

## SECTION: SOFTWARE FOR PHOTOMETRY &amp; ASTROMETRY

# Astrometría con Tycho

Ramón Naves<sup>1</sup> and Montse Campàs<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Obs. Montcabrer - MPC 213, Cabriils–Barcelona, Spain. E-mail: [ramonnavesnogues@gmail.com](mailto:ramonnavesnogues@gmail.com).

<sup>2</sup>Obs. Montcabrer - MPC 213, Cabriils–Barcelona, Spain. E-mail: [mcampast@gmail.com](mailto:mcampast@gmail.com).

**Keywords:** astrometría, fotometría, Tycho

© Este artículo está protegido bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 License

## Resumen

Se discuten las utilidades del software Tycho, un excelente programa para hacer astrometría y fotometría de asteroides, cometas, variables, etc. Presentamos algunos ejemplos de uso y diversas técnicas de análisis.

## Abstract

Tools and procedures of the Tycho software are discussed. Tycho is an excellent program to perform astrometry and photometry for asteroids, comets, variable stars, etc. We present some examples where different analysis tools are employed.

## 1. Introducción

Tycho es un excelente programa para hacer astrometría y fotometría de asteroides, cometas, variables, etc. Desarrollado por Daniel Parrot, es un software que utiliza el apilamiento rápido de imágenes con soporte de GPU y seguimiento sintético (*synthetic tracking*) para mejorar la detección y observación de objetos celestes. Se trata de un software de pago, con actualizaciones constantes (algunas de ellas con un coste adicional). Su versión estándar tiene un precio de 25\$, mientras que la versión Pro cuesta 50\$. Existe sin embargo una versión de prueba, con la que se pueden probar sus utilidades y modos de operación.

En el artículo anterior de esta sección [1] hablamos de *Astrometrica*, un programa muy fácil de usar pero que ha quedado un tanto obsoleto. Tycho permite manejar imágenes de tamaño muy superior a las de *Astrometrica*. Con la llegada de las cámaras CCD y CMOS de gran formato y con cada vez más resolución, hacía falta un software más actualizado pues a *Astrometrica* se le ‘atragantan’ las imágenes pesadas. Con todo, *Astrometrica* es un programa excelente para empezar en el mundo de la astrometría.

Por otro lado, Tycho ha incorporado unas herramientas de búsqueda automática totalmente novedosas hasta ahora. Con esta herramienta es posible descubrir nuevos asteroides, NEOs e incluso cometas débiles, que ni siquiera aparecen en imágenes individuales. Gracias a este software algunos aficionados están haciendo descubrimientos que habrían sido realmente difíciles de conseguir con otro tipo de software.

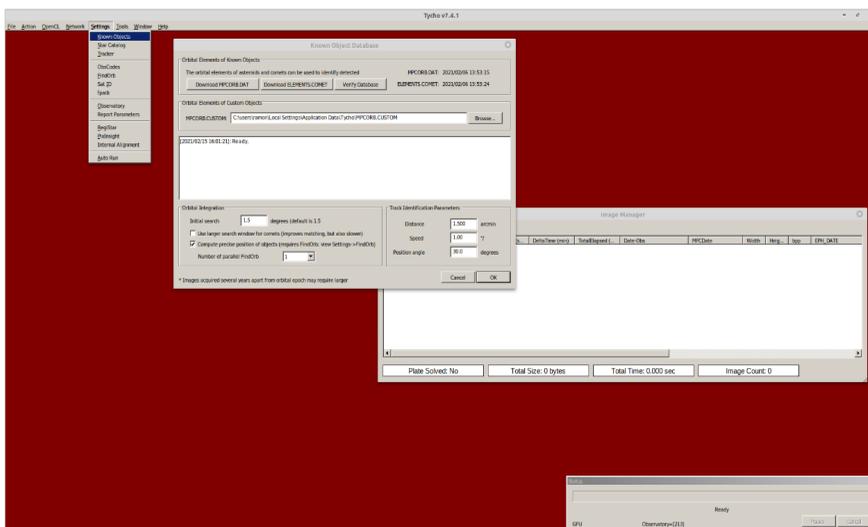
En su última versión, a petición del Dr. Mark Kidger y del grupo de Observadores de Cometas, se ha incluido el cálculo de fotometría de cometas *multibox*, y el cálculo *Afho*, muy utilizado por este grupo de observadores. Explicaremos cómo utilizar esta parte de fotometría cometaria en un próximo artículo de esta sección.

## 2. Cómo configurar Tycho

Lo primero que necesitamos hacer es descargar el programa Tycho, que encontraremos en el enlace

<https://www.tycho-tracker.com/download>

Para instalar el programa, descomprimos los tres archivos de los que se compone la distribución en nuestro disco duro. La primera se refiere a la configuración (*setup*). Si vamos al menú **Settings**, comenzaremos cargando bases de datos en **Known Objects**. Si queremos hacer astrometría de cometas y asteroides, clicaremos sobre **Download MPCORB.DAT** y sobre **Download ELEMENTS.COMET** para descargar las bases de datos de asteroides y cometas (Fig. 1). Conviene hacerlo de forma periódica para mantenerla actualizada.



**Figura 1.** Menú *Settings* > *Known Objects*.

### 2.1. Star Catalog

Recomendamos marcar los tres cuadraditos blancos, además de **Use Online (VizieR) Access**, y en **Catalog** seleccionar **Gaia DR2** (Fig. 2).

### 2.2. ObsCodes

Seleccionamos el archivo **ObsCodes.html**, que encontraremos dentro de la carpeta de **Findorb** que hemos copiado en el disco duro al descargarnos el programa (Fig. 3).

### 2.3. FindOrb

Seleccionamos los archivos **find\_o64.exe**, **find\_o64-modified.exe** y **fo.exe**, que encontraremos dentro de la misma carpeta **Findorb**.

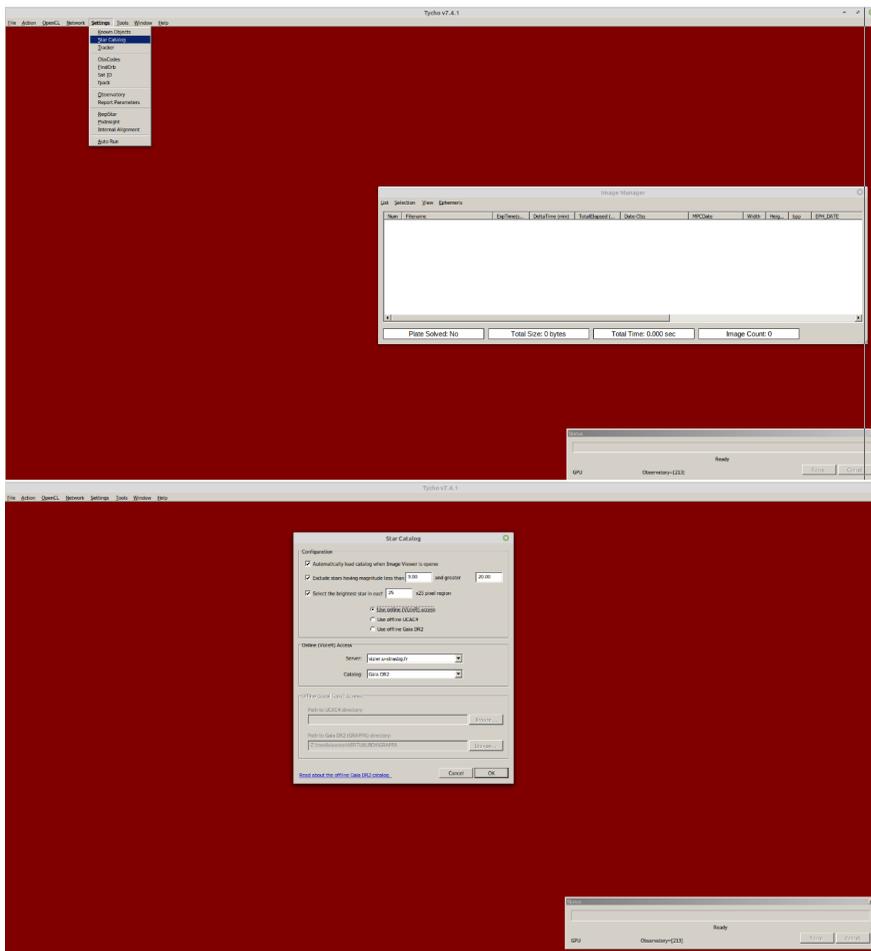


Figura 2. Menú Settings > Star Catalog.

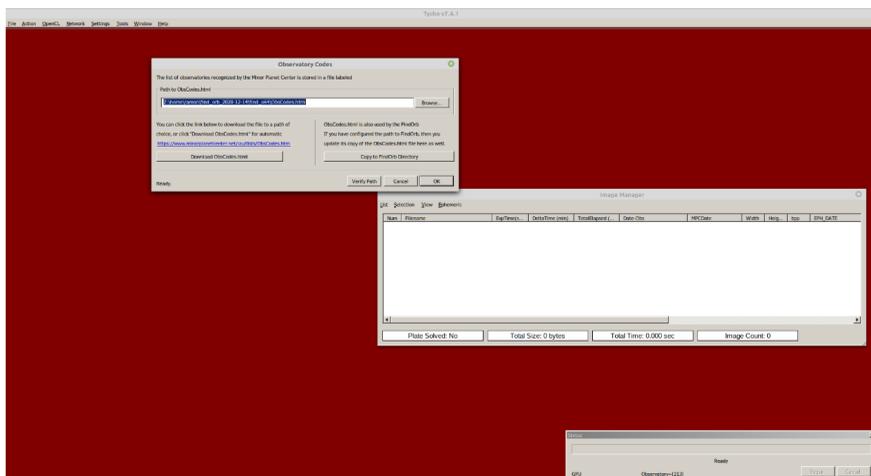


Figura 3. Menú Settings > ObsCodes.

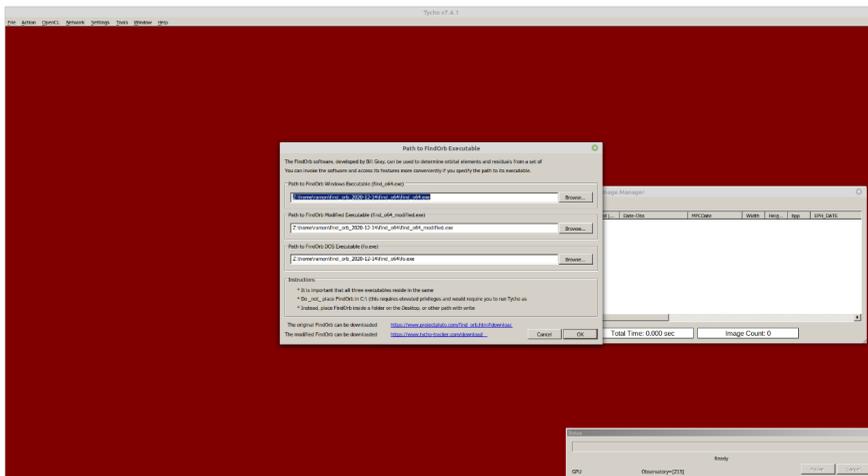


Figura 4. Menú Settings > FindOrb.

## 2.4. Observatory

En este submenú (Fig. 5) clicamos en Action Add Observatory, y nos aparecerá un desplegable donde pondremos nuestros datos.

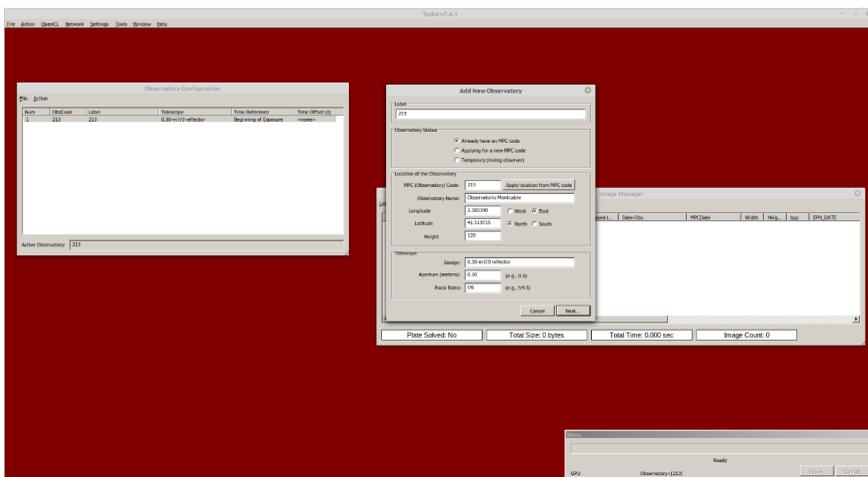


Figura 5. Menú Settings > Observatory.

## 2.5. Report Parameters

En este desplegable (Fig. 6) colocaremos nuestros datos personales y correo electrónico.

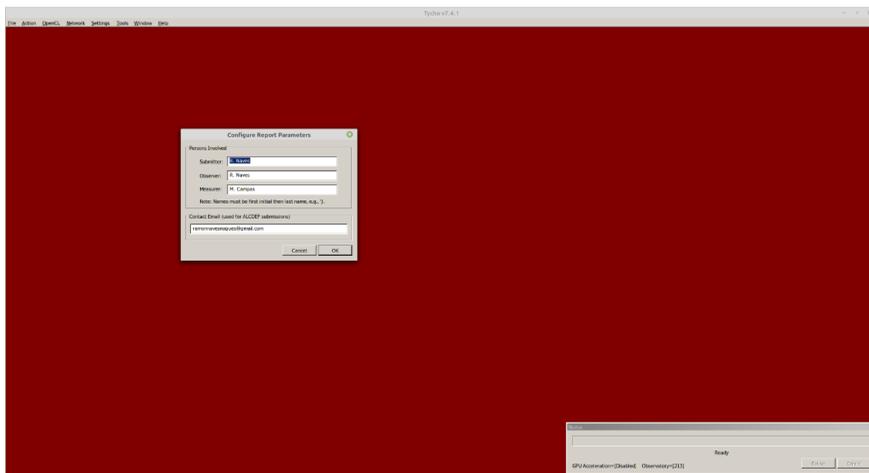


Figura 6. Menú Settings > Report Parameters.

## 2.6. OpenCL

En este desplegable del menú principal (Fig. 7) marcaremos el máximo número de núcleos de proceso que tenga nuestro ordenador y, si dispone de tarjeta gráfica potente con OPENCL, la seleccionamos marcando Check here to enable GPU acceleration. Es recomendable chequear el funcionamiento de nuestra tarjeta gráfica. Para ello clicamos Test Device para comprobar su compatibilidad. Ojo, *no es imprescindible* disponer de tarjeta grafica compatible con OPENCL, pero sí acelera bastante el proceso. En caso de error simplemente la desmarcaremos.

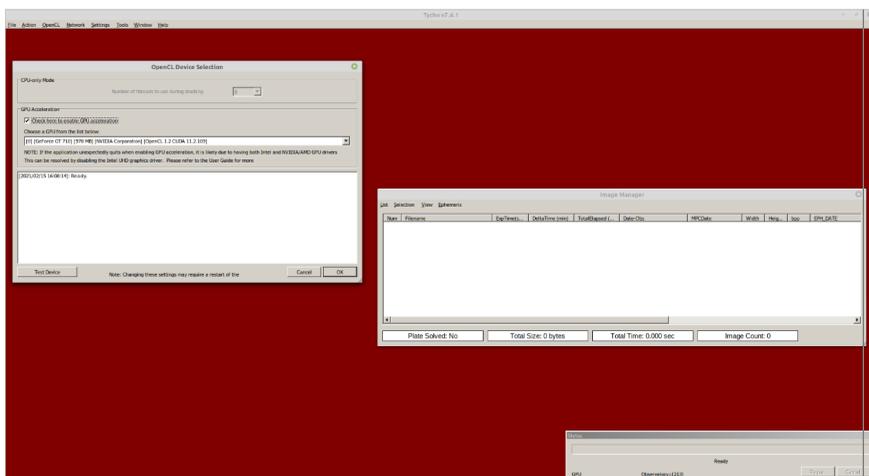


Figura 7. Menú OpenCL.

### 3. Preanalysis astrométrico

Clicando sobre Action se abrirá un menú, en el que seleccionaremos Express Mode (Fig. 8), y donde marcaremos los siguientes cuadraditos: Calibrate, Align, Plate solve, y Clean Up intermediate directories.

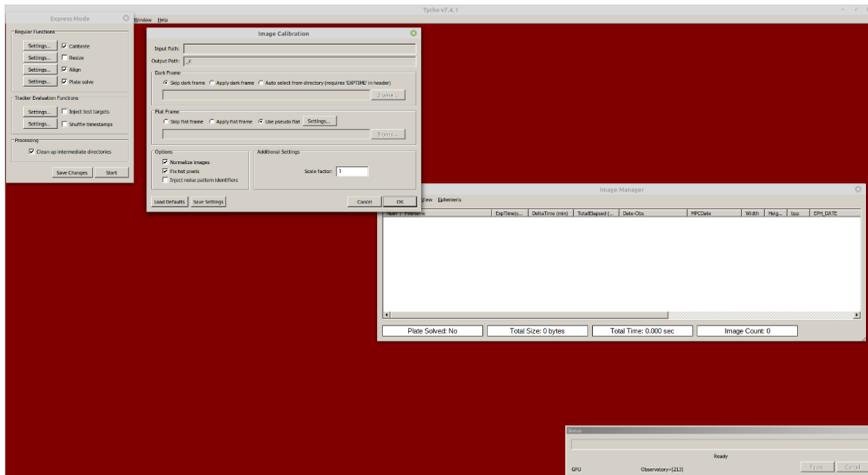


Figura 8. Menú Action > Express Mode.

#### 3.1. Calibrate

Clicamos sobre Settings, junto a Calibrate (Fig. 8). Los autores usamos imágenes ya calibradas con sus *darks* y *flats*, pero recomendamos marcar la opción Use pseudo flat, pues aplica además unos *flats* sintéticos que permiten contrastar mucho las imágenes.

#### 3.2. Align

Clicaremos sobre Settings, junto a Align. Los autores usamos simplemente la opción Internal Plate Solve. Clicamos ahora sobre Settings, junto a Plate Solve (Fig. 9). Recomendamos dejarlo como en el ejemplo de la imagen. No es necesario poner nuestra resolución por píxel. Configurado de esta manera resolverá prácticamente casi cualquier imagen.

### 4. Preanálisis de imágenes

Hacemos los siguientes pasos:

1. En el menú Image Manager clicamos en List, y seleccionamos las imágenes consecutivas, obtenidas por nosotros del cometa o asteroide que queramos analizar.
2. Clicamos en el menú principal Actions y marcamos el menú Express Mode
3. En el desplegable Express Mode, clicamos Start.

Estas acciones arrancarán un proceso que calibrará las imágenes (aplicándoles un *pseudo flat*), las alineará y por último las astrometrizará, reconociendo el campo de las mismas (incluso aunque no tengan coordenadas en las cabeceras de los ficheros *fits*). Este último proceso se demora un tiempo, dependiendo del número de imágenes, de la potencia de nuestro ordenador y/o la tarjeta gráfica utilizada.

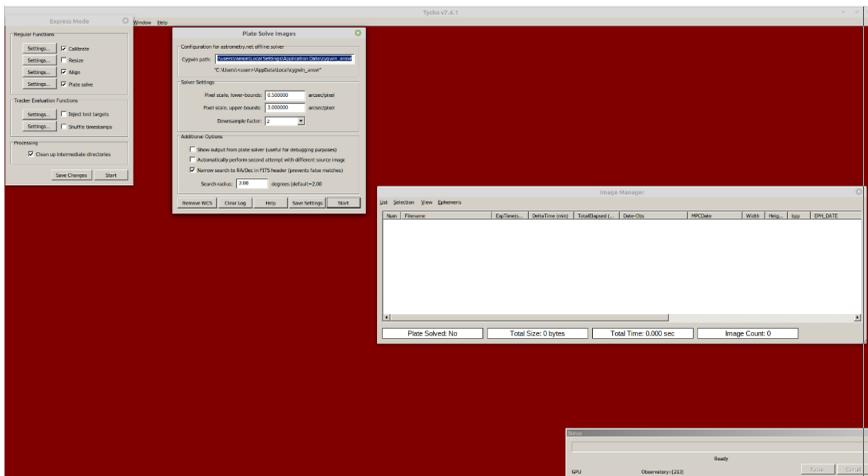


Figura 9. Menú Action > Express Mode > Settings (Plate solve).

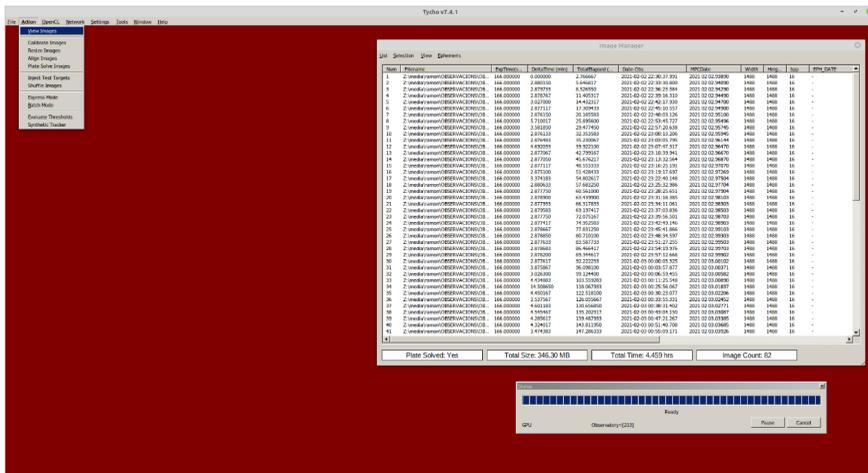


Figura 10. Menú para seleccionar y examinar imágenes.

El proceso termina cuando en la ventana Image Manager desaparece la lista de imágenes que habíamos seleccionado.

## 5. Obtención de resultados astrométricos

Justo después de realizar el preanálisis con Express Mode, y si todo ha ido bien, debe aparecer una carpeta nueva justo al lado de la que contenía las imágenes seleccionadas. Esta carpeta tendrá añadido el prefijo \_c\_a. Entonces:

1. Clicamos en el menú List de la ventana Image Manager para proceder a cargar dichas imágenes. Fijémonos que en Plate Solved: Yes ponga realmente Yes; de lo contrario, significará que el proceso no ha podido realizarse por algún motivo.
2. Clicamos en el menú Actions de la barra principal y marcamos View Images, Fig. 10.

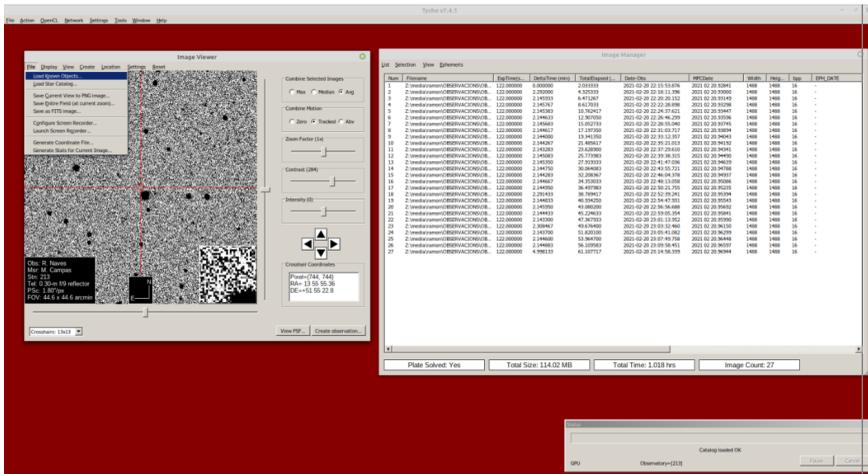


Figura 11. Menú Load Known Objects, para buscar los objetos en la imagen.

Clicamos ahora en el menú File dentro de Image Viewer, y marcamos en Load Known Objects, Fig. 11. Esto hace que el programa busque en su base de datos de cometas y asteroides qué objetos conocidos deberían estar en el campo de la imagen. A partir de aquí aparecerá una lista con esos objetos conocidos que pueden aparecer en nuestro campo de la imagen. En el caso que presentamos sólo hay un objeto, el cometa C/2021 A1. Clicamos ahora sobre la línea que nos ha aparecido en Known objects, y directamente en Image Viewer nos aparecerá una imagen apilada sobre el cometa seleccionado, Fig. 12.

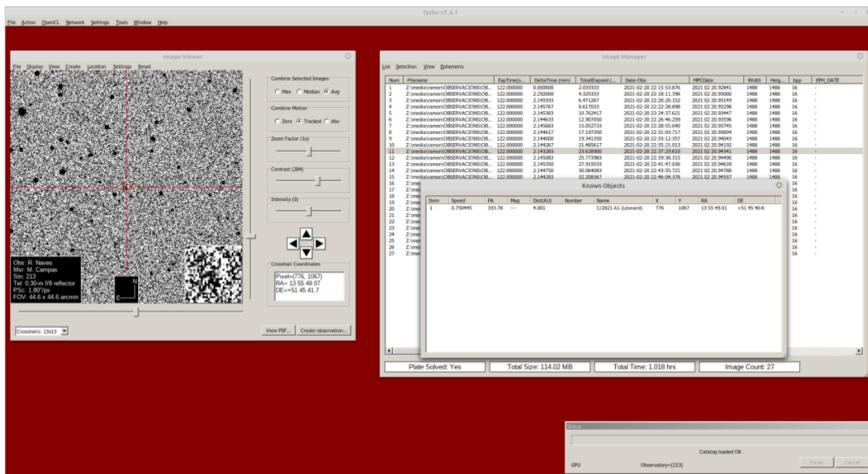


Figura 12. Imagen con la lista de objetos conocidos presentes en el campo.

Para verificar que realmente no se trata de ningún error (rayo cósmico, ruido u otro tipo de artefactos), clicaremos en Add Track Navigator, y luego sobre la línea que nos aparece en el menú Track Navigator y en Verify Track, Fig. 13. Dentro de la ventana Verify Track marcamos el cuadro Follow target, y seleccionamos el número de stacks y observaciones que deseamos, tres en este ejemplo. Veremos entonces una animación donde el cometa o asteroide se mueve, verificando que es



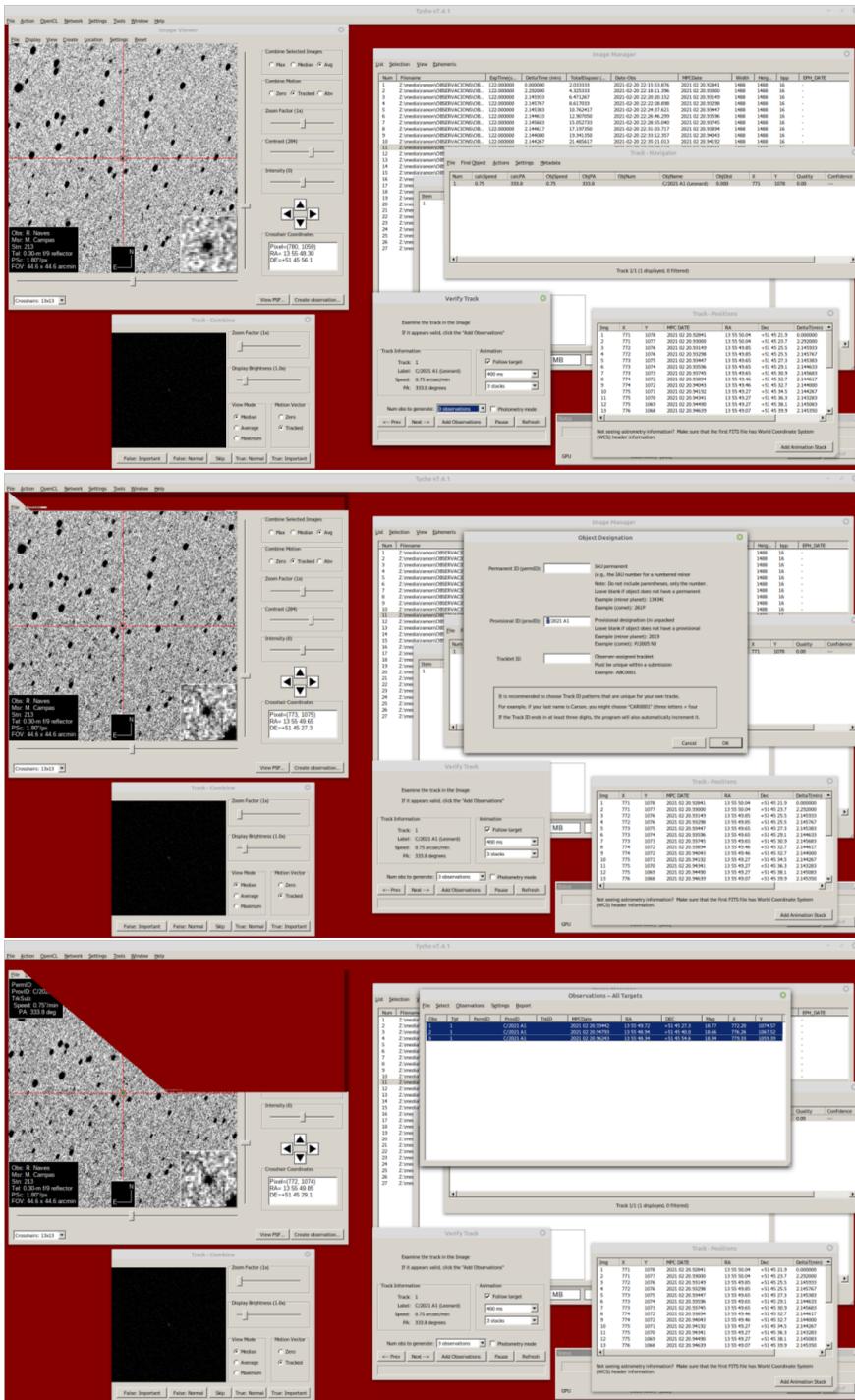


Figura 14. Ventanas de grabación de la observación y asignación de un nombre al objeto.



Figura 15. Ventanas sobre la generación de un informe de astrometría y su envío por correo electrónico al MPC.



Figura 16. Procedimiento para verificar la calidad de las observaciones.

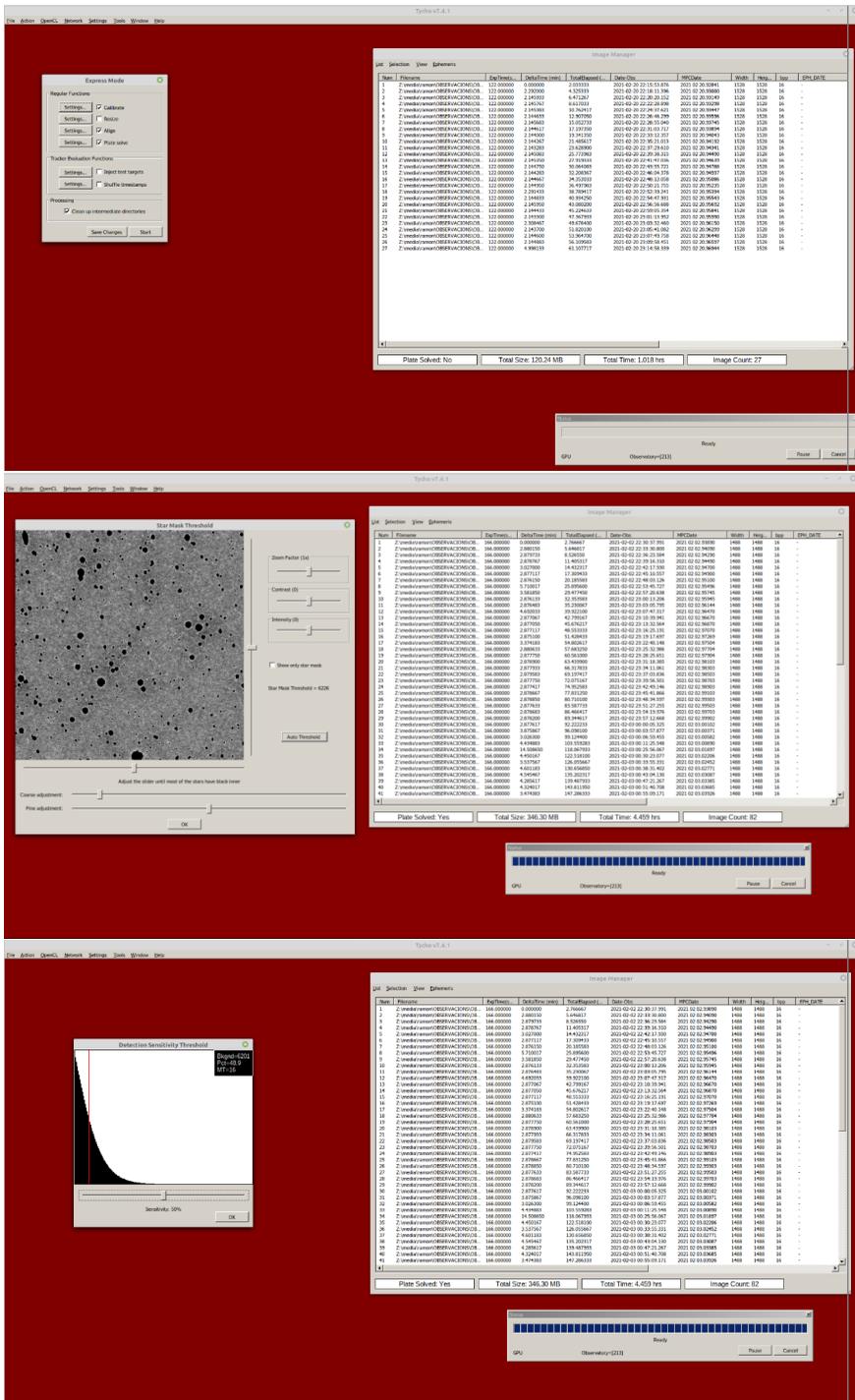
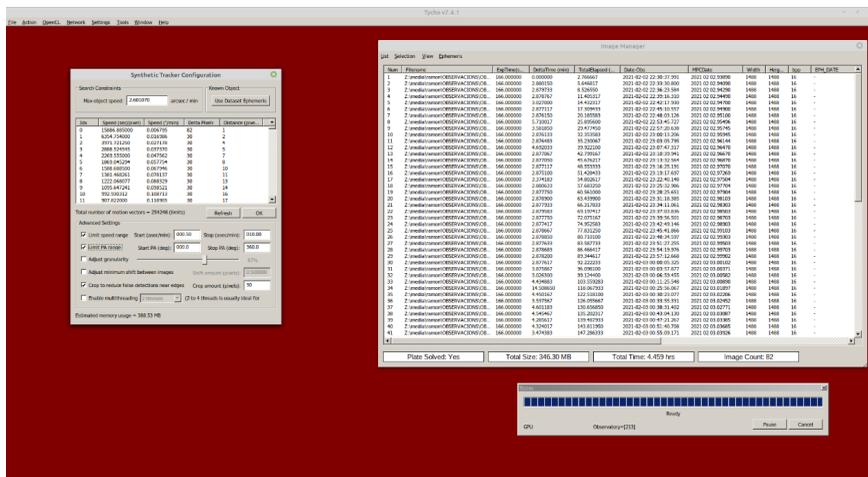


Figura 17. Procedimientos para operar con la herramienta Synthetic tracker.

por tanto un objeto real. Una vez verificado el objeto, clicamos dentro de la ventana **Verify Track** el botón **Add observations**, Fig. 14. Nos aparecerá después el siguiente menú para añadir el nombre del cometa o asteroides a medir, en este caso **C/2021 A1**, sin ningún añadido de nombre más. Luego clicaremos en **Ok**. Nos aparecerá el número de observaciones que hayamos realizado (en este caso tres).

Dentro de la ventana **Observations All Targets** podremos generar un informe para el **Minor Planet Center (MPC)** para enviar por correo electrónico (**Generate MPC1992 Report**), o un informe en formato **ADES** para enviar vía **Web (Generate ADES Report)**, Fig. 15.



**Figura 18.** Establecimiento de parámetros para iniciar la herramienta de búsqueda de objetos **Synthetic tracker**.

### 6. Comprobación de la calidad de las observaciones astrométricas

Si queremos, podemos verificar la calidad de nuestras observaciones descargándonos más observaciones del MPC y verificándolas posteriormente con **Findorb**. Para ello (Fig. 16):

1. Clicamos dentro de la ventana **Observations All Targets** en **View with Existing Observations**. Esto nos abrirá una nueva ventana con todas las observaciones disponibles del MPC para este objeto, añadiendo las nuestras al final.
2. Clicamos en esta nueva ventana **Text Form Observation** (abajo, donde aparece **View in Findorb**). Nos aparecerá entonces una nueva ventana con el programa **FindOrb** donde podremos ver los residuos de nuestras observaciones.

### 7. Synthetic tracker

Esta potente herramienta sirve para buscar objetos desconocidos o perdidos en nuestras imágenes, que no figuran en las bases de datos del MPC. Para ello (Fig. 17):

1. Seleccionamos en **Image Manage** la lista de imágenes, preanalizadas, donde queramos buscar o intentar descubrir nuevos cometas o asteroides.
2. En el menú **Actions** de la barra principal clicamos **Synthetic tracker** (último ítem de ese menú desplegable).



Figura 19. Lista de objetos candidatos y cálculo del nivel de confianza.

Nos aparece una nueva ventana *Star Mask Threshold*, donde simplemente clicamos en *Auto Threshold*. Luego, en la otra ventana que nos aparece, seleccionamos la sensibilidad, aunque el valor por defecto, 50%, parece ir muy bien.

Por último, en la nueva ventana que aparece, Fig. 18, podemos no marcar nada (en este caso el programa tendrá que hacer muchos más cálculos), o podremos limitar la velocidad (*Limit seed range*) y el ángulo (*Limit PA Range*) para restringir el número de cálculos necesario.

Por ejemplo, para buscar asteroides del cinturón principal en oposición, podemos poner velocidades de 0.4 a 0.8, y ángulos entre 250° y 280°. De todas formas, podemos no poner nada para una búsqueda exhaustiva que incluirá todo tipo de objetos: NEOs, Transneptunianos, cometas, etc., sólo que el proceso tardara más tiempo en realizarse.

Para terminar clicamos en *Ok* y esperamos que el proceso concluya; puede tardar desde minutos a muchas horas, y nos hará un pronóstico del tiempo requerido. Podemos abortar el proceso una vez iniciado y transcurrido cierto tiempo. De todos modos el programa nos enseñará los posibles objetos que haya tenido tiempo de encontrar antes de que se abortara el proceso.

Una vez terminado (o abortado) este, se nos mostrará una lista de posibles candidatos. Nos pueden aparecer objetos perdidos o incluso por descubrir, pero tenemos que ser meticulosos, pues muchos de ellos no serán más que artefactos fruto del ruido, rayos cósmicos, etc. En la lista de candidatos *Track Navigator* clicaremos *Compute confidence*, Fig. 19. Así calculará la probabilidad de los mismos, y clicando sobre *Confidence* los ordenará de mayor a menor probabilidad. A continuación podemos clicar en *Load Known Objects* y así nos indicará cuáles de ellos son conocidos. Finalmente, clicando encima de cada uno de ellos se nos realizará un *stack*, y procederemos de la misma forma que siempre. En el caso del ejemplo que hemos mostrado se trata de un asteroide ya conocido.

## References

[1] R. Naves y M. Campàs, *JCAAC* **1**, 53 (2024).