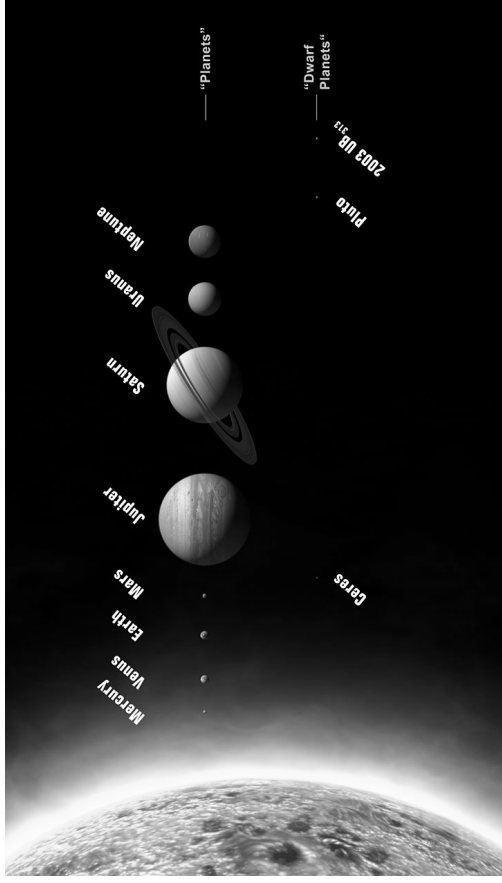


Distribución de tamaños en el

Espacio Trans-Neptuniano

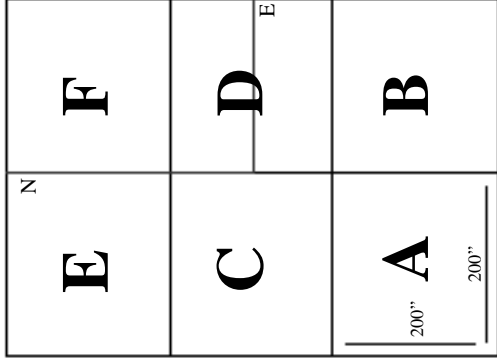


■ Bernstein et al. (2004)

Motivación del trabajo

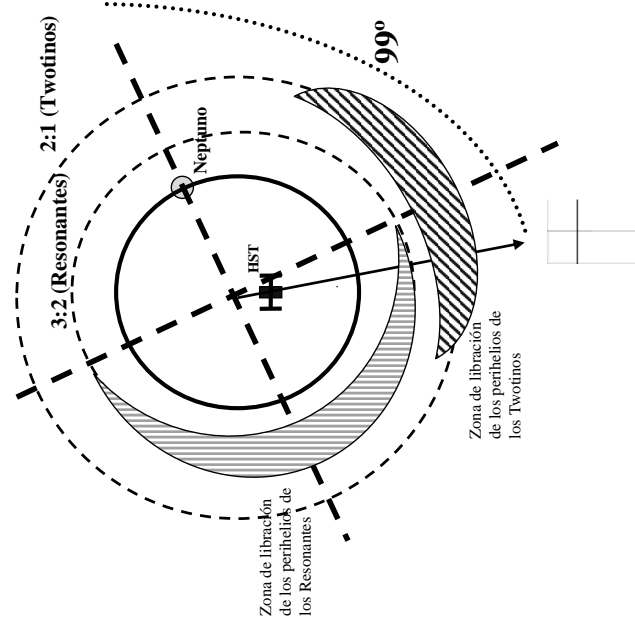
- ◆ Detección de nuevos TNO's con el fin de poder hallar una distribución de tamaños (y magnitudes) más allá de las 40 UA. Exploran un área de 0.019 deg².
- ◆ Utilización de la Advanced Camera of Surveys (ACS) a bordo del Hubble Space Telescope (HST).
- ◆ 125 órbitas del HST. Esto es una disposición del telescopio de 15 días (no todos utilizables).
- ◆ Se concentran en objetos de magnitud entre m=18 y m=29 (lo que requiere grandes tiempos de integración. Integraron 22000 seg).

Las observaciones



- ➔ Dividen el CCD en 6 campo de 200'' x 200'', con el N como lo muestra la figura.
- ➔ Campo total observado: 600'' x 400''.
- ➔ Dicho tamaño asegura que cualquier TNO (por sus velocidades típicas) se moverán dentro de ese campo durante los 15 días programados para la campaña.

- ➔ **Creación de un seeing artificial:** Movimiento imperceptible del HST a fin de distinguir objetos reales (TNO's, estrellas, asteroides, etc.) que pudieran tener tamaños angulares menores a un píxel o ser defectos del CCD (un objeto real "manchará" a sus píxeles vecinos ... un píxel defectuoso, no).



- ➔ Centro del campo:
 $\alpha = 14^{\text{h}} 7^{\text{m}} 53^{\text{s}}.3$
 $\delta = -11^{\circ} 21' 38''$
 (J2000.0)
 $i = 3'$ del Plano Invariante.

- ➔ El HST evita observar minimizando los efectos de polución lumínica lunar y minimizando el efecto producido por el "South Atlantic Anomaly Crossing" (Cinturón de Van Allen).

→ El TNO 2000FV₅₃, conocido por los autores, siempre permanecerá en el campo de observación a modo de referencia. Precisamente estará durante toda la campaña en el panel A. Servirá para recuperarlo con las estrategias de búsqueda y así darle una mayor consistencia a los métodos aplicados.

→ **Dividen la campaña en dos etapas:**

- **Discovery Epoch:** 26-31 / enero de 2003. Toman 55 exposiciones de 400 seg. cada una (340-410 seg) y en cada uno de los 6 campos.
- **Recovery Epoch:** 6-10 / febrero de 2004. Toman 40 exposiciones de 400 seg. cada una y en cada uno de los 6 campos.

- Por cada revolución del HST (evitando el Cinturón de Van Allen) se obtienen a lo sumo 5 exposiciones.
- Para cada uno de los 6 paneles se toman entre 10 y 15 imágenes.
- Los paneles son recorridos en la siguiente secuencia en ambas "Épocas": ABAB-CD-CD-EFEF-ABAB-CD-CD-EFEF.
- De esta manera, por ejemplo, el panel C es periódicamente analizado a lo sumo cada 7 seg.

1. Detección de TNO's "brillantes"

Procedimiento:

1. Otorgan a cada píxel del CCD un peso, teniendo en cuenta su respuesta.
2. Procesan cada imagen con el "SEXtractor" (Bertin & Arnouts, 1996).
3. Toman imágenes del cúmulo globular 47 Tuc (que abarca los 6 campos) y con ellas calibran la "Función de punto Extendido" (Point-Spread-Function - PSF). Se conocerá así la PSF de cada píxel.
4. Las 55 imágenes de la Discovery Epoch se combinan (no dicen como) y obtienen una imagen única del cielo sólo con estrellas fijas, sin puntos móviles. La llaman "*imagen molde*".
5. Luego restan esa *imagen molde* a cada imagen obtenida y así pueden identificar objetos móviles.
6. Una vez que tienen las 55x6 imágenes restadas (=imagen-molde), M. Holman *IMPLANTA* TNO's artificiales con elementos orbitales y curvas de luz seleccionadas al azar, dentro de parámetros seleccionados criteriosamente (la posición, magnitud, y el movimiento de cada punto es calculado para cada placa con criterios estadísticos).
7. *Ahora se ponen a "jugar a las escondidas"*: Todos los datos de 1/3 de los TNO's *implantados* son revelado a dos miembros del grupo (Bernstein y Trilling) los cuales usan esos datos para ajustar los parámetros de su "*algoritmo de búsqueda*" y tratar de localizar en las placas el 2/3 restante. (Ej. Holman implanta 30 y revela 10. Si Bernstein y Trilling descubren 10, su algoritmo tendrá una eficiencia del 50%). Van ajustando parámetros hasta llegar al 100% de eficiencia.

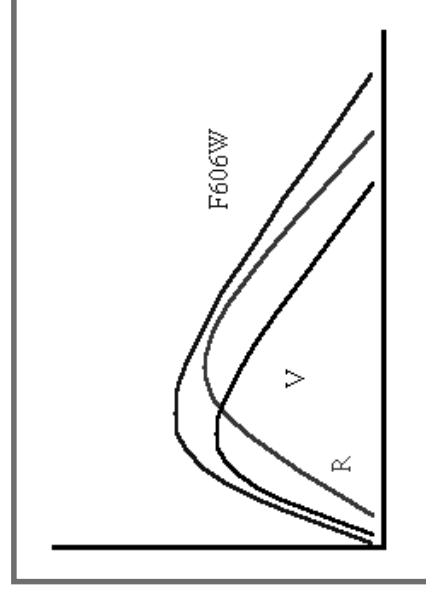
8. Analizan de cada placa los píxeles que muestran un $v = s/n > 3.5$ (relación Señal-Ruido). Los píxeles que además se ajustan a la PSF (mapeada anteriormente con 47 Tuc) son archivados como posibles TNO's y serán luego analizados.

9. El cielo tiene su $v_{sky} = s/n$. Aquel píxel que supere $5\sigma_{sky}$ es marcado con una "banderita". Todo píxel a distancia menor a 2 píxeles es considerado de peso cero. Así toda imagen restada (imagen-molde) es limpiada para estar en condiciones de encontrar objetos débiles.

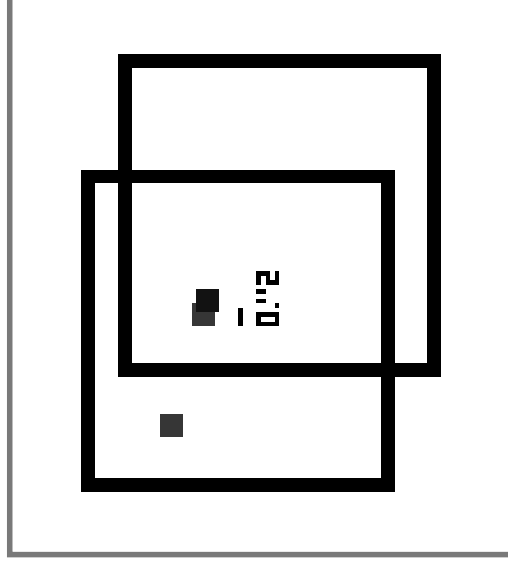
10. Creación de una "Imagen de Flujo": Es una grilla que imita al CCD. Contiene en cada casillero información sobre el mejor ajuste a una PSF y contiene información sobre los pesos de cada uno de los píxeles que representa (un mapa que informará sobre el *brillo* de todos los punto de una imagen a la cual se la superponga). Un rayo cósmico podrá superar los $5\sigma_{sky}$ pero no se ajustará a una PSF y la grilla permite descartarlo.

11. En el contexto de este paper "Bright" significa un punto detectado en una exposición de 400 seg. con una significancia $\sigma \geq 3.5$ (en la práctica esto representa $m \leq 27.6$).

12. La magnitud usada es la m_{F606W} propia del (HST) y es un filtros envolvente de los filtros V y R (su cero es similar al cero del filtro V).

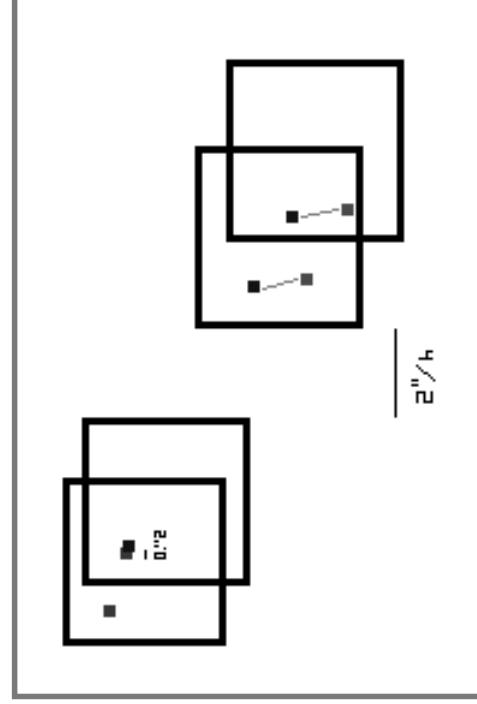


13. En la "Época de Descubrimiento" se hallaron más de 900.000 puntos con $\sigma \geq 3.5$.



14. Para distinguir los TNO's (reales o implantados) de los rayos cósmicos, piden que un punto se repita (a lo sumo desplazado $0.2''$) en dos imágenes sucesivas. Quedan así 7700 pares.

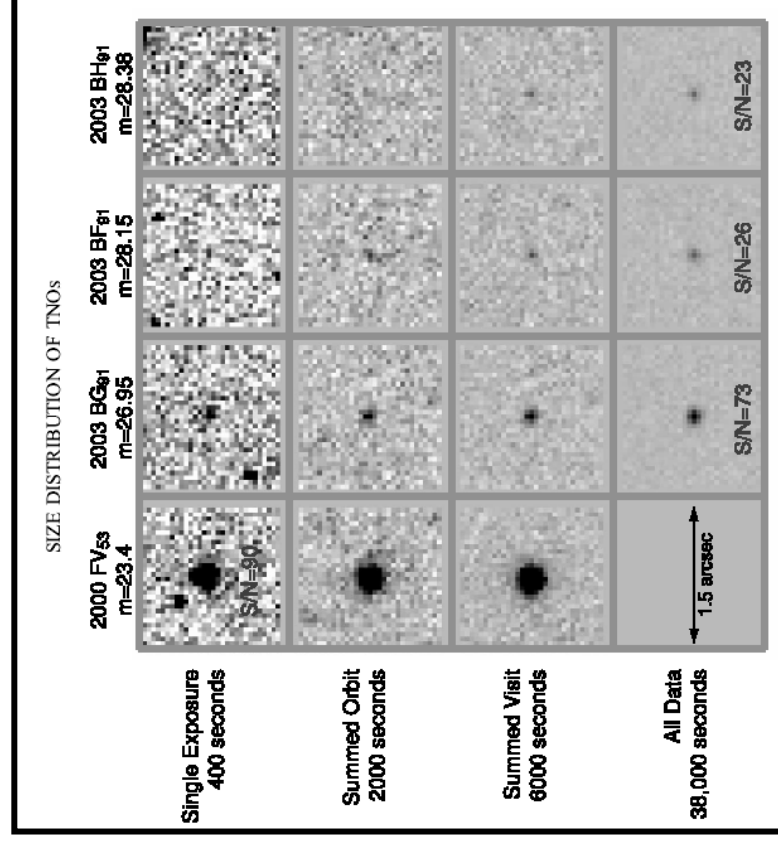
15. Lo siguiente es quedarse con los cuadrupletes que "linean bien" (en el sentido de que siguen una órbita esperada para un TNO). Se quedan con aquellos para los que entre la segunda y tercera imagen haya un desplazamiento de $2''$ en una hora (velocidad esperada para un TNO).



Se quedan así con 1300 cuadrupletes.

16. Luego de aplicar criterios orbitales para los TNO's (luego hablaré de ellos) se quedan con 49 "objetos". 46 son identificados como "implantados". La eficiencia del "Algoritmo de detección" es del 100% para puntos con $m \leq 27.6$. Los 3 objetos que restan son TNO's *reales!* y son recuperados luego en la ER, lo que confirma sus autenticidades:

- ➔ **2000FV₅₃** : Es el conocido Trans-Neptuniano de referencia, con $m=23.4$ y aparece en cada una de las 55 imágenes de la ED y en las 40 de la ER con $v = s/n \geq 80$).
 - **2003BG₉₁** : $m = 29.95 \pm 0.02$ (un Trans-Neptuniano NUEVO).
No mencionan con que v se destaca en las imágenes.
 - **2003BF₉₁** : $m = 28.15 \pm 0.04$ (otro Trans-Neptuniano NUEVO, con un brillo altamente variable (!!)) y aparece con $v = s/n \geq 3.5$ en la mayoría de las imágenes).
- ✓ Ambos TNO's son recuperados luego en la ER, lo que confirma sus autenticidades como tales.

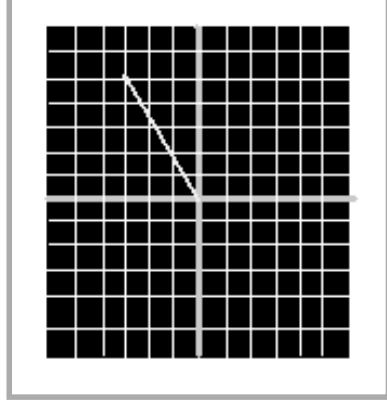


2. Búsqueda de objetos débiles por suma de imágenes:

El espacio de búsqueda:

- El espacio de las órbitas de los TNO's es un espacio 6D y una posible parametrización es $(\alpha, \beta, d, \dot{\alpha}, \dot{\beta}, d)$, donde $\alpha(T_0), \beta(T_0)$ para algún T_0

d es la distancia geocéntrica del TNO. Dado que d no varía en los 15 días de la campaña, su derivada es considerada nula. Es así como se tendrá un espacio 5D.



- “Grilla de flujo”: Sus coordenadas son (α, β) . Los límites del espacio de búsqueda es definido por los autores como:

- 1) $d > 25\text{UA}$ (incluso a $d = 1000\text{UA}$ la ACS observaba movimientos en algunos píxeles durante la campaña.
- 2) $q > 10\text{UA}$.
- 3) Órbitas elípticas (sólo consideran las directas).
- 4) $i < 45^\circ$

Pasos seguidos para la búsqueda de objetos débiles:

- a) Buscan definir la velocidad $(\dot{\alpha}, \dot{\beta})$ de una “banderita”. Así estiman su órbita y ven imagen tras imagen cómo se mueve un objeto de una a la otra.
- b) Lo hacen primero para las imágenes obtenidas en sólo un día (hacerlo para cada uno de los 5 días es mucho trabajo computacional).

- c) Realizan combinaciones posibles de pares $(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$ analizando 10^{14} puntos en el espacio de las fases de los TNO's. Los combinan quedándose con aquellas banderitas que superen $v = s/n \geq 4$.
- d) Para ellas aplican un programa "tune-up" (sintonía fina) . De esta forma los puntos reales (TNO's reales e implantados) incrementarán su v al ser superpuestos, mientras que los puntos falsos y ocasionales (ej. rayos cósmicos) al no tener velocidades de TNO's son descartados.
- e) Luego se realiza el mismo análisis para los otros 4 días.

- f) Ahora todos los pares emparentados de entre imágenes con $v > 7$ son nuevamente procesados con el programa "tune-up" y finalmente seleccionan aquellos con $v > 10$ como límite mínimo de significancia a alcanzar. Entre reales e implantados quedan 100 "objetos".
- g) Puntos con $v > 8.2$ son seleccionados "a ojo". Hay 2 asociaciones que saltan a la vista.
- h) Hay 92 detecciones con $v > 10$. Cuando Holman por fin devela cuáles son los *implantados*, estos resultan ser 89. Los tres restantes son:
- ➔ **2000FV₅₃** : El Trans-Neptuniano de referencia.
 - ➔ **2003BF₉₁** : Ya descubierto antes por el equipo.
 - **2003BH₉₁** : $m = 28.35$ (un Trans-Neptuniano NUEVO) con una significancia de $v = 16.7$.
- ✓ La técnica de "Tune-Up" es aplicada a la ER y el TNO nuevo es identificado nuevamente.

Combinan TODAS las imágenes obtenidas en la campaña y obtienen los mejores *constraint* para definir una órbita para cada uno de los 3 nuevos TNO's. Los datos observados del TNO conocido son tan buenos que permiten describir un claro arco durante 13 días.

No es el caso de los 3 nuevos.

Observación desde tierra:

45 días después de la campaña, intentan recuperar los 3 nuevos con el instrumento DEIMOS del Telescopio Keck II durante 2 noches, integrando 5hs. por noche en la banda R.

- 2003BG₉₁ fue detectado con magnitud $R = 27$.
 - 2003BF₉₁ y 2003BH₉₁ resultaron estar debajo del nivel de detección.
- (2 meses después lo intentan con el Telescopio Maguellan pero se frustró por mal tiempo).

Los elementos orbitales son finalmente refinados con las posiciones observadas por el Keck II.

TABLE 1
PROPERTIES AND BARYCENTRIC ELEMENTS OF DETECTED OBJECTS

| Name | d^a (AU) | a (AU) | e | i (deg) | Mean F606W Magnitude (STMAAG) | Mean R Magnitude ^b (Vega) | Diameter ^c (km) |
|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 2000 FY ₅₁ ^d | 32.92 ± 0.00 | 39.02 ± 0.02 | 0.156 ± 0.001 | 17.35 ± 0.00 | 23.41 ± 0.01 | 22.8 | 183 |
| 2003 BG ₉₁ | 40.26 ± 0.00 | 43.29 ± 0.06 | 0.071 ± 0.004 | 2.46 ± 0.00 | 26.95 ± 0.02 | 26.3 | 48 |
| 2003 BF ₉₁ | 42.14 ± 0.01 | 50 ± 20 | 0.4 ± 0.4 | 1.49 ± 0.01 | 28.15 ± 0.04 | 27.5 | 31 |
| 2003 BH ₉₁ | 42.55 ± 0.02 | 45 ± 13 | 0.2 ± 0.7 | 1.97 ± 0.02 | 28.38 ± 0.05 | 27.8 | 28 |

^a Heliocentric distance at discovery.
^b Assuming $V - R = 0.6$.
^c Assuming a spherical body with geometric albedo of 0.04.
^d Previously known trans-Neptunian object targeted for this study. Elements reported here are from ACS data alone.

- Todas son órbitas de la población CKB con $d = 40-43$ UA e $i < 3^\circ$. Las excentricidades son $e < 0.08$.
- No se observó ningún Plutino (pese a que se observó en la dirección adonde éstos alcanzan sus perihelios).
- Tampoco se observó ningún objeto con $e \gg$ ni muy distantes.

Restricción sobre la población Trans-Neptuniana

$$N(<R) = 10^{\alpha(R-R')} \text{ deg}^{-2} \quad (\text{Trujillo et al., 2001})$$

R=magnitud aparente en la banda R
 $\alpha=0.63\pm 0.06$
 $R'=23.0$
Es válida para R entre 19 y 27.

Función de distribución de densidad acumulada de TNO's en la eclíptica.

Predice que el Survey de Bernstein debería hallar unos 85 TNO's. Incluso con $\alpha=0.51$ deberían hallar unos 16. Bernstein et al. incluso advierten que la distribución de tamaños cambia su comportamiento entre $25 < m < 29$.

Colección de Surveys seleccionados de TNO's :

Desean obtener una "Densidad Superficial en Modo Diferencial" para TNO's usando Surveys que cumplan las siguientes condiciones:

1. Deben especificar coordenadas hacia adonde se observó.
2. Deben dar un área efectiva estudiada como función de m.
3. Surveys en los que se conocen todas las circunstancias en las que los objetos fueron descubiertos, incluyendo magnitudes, distancias heliocéntricas e inclinaciones estimadas.
4. Los que se concentran en longitudes eclípticas $\beta < 3^\circ$.

Bernstein(2004)(ACS),Chiang(1999)(CB), Gladman(2001)(GI), Allen(2002)(ABM), Trujillo(2001)(TJL), Larsen(2001)(La), Trujillo&Brown(2003)(TB)

Ajuste de los Surveys con una "Ley de Potencias Simple" :

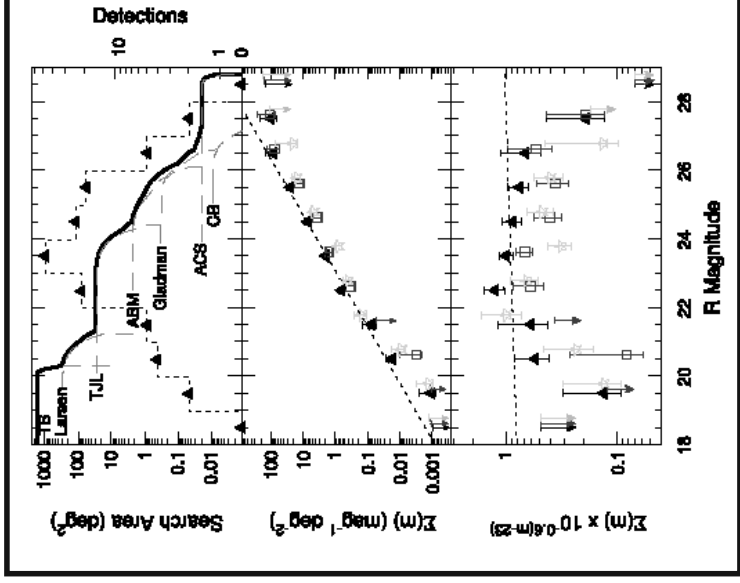
Se proponen ajustar su Surveys (ACS) y todos los otros Surveys aptos con una ley de la forma:

$$\Sigma(R) = \Sigma_{23} \cdot 10^{\alpha(R-23)} \text{ deg}^{-2}$$

Toman $R'=23$. Así $\Sigma(23) \equiv \Sigma_{23}$.

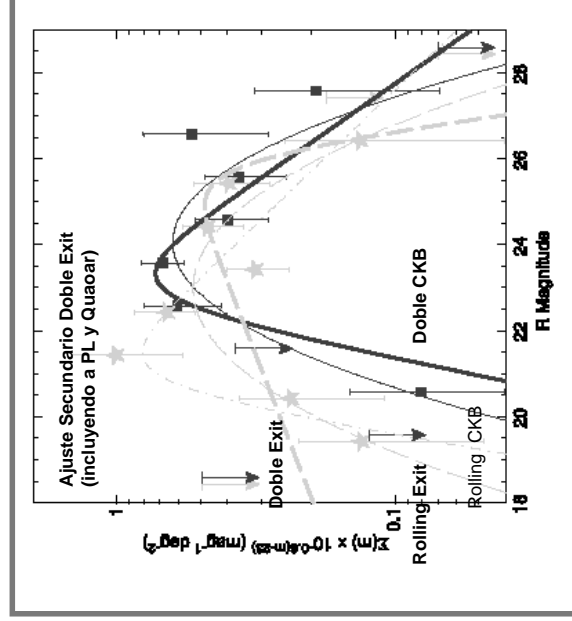
El mejor ajuste considerando todos los Surveys (menos ACS y TB) lo logran con $\alpha=0.61\pm 0.04$. Incluyendo e éstos, la pendiente es $\alpha=0.58\pm 0.02$.

Con esta ley "simple" las probabilidades de hallar un TNO con el Survey ACS es de 10^{-14} y con el Survey TB es aún menor. Usando una "Doble ley de potencias" la probabilidad es del 16% para hallar 3 TNO's con el Survey ACS.



Ajuste de los Surveys con una “Ley de Potencias Rolling”:

$$\Sigma(R) = \Sigma_{23} \cdot 10^{\alpha \cdot (R-23) + \alpha' \cdot (R-23)^2} \text{ deg}^{-2}$$



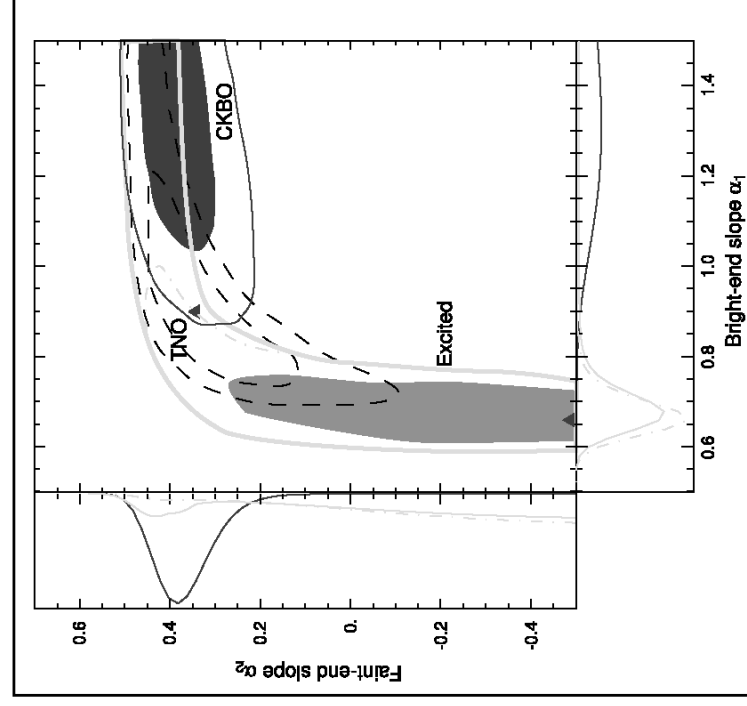
Esta ley no ajusta bien el número de TNO's de la clase Excited que son más brillantes hallados cerca del plano invariante. Una “Ley doble de potencias” lo logrará.

Ajuste de los Surveys con una “Ley de potencias Doble”:

$$\Sigma(R) = \frac{(I + c) \cdot \Sigma_{23}}{10^{-\alpha_1 \cdot (R-23)} + c \cdot 10^{-\alpha_2 \cdot (R-23)}},$$
$$c \equiv 10^{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (R_{eq} - 23)}$$

- Los parámetros libres del modelo son α_1 , α_2 , R_{eq} , Σ_{23} .
- Toman sólo valores de pendientes tales que $\alpha_2 < \alpha_1$.
- R_{eq} es el valor de R para el cual $\alpha_2 = \alpha_1$.
- Toman $R' = 23$. Así $\Sigma(23) \equiv \Sigma_{23}$.

Esta función es una ley de potencias con pendiente α_1 en la región “Bright-end” y se comporta como otra ley de potencias simple con pendiente α_2 en la región “Faint-end”.



Las masas estimadas de las poblaciones CKB´o y ETN´o

$$M_{total} = \sum_{TNO's} M_i = M_{23} \cdot \Omega \cdot \int dR \cdot \sum (R) \cdot 10^{-0.6 \cdot (R-23)} \cdot f^{-1} \cdot \left\{ \left(\frac{p}{0.04} \right)^2 \cdot \left(\frac{d}{42UA} \right)^6 \cdot \left(\frac{\rho}{1000 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \right\}$$

$M_{23} = 7.8 \cdot 10^{18} \text{ kg}$. (masa de los TNO´s de magnitud $R = 23$ [considerando p, d (heliocéntrica), ρ canónicos].
 $\Sigma(R) \cdot 10^{-0.6(R-23)}$: Densidad media de TNO´s dentro del ángulo sólido Ω con mag. R .
 f : Fracción de TNO´s que poseen mag. R .

4 La masa de la Clase CKB:

Considerando esta población con $38UA < d < 55UA, i < 5^\circ$:

$$M_{CKB6} = (5.3 \pm 0.9) \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot \left(\frac{p}{0.04} \right)^2 \cdot \left(\frac{d}{42UA} \right)^6 \cdot \left(\frac{\rho}{1000 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right)$$

La masa de la población de los “Clásicos” es “nominalmente” $0.01 M_{\oplus}$ (o sea, $4M_{PL}$).
Trujillo(2001) estima para todo “Clásico” con $D=10 \text{ km} - 2000 \text{ km}$ una masa TOTAL de $1.8 \cdot 10^{23} \text{ kg}$.

Discrepancias entre Bernstein y Trujillo:

- Parte de la discrepancia con Bernstein puede estar en que Trujillo define a esta población entre 41-46 UA y $e < 0.25$.
- Pero lo que marca una mayor diferencia es que Trujillo toma $\alpha=0.6$ y Bernstein asigna α siempre un valor MAYOR a 0.6 para $m \leq 24$, reduciendo así la masa que Trujillo le otorga a los **grandes cuerpos “Clásicos”**.

2 La masa de la población “Excited”:

Bernstein considera que la mayoría de los ETNO´s son Plutinos cercanos a las 39UA (consideran a éstos como la mitad de la población de los ETNO´s). Plutinos con $i < 39$ son incluidos en la población de los “Clásicos”.

Por ello, suponiendo $d=39UA$ calculan la masa de los ETNO´s como el doble de:

$$M_{Plutinos} \leq 1.30 \cdot 10^{23} \text{ kg} \cdot \left(\frac{p}{0.04} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{d}{42UA} \right)^6 \cdot \left(\frac{\rho}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{f}{0.5} \right)^{-1}$$

Trujillo estima que Plutón posee más del 10% de la masa total de los objetos del SD.

Los Grandes Objetos de las Clases Dinámicas

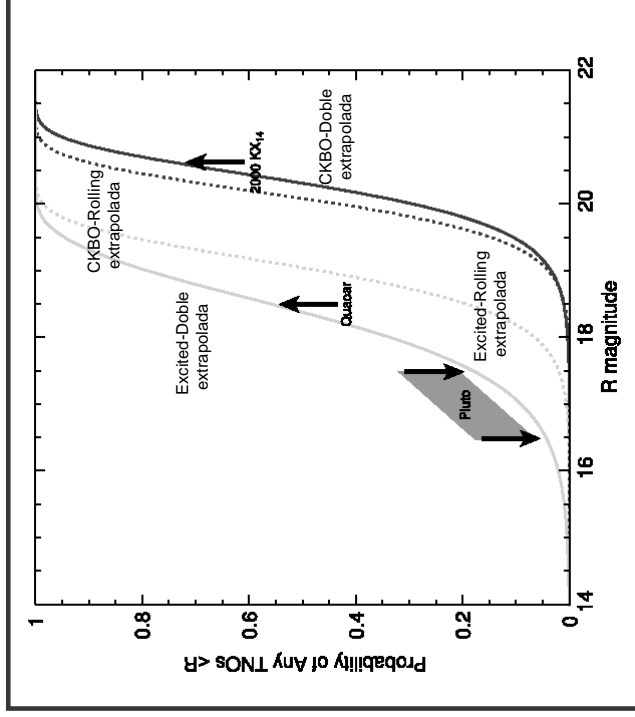
Usando la densidad superficial dada por la “Doble Ley de Potencias” examinan la distribución de los grandes objetos.

En el extremo “Bright-end”, dicha Ley ajusta mejor para la población “Clásica” que para la población de los “Excited”.

Ello hablaría de:

- *Historias de acreción* diferente entre ambas Clases Dinámicas
- Y que a su vez la *erosión* no afectó considerablemente a los “grandes objetos” de estas clases.
- Comparando los “grandes y brillantes” de una clase con la otra, los “clásicos” son más chicos.
- La masa total de los “Excited” estaría concentrada en sus cuerpos mayores.

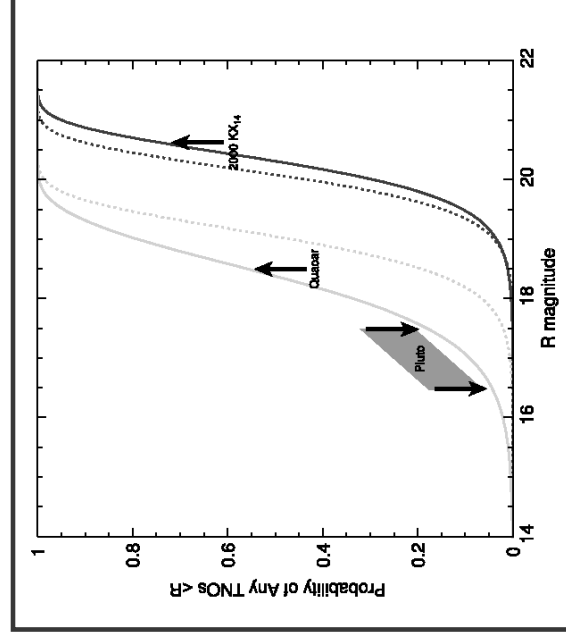
Probabilidad de hallar un TNO brillante dada una mag. R



- $\langle R \rangle_{\text{CKBO}} = 20.3$
- El Clásico más brillante $R_{2002\text{KX}14} = 20.6$ (Survey TB)
- Los ajustes y extrapolaciones obtenidas con la “Doble” da un 70% de hallar un objeto como 2002KX₁₄.
- Extrapolaciones con los “Excited” son más especulativas.

- TNO más brillante es Plutón:
 $R = 17.5$ ($p = 0.04$)
 $R = 16.5$ ($p = 0.1$)

- R esperada para un Exitado brillante:
18.4% (Ley Doble).
19.0% (Ley Rolling)



- Con la Ley Doble la probabilidad de hallar un ETNO brillante esta entre 14%-17%.
- Con la Ley Rolling la probabilidad de hallar a PL es <2% (así PL sería una excepción y poseería un *mecanismo de formación* diferente a cualquier otro TNO).
- Exceptuando el sistema PL-Charon, es Quaoar el más brillante con $R = 18.5$ (pero con $i = 8^\circ$ Bernstein lo excluye de su definición de CKBO).

- De la fig. se desprende que los “Exitados” estarían entre PL y Q.
- Ello confirma que: La “Doble” ajusta bien los grandes objetos brillantes y la “Rolling” también si el sistema PL-Ch es considerado una excepción.

● Población CKBO:

- Los 10 objetos más brillantes poseen $20.6 < R < 21.8$
- Contribuyen al 2% de la población total.
- Ello confirma la validez de tomar $\alpha_r > 0.85$ (pendiente de la zona “Bright-end”) con la cual el ajuste de la Ley Doble muestra que los objetos brillantes no son una fracción importante de la población total.

● Población Resonantes-SD (excluyendo al sistema PL-Ch):

- Los 10 objetos más brillantes poseen $18.5 < R < 20.5$
- Sumando sus masas: $1.3 \cdot 10^{22}$ kg. (aprox. m_{PL}). Contribuyen al 10% de la masa total de la población de los “Excited”.
- Ello confirma la validez de tomar $\alpha = 0.6$ en la “Ley de Potencias Simple”.

- Bajo el modelo de una Ley de Potencias Doble, Plutón es un cuerpo ciertamente grande (una “rareza”) pero no **anómalamente** grande dentro de la población de los Excited.
- Como en el actual Espacio-Transneptuniano la erosión no ha alterado objetos con $D > 100$ km, una interpretación simple podría ser que los Excited se formaron en una región del Sistema Solar donde se facilitó el proceso de acreción en regiones más alejadas que las 42UA.
- Ello apoyaría la idea de Malhotra (1993, 1995) y Gomes (2003) de que los Excited se formaron a partir de una población poco “exitada” cercana al Sol, donde un espacio densamente poblado y altas velocidades relativas aceleraron el proceso de acreción.

La fuente de los cometas de la familia de Júpiter

Es común aceptar que los Cometas de la Familia de Júpiter (JFC's) y los Centauros son objetos provenientes del KB.

Comparación de modelos:

- 1993: Holman & Wilson: Sostienen que el KB es la fuente y hablan de $5 \cdot 10^9$ cometas.
- 1997: Levison & Duncan: En un modelo más refinado estima el número en $7 \cdot 10^9$ cometas, también provenientes del KB. Ese cálculo esta basado en que hoy podemos definir un “cold” KB, con la mayoría de los cuerpos con $i << y e <<$.
- 1997: Duncan & Levison: En otro modelo estos autores estiman al SD como fuente de los JFC's y estiman una población de $6 \cdot 10^8$ cometas en todo el SD y que $1.4 \cdot 10^8$ tienen distancias heliocéntricas entre 30-50 UA.
- 1997: Morbidelli: Este autor especula que la fuente son Plutinos y estima que la población de Cometas-Plutinos es $4.5 \cdot 10^8$. En un modelo más refinado estima el número en $7 \cdot 10^9$ cometas, también provenientes del KB. Ese cálculo esta basado en que hoy podemos definir un “cold” KB, con la mayoría de los cuerpos con $i << y e <<$.

➔ **Aspectos comunes de los distintos modelos:**

- Todos suponen que varias clases de objetos del KB son un potencial reservorio estable de JFC's.
- Todos sostienen que una pequeña fracción de ellos escapa al interior del Sistema Solar en escalas de miles de millones de años, luego de ser perturbados por los planetas gigantes.

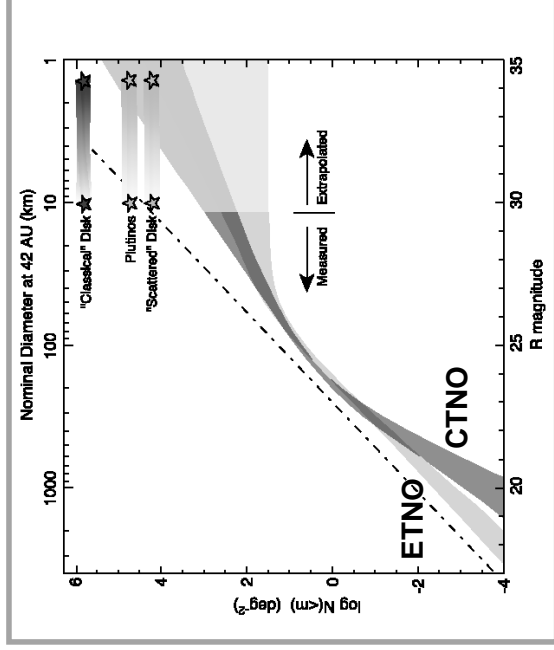
➔ **Discrepancias entre los modelos:**

- Los modelos sólo difieren en las condiciones iniciales adoptadas.
- La elección que cada autor hace sobre QUÉ sub-clase de objetos dentro del KB es la verdadera fuente.

➔ **La posición de Bernstein et al. :**

- La posición de Bernstein es que aún (2004) es prematuro saber cuál es la verdadera fuente (si es que hay una sola).
- Lo que sí está en condiciones de afirmar es que los CKBO's no lo son.
- Estaría en condiciones de aceptar que la población de los Excitados puede serlo, pero cambiando ciertos parámetros de los modelos y realizando extrapolaciones de TNO's conocidos.

Densidad superficial acumulada de los ETNO's y de los CTNO's



- Las bandas horizontales son estimaciones teóricas basadas en los modelos que dan al KB como fuente de los JFC's.
- Las extensiones de dichas bandas remiten a que no esta bien definida la fuente, "mintiendo" en algún lado en objetos de 1Km de diámetro.

● La población observada experimenta una caída en la densidad superficial calculada para posibles fuentes de JFC's a menos que se suponga la extrapolación de los ETN's. La población de los CKB ó cae 10 veces menos (como posible reservorio) aún con una extrapolación favorable. (???)

RESULTADOS

- ◆ La cámara ACS demostró ser eficiente en la búsqueda de TNO's de $m < 29.2$ en un área de 0.019 deg^2 .
- ◆ Los TNO's que se esperaban obtener suponiendo una "Ley de Potencias Simple" eran aprox. 85. El resultado fue que sólo se descubrieron 3.
- ◆ Los 3 nuevos objetos son consistentes con órbitas quasi-circulares, semiejes $\approx 42 \text{ UA}$ y bajas inclinaciones ("Clasicos") (aunque los autores admiten que datos más precisos requieren un mayor seguimiento).
- ◆ Suponiendo un albedo canónico de 0.04 sus diámetros oscilarían entre 25-44 km.
- ◆ No detectan objetos a más de 43UA.

- ◆ Llama la atención el que no detecten ningún Plutino.
- ◆ Ven una clara diferencia entre las poblaciones de “Excitados” y “Clásicos” que revelan una diferencia en distribución de magnitudes. Sostienen que hay una verdadera distribución de tamaños.
- ◆ Ello implicaría historias de acreción y erosión diferentes entre ambas Clases Dinámicas.
- ◆ Ambas poblaciones claramente no se ajustan a una “Ley de Potencias Simple” y si lo hacen aceptablemente ante una “Ley de Potencias Doble”.
- ◆ Los parámetros que mejor ajustan esta curva con las observaciones, revelan que la población de los “Excitados” poseen su mayor masa concentrada en grandes cuerpos que se encuentran a su vez entre los más brillantes TNO’s descubiertos.

- ◆ Si la “Ley de Potencias Doble” que proponen es correcta, ésta predice que pueden hallarse objetos tan masivos como Pluton. Arriesgan que posiblemente Pluton haya sido un “Excitado” en su origen.
- ◆ La masa total de los CKB es aprox. $0.01 M_{\oplus}$.
- ◆ La masa total de los Excitados es más incierta debido a que su extensión radial y vertical es menos conocida, pero sin embargo puede afirmarse que dentro de las 50UA ambas poblaciones poseen masa similar.
- ◆ Los autores sostienen que debe abandonarse la idea de un equilibrio colisional basado en leyes (“scale-free fracturing”) que postulan que un cuerpo puede fracturarse independientemente de su tamaño.

➔ **Los datos son consistentes con un cuadro en el cual:**

- La actual región CKB (cercana a las 42UA) y una más interna (hoy vaciada de planetesimales) era en un principio más masiva.
- Acreción de planetesimales de 10km procedentes de ambas regiones llevaron a formar cuerpos de 100km en el CKB.
- Cuerpos de 1000km se generaron en esa región debido a su poder de acreción.
- La migración de Neptuno (u otro objeto masivo) despejo esa región “creando” lo que hoy conocemos como la población de los “Excitados”.
- Esa migración (o algún otro proceso) también perturbó las excentricidades en el disco, comenzando la erosión entre los TNO's con $D < 100\text{km}$. Hoy éstos, han disminuido sus diámetros considerablemente.

● **Las principales preguntas que se imponen son:**

1. En qué orden y en qué escala de tiempo:
 - a) Se dispersó la población de los “Excitados”.
 - b) Se acrecieron los grandes cuerpos.
 - c) Se redujo la cantidad de cuerpos más pequeños.
2. ¿Hubo en los últimos 3000 millones de años, importantes procesos de colisiones y reducciones o el escenario fue más inactivo de lo que se cree?
3. ¿La población de los CKB perdió poca masa debido a al erosión o hubo procesos dinámicos que hicieron que perdiera una masa considerable en forma de grandes cuerpos?
4. ¿Cuál o cuáles son la verdadera fuente de los JFC?
5. ¿Por qué no hay un “outer” KB?

Fin