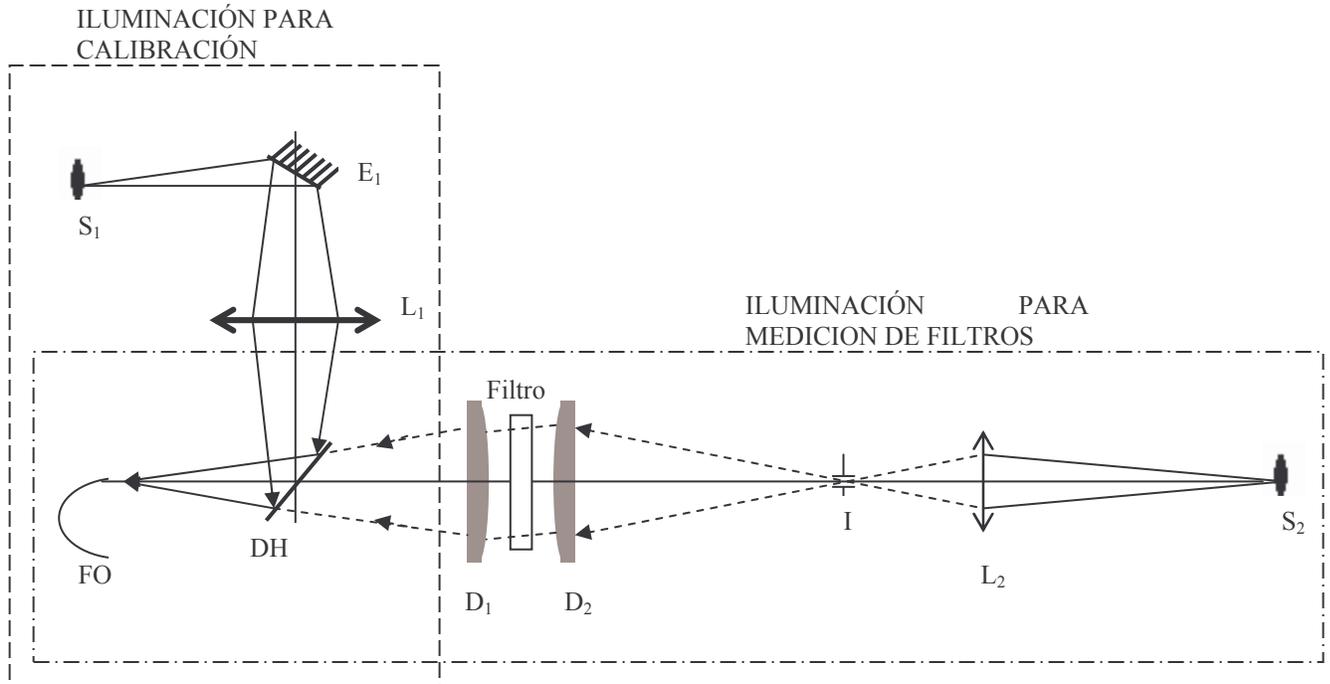
En los apéndices 4, 5 y 6 se muestran ejemplos de uso del nuevo instrumento. En el apéndice 7 se incluyen algunos gráficos de espectros de la lámpara de Cu-Ar obtenidos durante la calibración del espectrómetro y su correspondiente espectro simulado que obtuvimos usando el programa hecho por NOAO. El atlas completo de gráficos de espectros obtenidos durante la calibración y su correspondiente espectro simulado se encuentran en la carpeta anexa al espectrómetro.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Thorne A., Litzén U. and Johansson S., “Dispersive Spectrometers: Prisms and Gratings” in *Spectrophysics Principles and applications*, ed. Springer, Berlin, Chap. 12 (1999).
- 2.- Hutley M.C., “The use of gratings in spectroscopic instruments” in *Difraction Gratings*, Ed. Academic Press, New York, Chap. 3 (1982).
- 3.-Palmer C. , “The physics of diffraction gratings” in *Difraction gratings handbooks*, ed. Richardson Grating Laboratory, New York, Chap. 2 (1996).
- 4.- William Wolfe, “Spectrometers” in *Handbook of Optical Engineering*, ed. D. Malacara Marcel Dekker, New York, Chap. 9 (2001).
- 5.- <http://www.astrossp.unam.mx/estandar/standards/index.html>

APÉNDICE 1 (DIAGRAMAS DEL INSTRUMENTO)

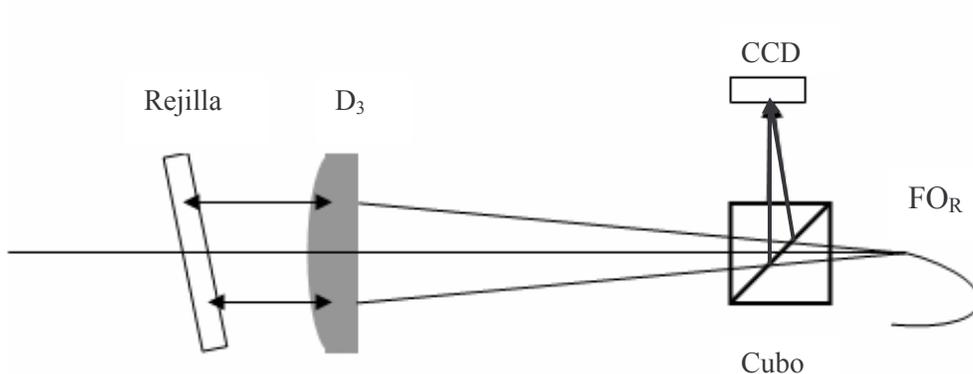
A1.1.- MÓDULO 1



Donde:

S_1	Fuente de Cobre-Argón
E_1	Espejo plano
L_1, L_2	Lentes convergentes
DH	Divisor de haz
FO	Fibra óptica
D_1, D_2	Dobletes
I	Iris
S_2	Lámpara de halógeno

A1.2.- MÓDULO 2



- D₃** Doblete (Colimador)
- FOR** Fibra óptica con salida de ranura (slit).
- CCD** Cámara CCD
- Rejilla** Rejilla de dispersión
- Cubo** Cubo (divisor de haz)

Tabla 1.- Características técnicas de los elementos que conforman el instrumento.

Elemento	Características técnicas
Cubo (divisor de haz)	50x50mm
Divisor de haz (Porta objeto)	Rectangular, 16x75mm
Espejo Plano	Cuadrado, 25x25mm
Lente Convergente L ₁	D=21mm, f=50mm
Lente Convergente L ₂	D=17mm, f=70mm
Doblete acromático D ₁	D=40mm, f=110mm
Doblete acromático D ₂	D=40mm, f=195mm
Doblete acromático D ₃	D=40mm, f=442mm
Rejilla	600 líneas/mm
Desplazador micrométrico	Resolución: 0.01mm
Palpador micrométrico analógico	Resolución: 0.001 in
Fibra óptica	Entrada: Circular (D=50μm) Salida: Ranura (Ancho=50μm y Largo=3mm)
Lámpara de Cobre-Argón	I=6-9 mA (Corriente de operación)
Lámpara de halógeno	P=10W (Potencia)
Cámara CCD	Apogee AP7p 512x512 pixeles Píxeles cuadrados de 24μm Area total del sensor:12.3x12.3mm

APÉNDICE 2 (SENSIBILIDAD DEL CCD “APOGEE AP7P”)

En la figura A2 se muestra la gráfica de la sensibilidad en función de la longitud de onda para la cámara CCD Apogee AP7P.

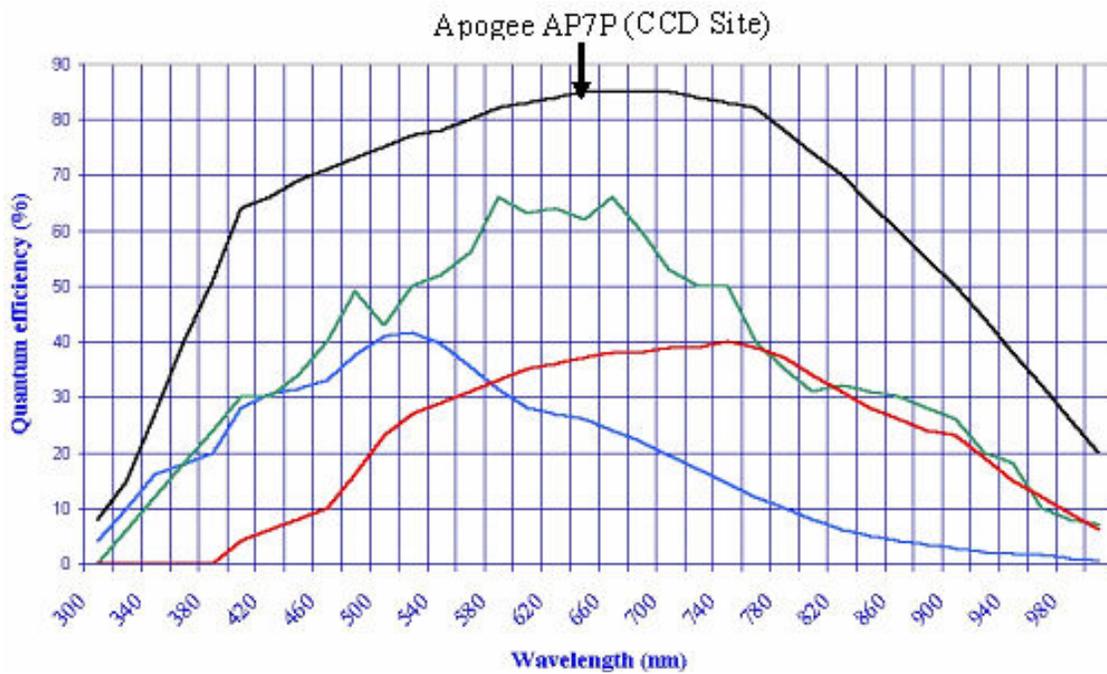


Figura A2.- Gráfica que muestra la sensibilidad de la Cámara CCD Apogee AP7P

APÉNDICE 3 (GUIA RAPIDA PARA GRAFICAR USANDO EL IRAF)

Una vez que nos encontramos dentro del IRAF damos:

```
cl> implot archivo.fits
```

/* Se desplegará el gráfico (ver figura A3.1) de intensidades (eje y) contra la posición en pixeles (eje x) */

Sobre el gráfico se pueden dar los siguientes comandos:

```
:c 1 511 /* Grafica la columna 1 (promedia las columnas 1 a 511) */
```

```
:y 0 2300 /* Define el limite inferior (0) y el limite superior (2300) del eje y */
```

```
:x 0 511 /* Define el limite inferior (0) y el limite superior (511) del eje x */
```

```
shift c (presionando simultáneamente)
```

/*Permite ver los valores de (x,y) en el cual se encuentra el cursor del mouse, estos se despliegan en la parte inferior izquierda del gráfico. */

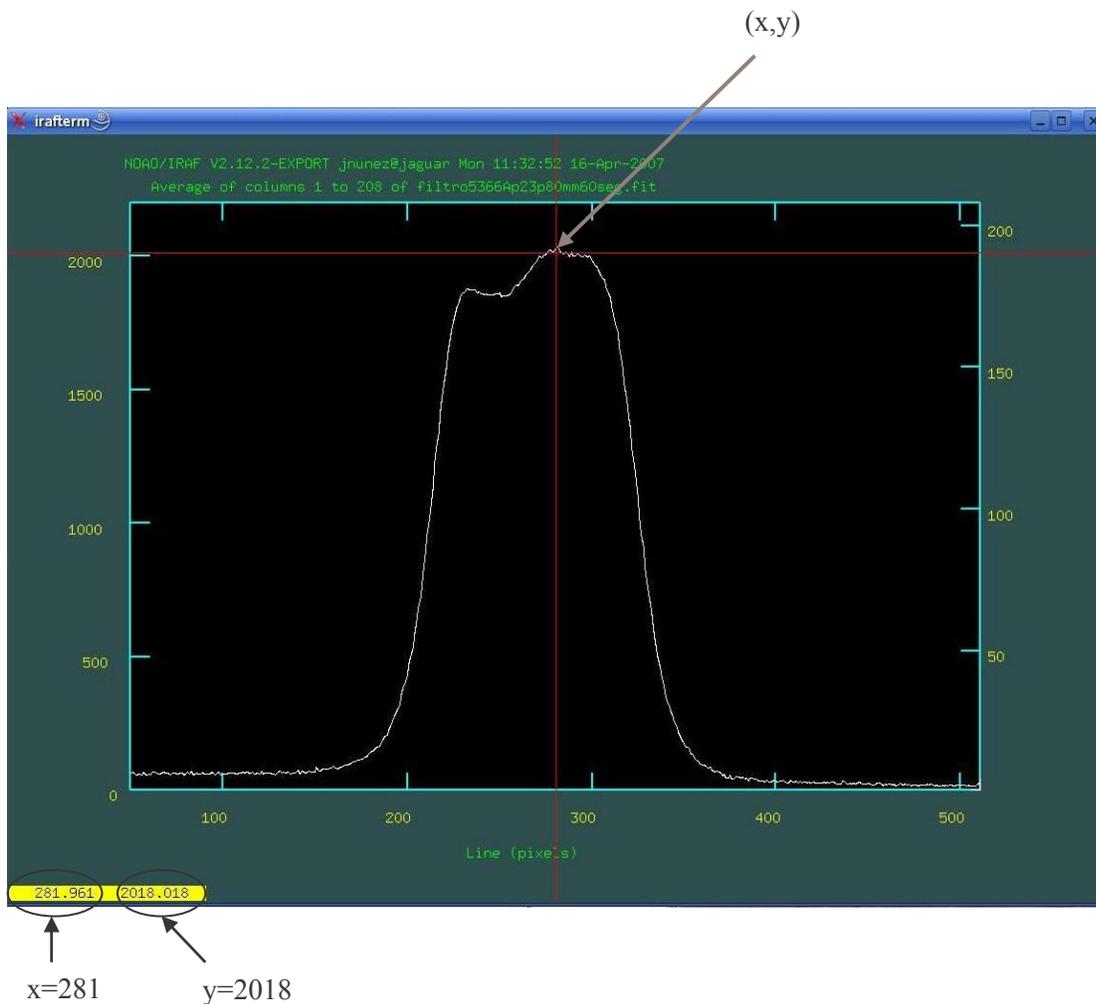


Figura A3.1.- Muestra el gráfico de intensidades obtenido usando el comando implot del IRAF, y señalando los datos importantes.

$$X_2 = 211 \text{ pix}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 = 114 \text{ pix}$$

$$d = X_1 + \frac{\Delta X}{2} = 268 \text{ pix}$$

$$FWHM = \Delta X * E_p = 114 * 0.87 = 99.18 \text{ \AA}$$

$$X_c = V_f - d * E_p = 6596 - (268 * 0.87) = 6362.84 \text{ \AA}$$

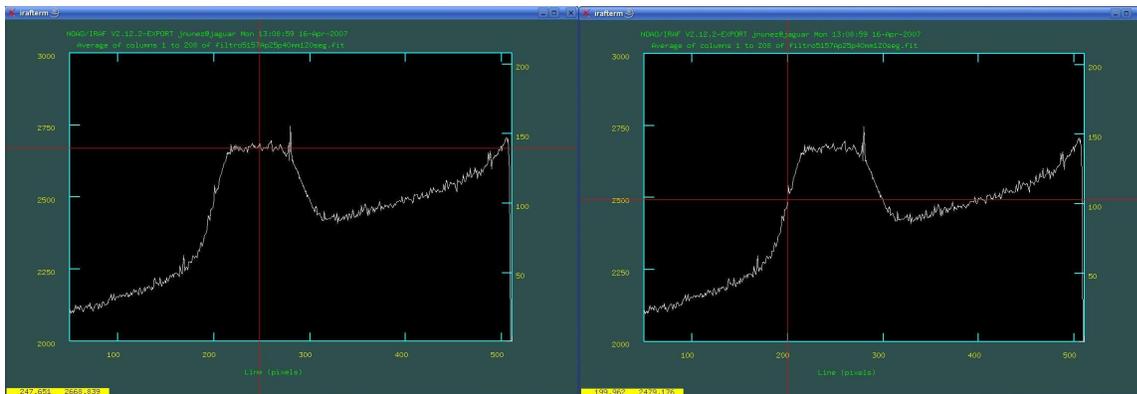
Para medir la transmisión porcentual se utilizó una máscara que contiene un agujero de 1cm de diámetro la cual fue colocada antes del filtro. Estas mediciones se realizaron después de 30 minutos de encender la lámpara de halógeno.

Tabla A4.1.- Valores medidos con el espectrómetro y comparación con los valores especificados por el proveedor.		
	Datos del Filtro (comerciales)	Valores medidos con el espectrómetro
Centro del Espectro	636.62 nm	636.28 nm
Ancho de Banda (50 %)	9.91 nm	9.92 nm
Transmisión porcentual	68.37 %	67.14 %

APÉNDICE 5

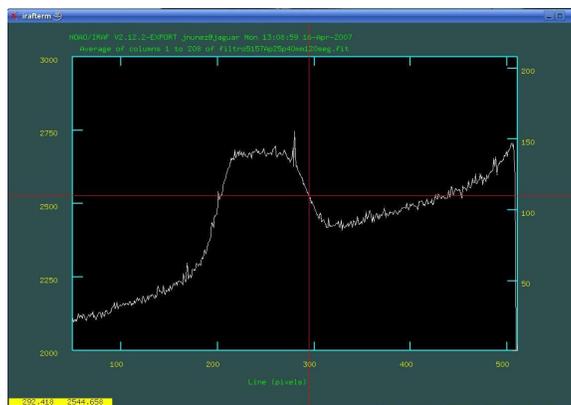
EJEMPLO 2: MEDICIÓN DE TRANSMITANCIA DE UN FILTRO.

Se desea evaluar un filtro interferométrico, la gráfica derivada del espectro obtenido se muestra en la figura A5.1, la escala de placa, E_p , fue de 0.87Amstrongs/pixel. Los resultados se muestran en la tabla A5.1.



a)

b)



c)

Figura A5.1.- Grafica obtenida del espectro correspondiente a un filtro interferométrico (color amarillo) durante su evaluación con el espectrómetro.

De la figura A5.1 se obtuvo:

$$X_1 = 199 \text{ pix}$$

$$X_2 = 292 \text{ pix}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 = 93 \text{ pix}$$

$$d = X_1 + \frac{\Delta X}{2} = 245 \text{ pix}$$

$$FWHM = \Delta X * E_p = 93 * 0.87 = 80.91 \text{ \AA}$$

$$X_C = V_f - d * E_p = 5369 - (245 * 0.87) = 5155.85 \text{ \AA}$$

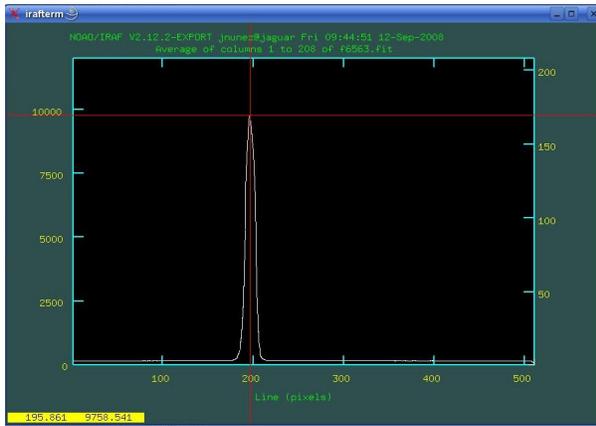
Para medir la transmisión porcentual se utilizó una máscara que contiene un agujero de 1cm de diámetro la cual fue colocada antes del filtro. Estas mediciones se realizaron después de 30 minutos de encender la lámpara de halógeno.

Tabla A5.1.- Valores medidos con el espectrómetro y comparación con los valores especificados por el proveedor.		
	Datos del Filtro (comerciales)	Valores medidos con el espectrómetro
Centro del Espectro	515.79 nm	515.58 nm
Ancho de Banda (50 %)	8.37 nm	8.09 nm
Transmisión porcentual	70.92 %	68.75 %

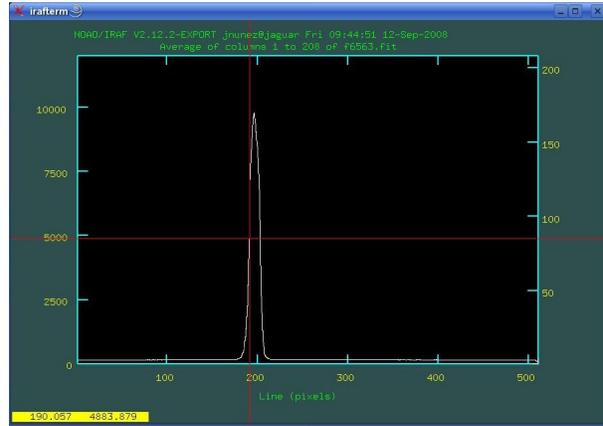
APÉNDICE 6

EJEMPLO 3: MEDICIÓN DE TRANSMITANCIA DEL FILTRO H α (6563).

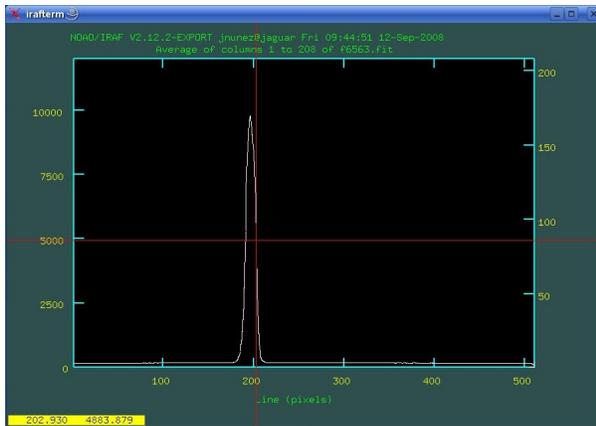
Se desea evaluar el filtro H α , que esta centrado en 6563Å la gráfica derivada del espectro obtenido se muestra en la figura A6.1, la escala del pixel, E_p , fue de 0.87Amstrongs/pixel. Los resultados se muestran en la tabla A6.1.



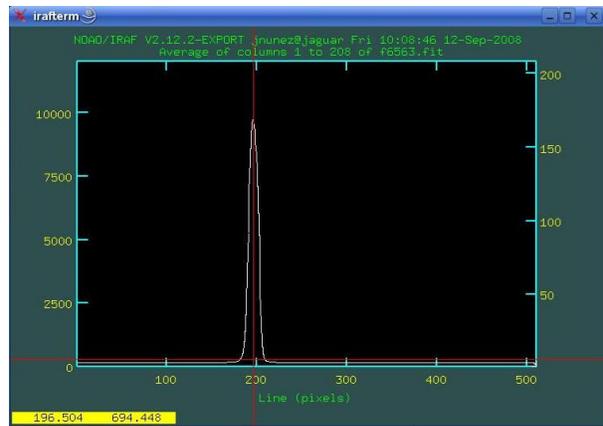
a)



b)



c)



d)

Figura A6.1.- Gráficas obtenidas del espectro correspondiente al filtro H α centrado en 6563 Amstrongs, durante su evaluación con el espectrómetro.

De la figura A6.1 se obtuvo:

$$X_1 = 190.05 \text{ pix}$$

$$X_2 = 202.93 \text{ pix}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 = 12.88 \text{ pix}$$

$$d = X_1 + \frac{\Delta X}{2} = 196.5 \text{ pix}$$

$$FWHM = \Delta X * E_p = 12.88 * 0.87 = 11.20 \text{ \AA}$$

$$X_C = V_f - d * E_p = 6729 - (195.5 * 0.87) = 6558.92 \text{ \AA}$$

Tabla A6.1.- Valores medidos con el espectrómetro y comparación con los valores especificados por el proveedor.

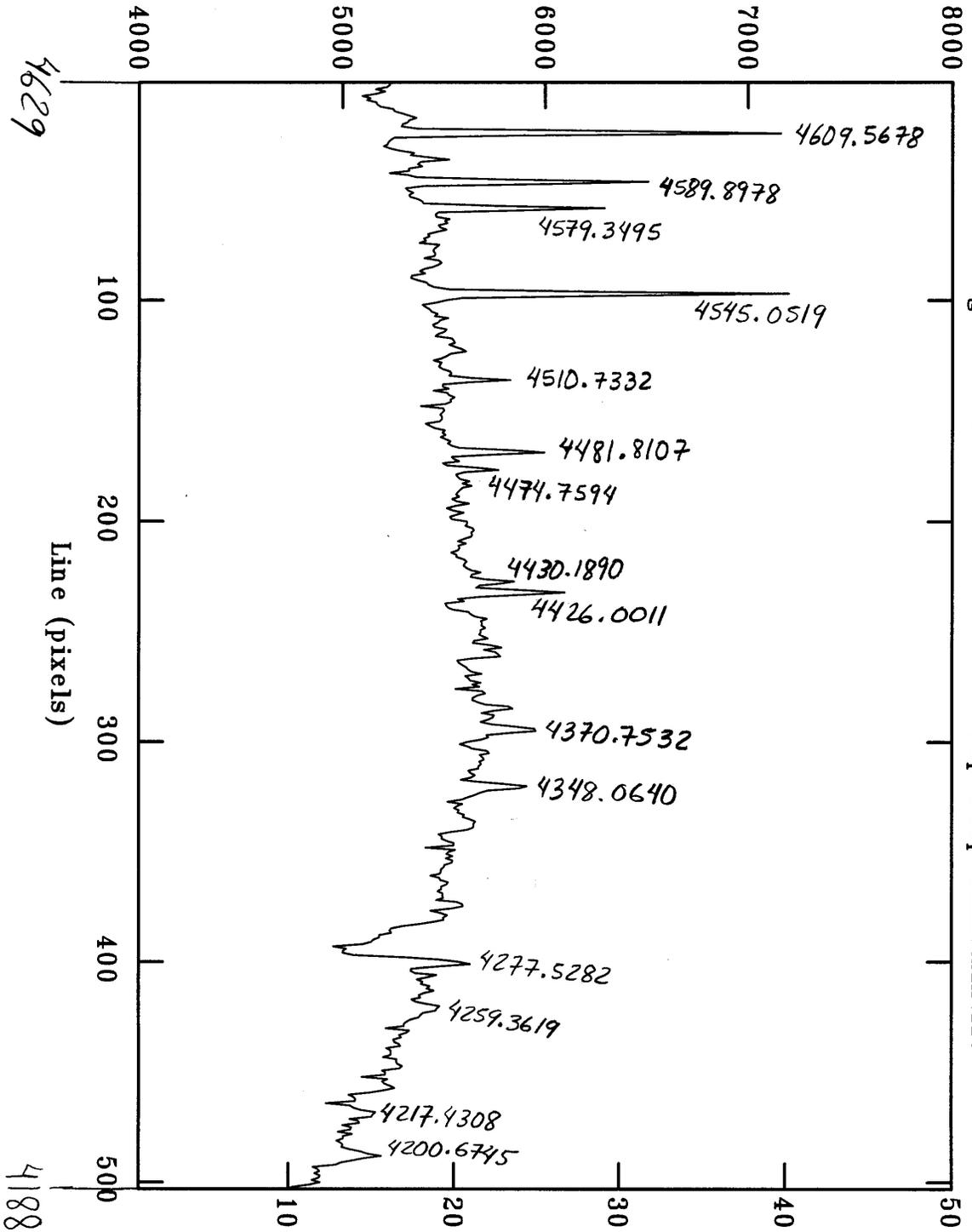
	Datos del Filtro (comerciales)	Valores medidos con el espectrómetro
Centro del Espectro	656.3 nm	655.9nm
Ancho de Banda (50 %)	1.1 nm	1.12 nm

APÉNDICE 7

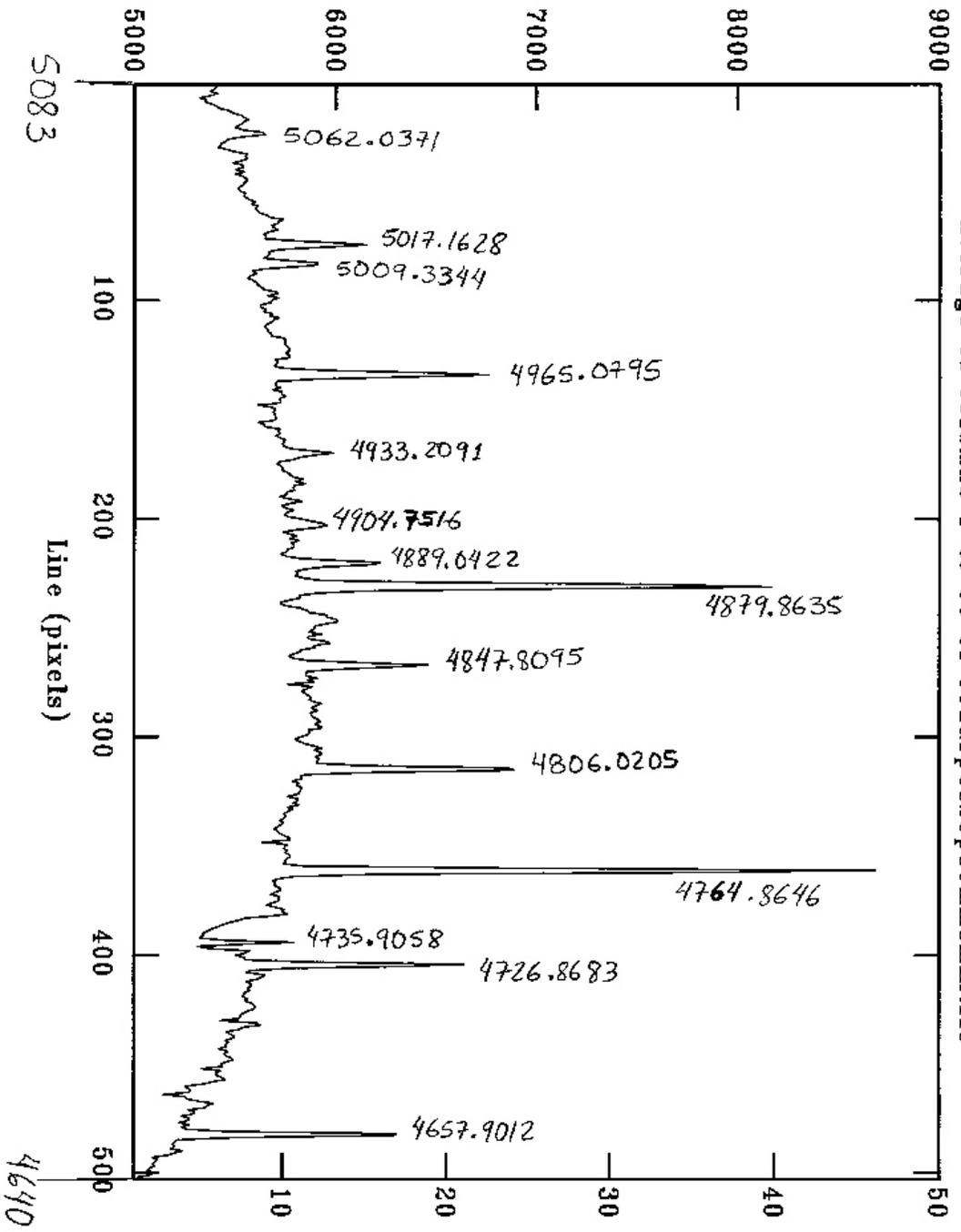
ALGUNAS VENTANAS ESPECTRALES SIMULADAS Y EXPERIMENTALES OBTENIDAS CON EL NUEVO ESPECTRÓMETRO.

NOTA: EL ATLAS DE DEVENTANAS ESPECTRALES COMPLETA SE ENCUENTRA EN LA CARPETA QUE ESTA ANEXA AL INSTRUMENTO.

NOAO/IRAF V2.12.2-EXPORT jnunez@jaguar Fri 19:24:28 06-Oct-2006
Average of columns 1 to 50 of ccuarp0526p40mm8min.fit

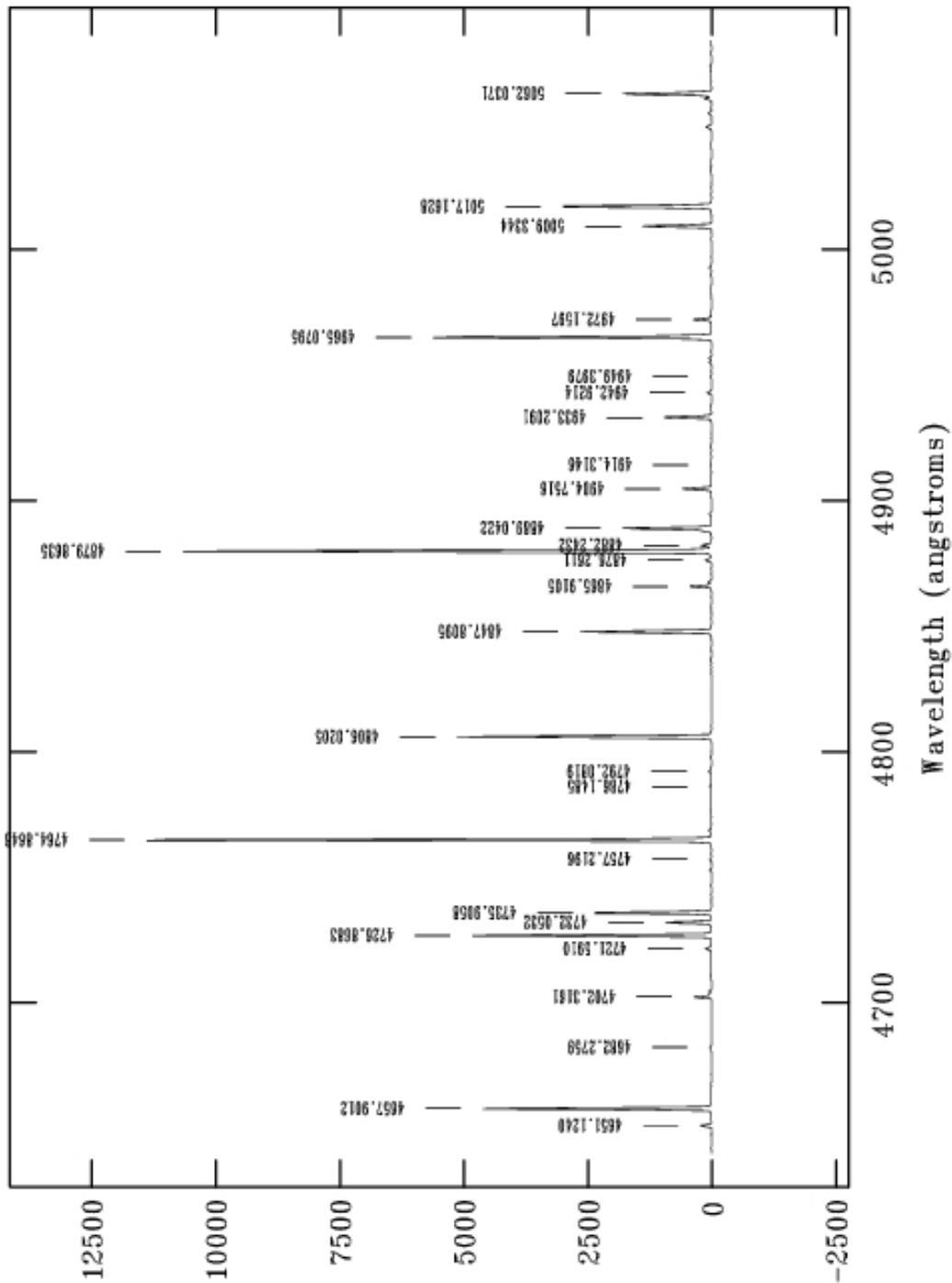


1-1

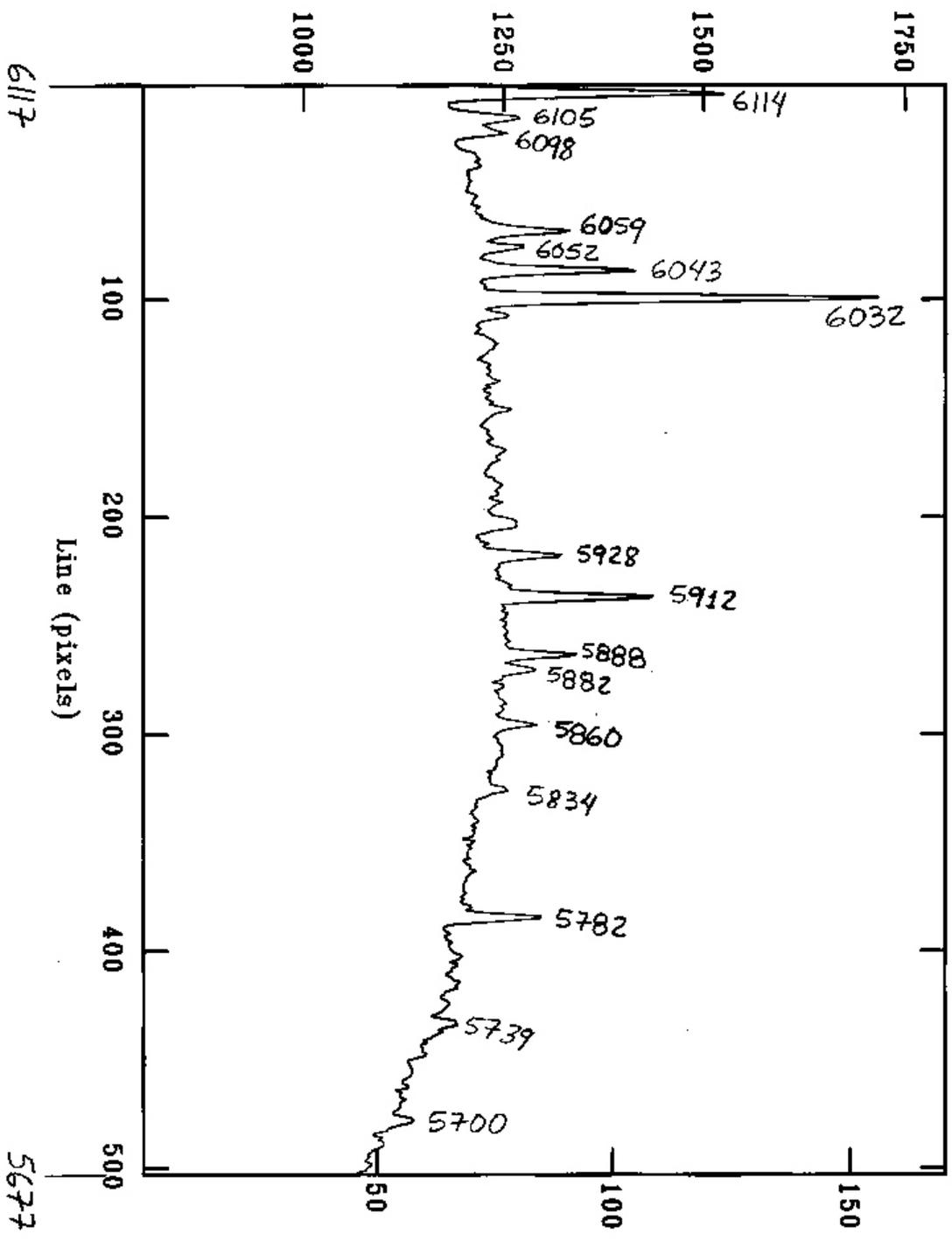


NOAO/IRAF junez@jaguar: Fri Oct 6 19:22:56 2006

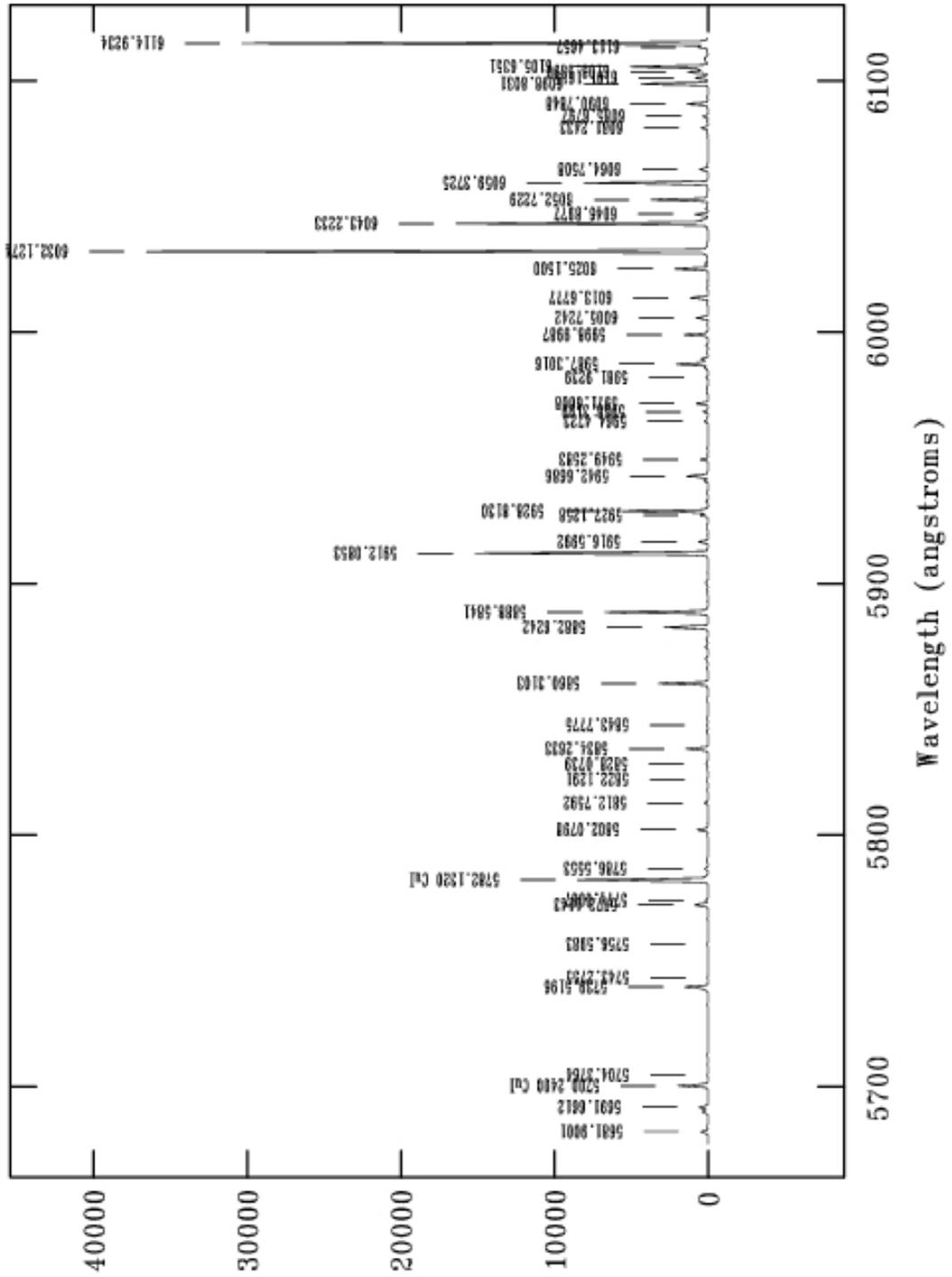
NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:03:12 11-Jan-2007
 identify output37271 - Ap 1
 3250A



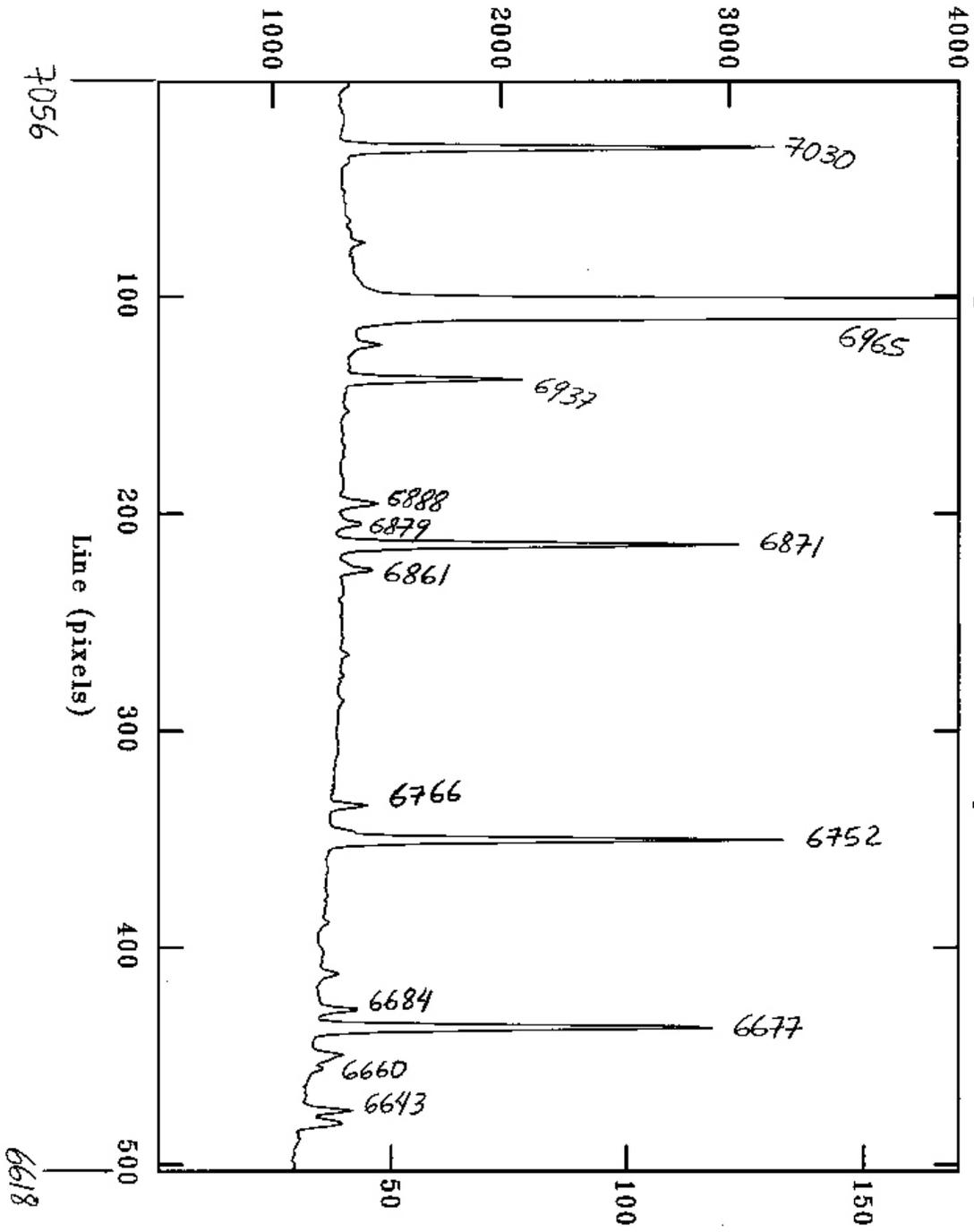
NOAO/IRAF V2.12.2-EXPORT jnunez@jaguar Fri 12:21:05 22-Sep-2006
Average of columns 1 to 170 of cuar24p40mm120sec.fit



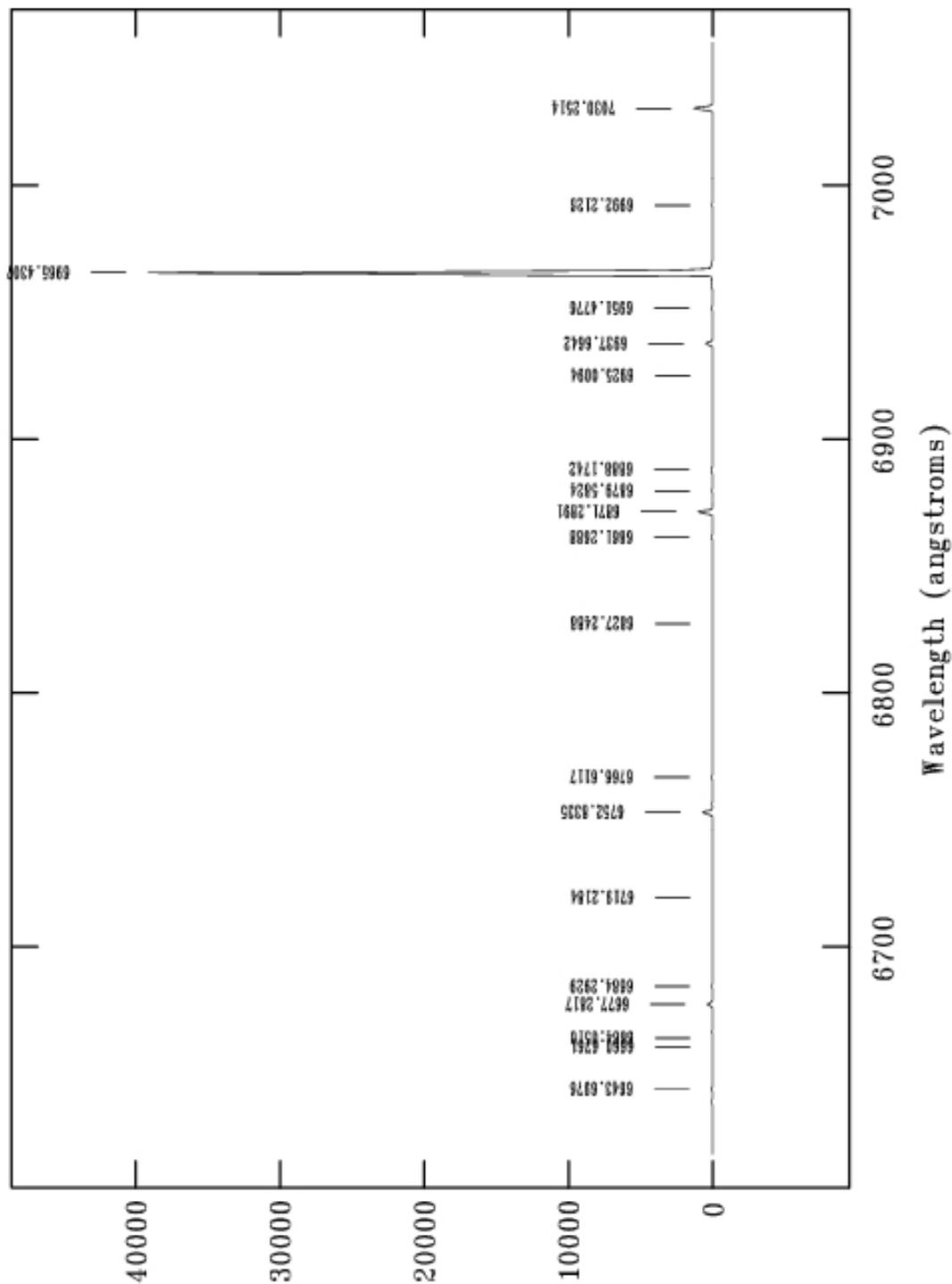
NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:07:33 11-Jan-2007
 identify output38214 - Ap 1
 3250A

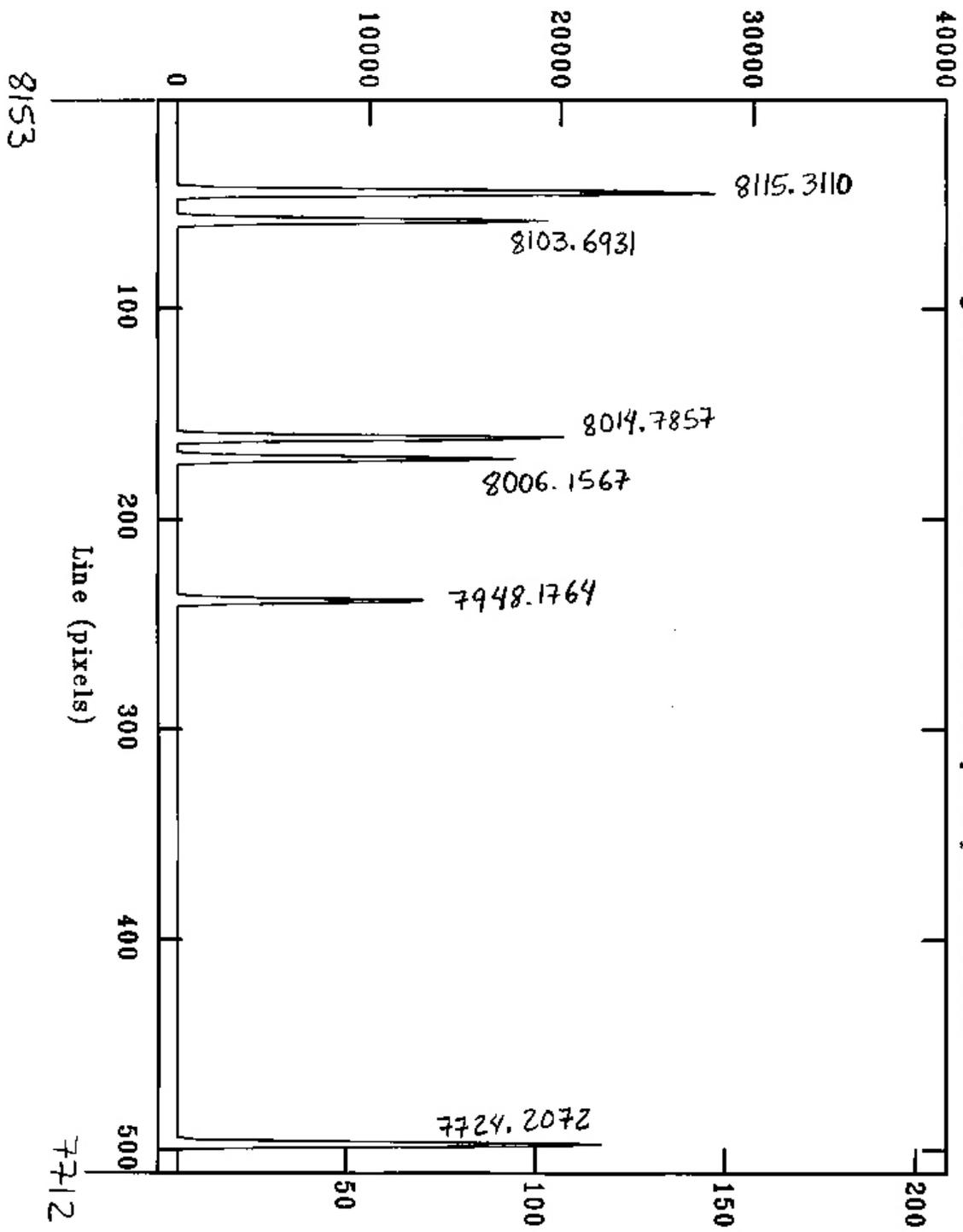


NOAO/IRAF V2.12.2 - EXPORT juneze@jaguar Fri 12:29:15 22-Sep-2006
Average of columns 1 to 170 of ccar23p20mm120sec.fit



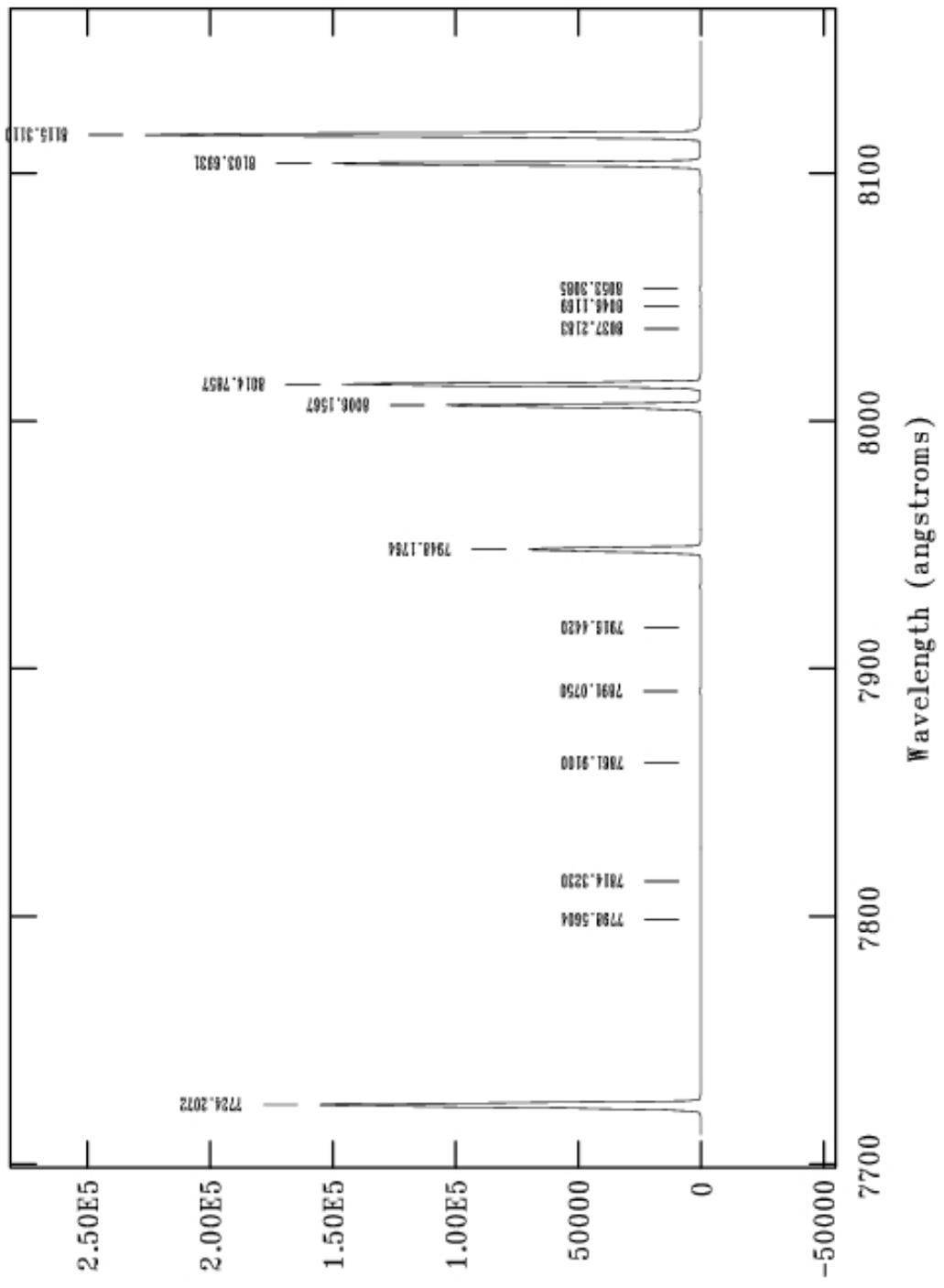
NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:10:48 11-Jan-2007
identify output38913 - Ap 1
3250A



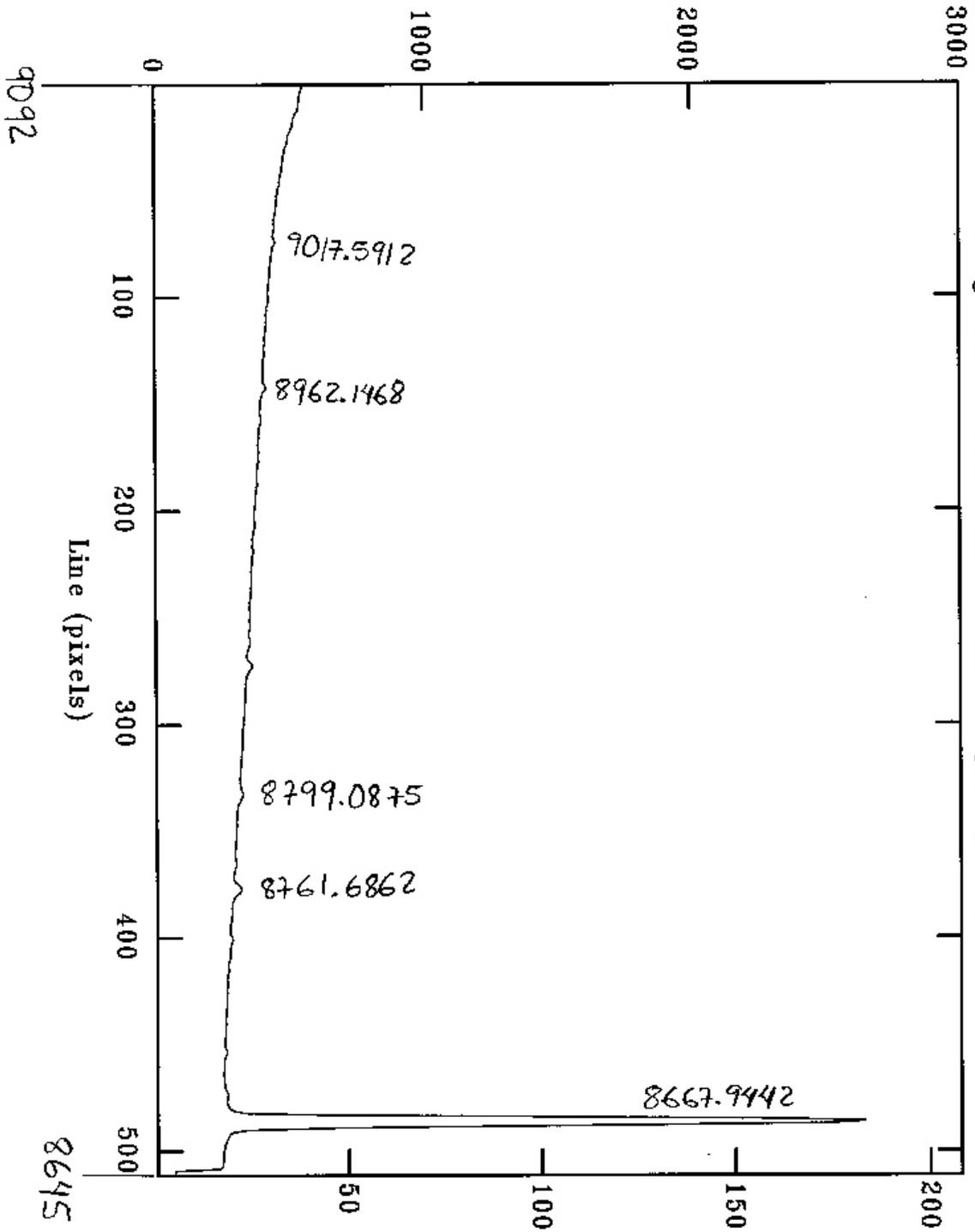


NOAO/IRAF junezo@jaguar Thu Oct 26 13:10:26 2006

NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:15:05 11-Jan-2007
identify output:39828 - Ap 1
3250A

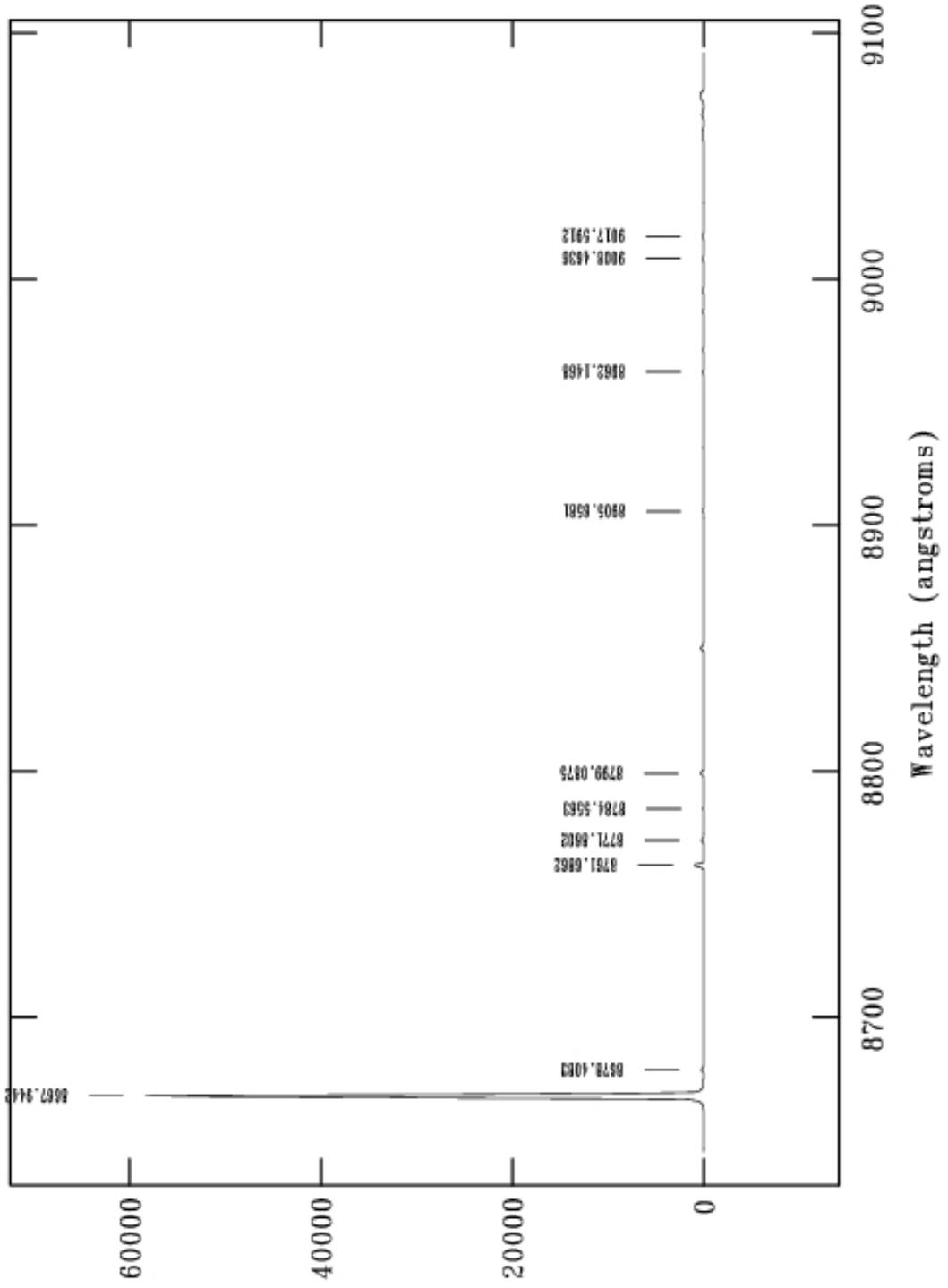


NOAO/IRAF V2.12.2-EXPORT junnez@jaguar Thu 13:16:08 26-Oct-2006
Average of columns 1 to 208 of ccvarpos20p60mm30sec.fit

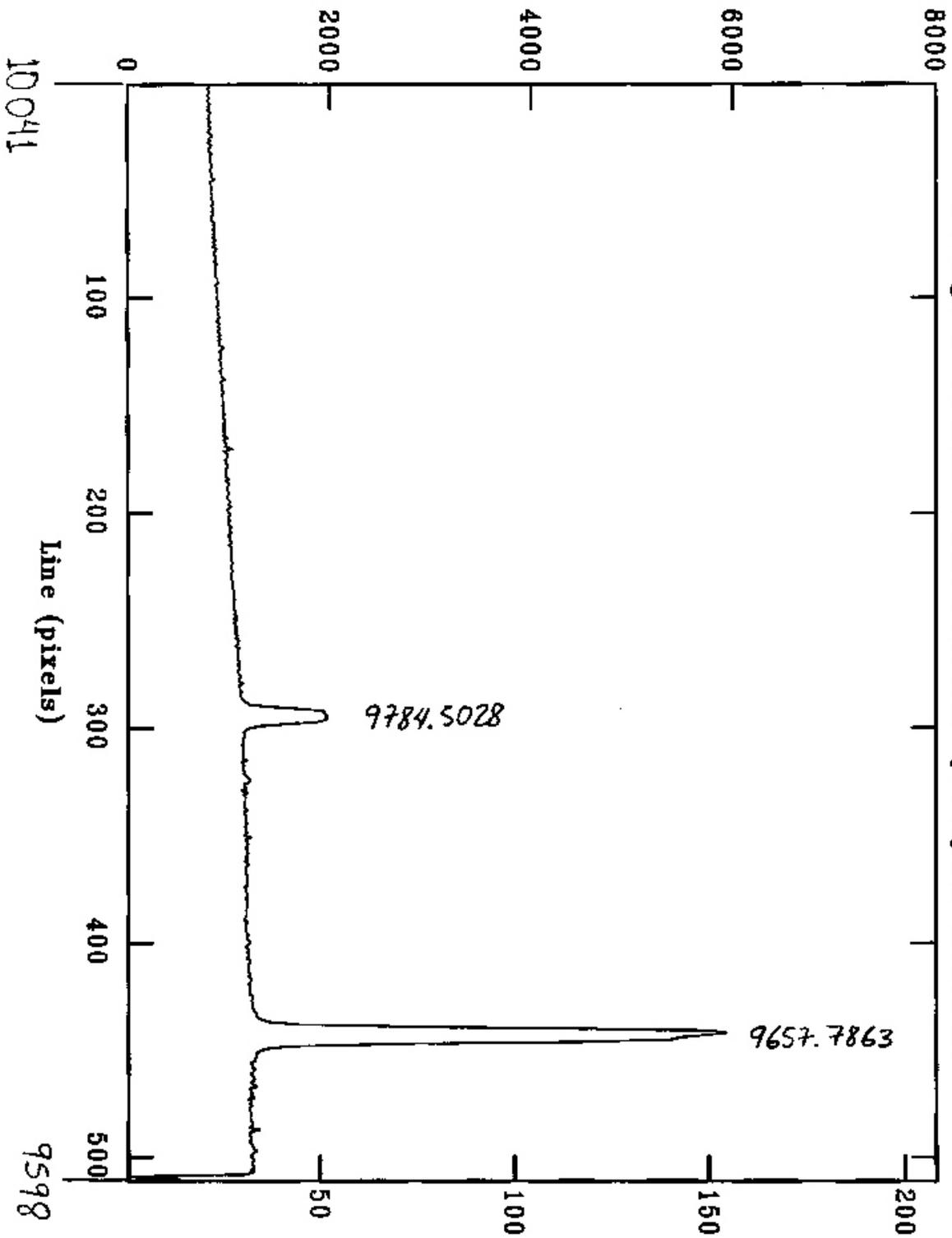


NOAO/IRAF junnez@jaguar Thu Oct 26 13:16:13 2006

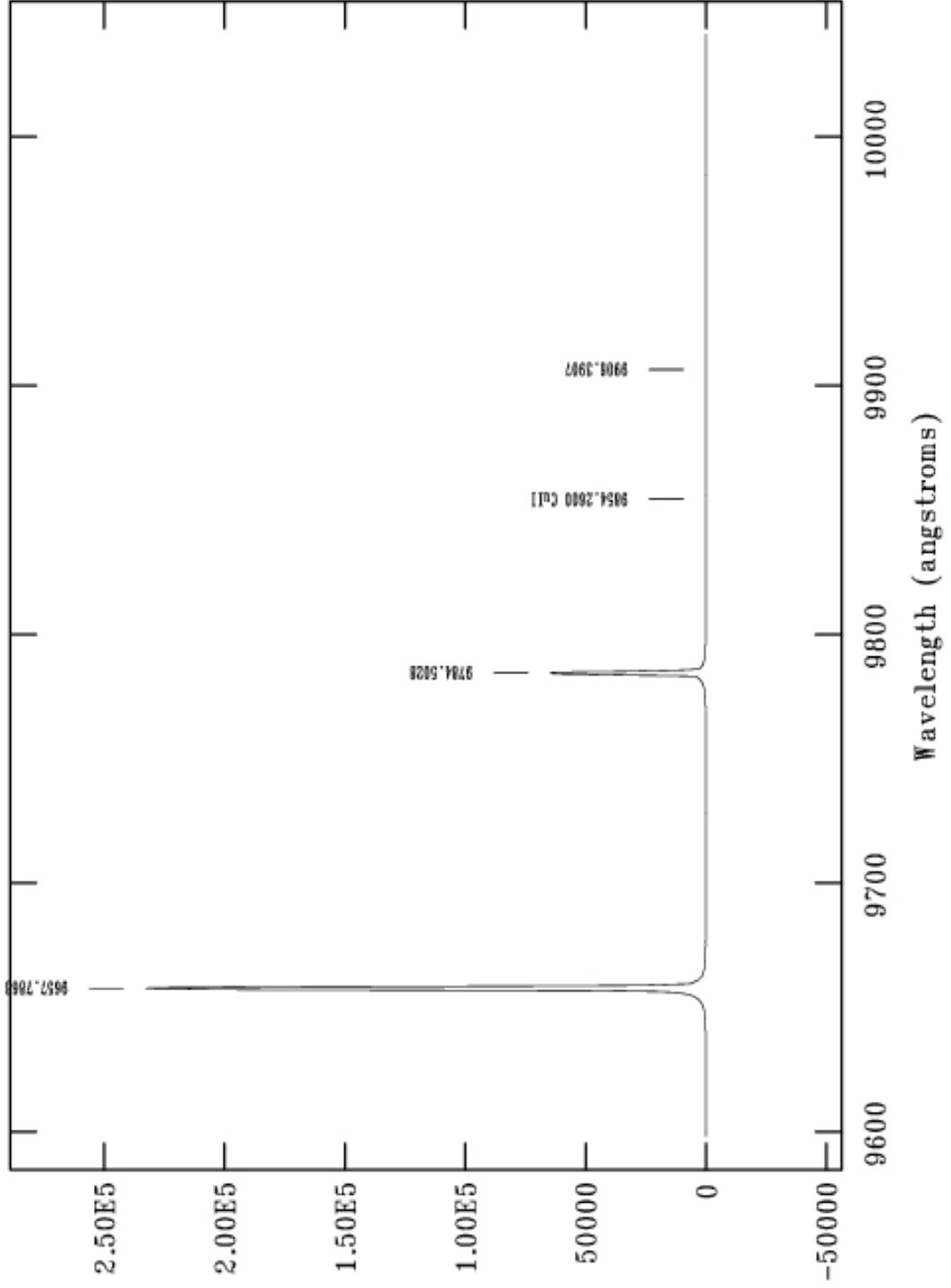
NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:18:53 11-Jan-2007
identify output40556 - Ap 1
3250A



NOAO/IRAF V2.12.2-EXPORT jaunez@jaguar Thu 13:19:46 26-Oct-2006
Average of columns 1 to 208 of ccarpos19p40mm30sec.fit



NOAO/IRAF V2.12.1-EXPORT @www.tuc.noao.edu Thu 02:23:05 11-Jan-2007
identify output41387 - Ap 1
3250A





**Comité Editorial de Publicaciones Técnicas
Instituto de Astronomía
UNAM**

**M.C. Urania Ceseña
Dr. Carlos Chavarria
M.C. Francisco Murillo**

**Observatorio Astronómico Nacional
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada
22860 Ensenada B.C.
editorial@astroesen.unam.mx**