

## COMBINACION DE MATERIAL FOTOGRAFICO OBTENIDO CON DIFERENTES TELESCOPIOS SCHMIDT PARA LA DETERMINACION DE MOVIMIENTOS PROPIOS

F. Della Prugna

Centro de Investigación de Astronomía,  
Venezuela.

### RESUMEN

Se determinaron movimientos propios de objetos selectos en la región  $\alpha = 20^{\text{h}}00^{\text{m}}$ ,  $\delta = -32^{\circ}30'$ . Se utilizaron seis placas fotográficas, cuatro de ellas tomadas con el telescopio Curtis Schmidt del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, equipado con prisma-objetivo, en junio de 1970 y dos placas directas tomadas con el telescopio Schmidt de 1 m del CIDA. Los resultados obtenidos utilizando para la primera época el material proveniente del prisma objetivo, demuestran que distintos telescopios Schmidt y diferentes técnicas de observación pueden ser empleadas valiosamente en la determinación de movimientos propios.

### ABSTRACT

Six plates centered on  $\alpha = 20^{\text{h}}00^{\text{m}}$ ,  $\delta = -32^{\circ}30'$ , four taken with objective-prism at Cerro Tololo Inter-American Observatory on June 1970 and two direct plates obtained with the CIDA Schmidt telescope in June 1980, were measured with the purpose of determining proper motions for all objects common to the six exposures. The results obtained using the plates taken with objective-prism as first epoch, show that different Schmidt telescopes and observational techniques can successfully be employed to determine proper motions.

*Key words:* STARS-PROPER MOTIONS – ASTROMETRY

### I. INTRODUCCION

Las primeras aplicaciones de la fotografía en Astronomía de posición, remontan al año 1903 cuando F. Schlesinger usando el gran refractor de un metro en Yerkes, obtuvo fotografías de cúmulos globulares con el fin de determinar movimientos relativos de los miembros estelares (Schlesinger 1960).

A pesar de que la introducción de la fotografía en la investigación astronómica representó el paso decisivo hacia la astrometría fotográfica moderna, los observadores siempre estuvieron conscientes de que las aberraciones cromática y de coma, ambas presentes en un sistema refractor, imponían serias dificultades en el cálculo de posiciones estelares.

En la determinación de movimientos propios, intervienen generalmente dos exposiciones del mismo campo que difieren por decenas de años. Los errores introducidos por la aberración cromática y de coma pueden ser reducidos enormemente si el telescopio y el tipo de emulsión que se emplearon en la primera época se utilizan también en la segunda. Sin embargo, hoy día esto no siempre es posible. Muchos de los instrumentos utilizados en el comienzo del siglo, han sufrido modificaciones importantes; algunos han sido desarmados y otros ya han dejado de funcionar.

Es evidente que el empleo de un sistema óptico libre de la problemática causada por las aberraciones cromática y de coma, puede proporcionar material fotográfico

mucho más valioso en el tiempo cuando se desee determinar movimientos propios. El uso del sistema óptico Schmidt, el cual está libre de coma, es entonces preferible. Además, los efectos cromáticos introducidos por el corrector afocal son despreciables debido a su delgadez.

La precisión astrométrica del telescopio Schmidt equipado con prisma-objetivo y el método de las dispersiones invertidas ha sido ampliamente demostrada por Stock (1978). Las consideraciones más importantes acerca del método pueden ser resumidas en los siguientes puntos:

a) Por cada objeto hay una serie de líneas de aberración bien definidas presentes en el espectro que permiten una mayor precisión durante el proceso de medición.

b) Las mediciones así obtenidas son estrictamente monocromáticas.

c) Es posible medir objetos en un amplio rango de magnitud sin pérdida de precisión puesto que el espectro de un objeto muy brillante siempre mostrará en su parte violeta, líneas de absorción medibles.

En base a estas sencillas consideraciones hemos querido explotar la posibilidad de usar para la primera época material obtenido con prisma-objetivo con la finalidad de determinar movimientos propios de todo objeto medido y con su espectro clasificado. Si esto es posible se podrá extraer del material fotográfico la siguiente información: 1) Posición ( $\alpha, \delta$ ), 2) tipo espec-

tral, 3) magnitud, 4) velocidad radial, y 5) movimientos propios (cuando la segunda época esté disponible).

La obtención de los puntos 1 hasta 4 es trabajo rutinario en el CIDA. Sin embargo, para la determinación de movimientos propios hemos tenido que agregar nuevo material obtenido con el telescopio Schmidt CIDA de un metro de abertura utilizándolo sin prisma objetivo.

Con una diferencia de época de apenas diez años y considerando la gran cantidad de información proporcionada por un solo tipo de material, se ha podido constatar la validez y el potencial del método, sobre todo si se tiene en cuenta el ahorro precioso de tiempo observacional.

## II. DISCUSION DEL MATERIAL Y DEL PROCESO DE MEDICION

El material consta de seis placas centradas en la región  $\alpha = 20^{\text{h}}00^{\text{m}}$ ,  $\delta = -32^{\circ}30'$ . Cuatro de ellas obtenidas en junio 1970 con el telescopio Schmidt Curtis de 60 cm de abertura equipado con un prisma objetivo de  $4^{\circ}$  que brinda una dispersión de aproximadamente  $225 \text{ \AA mm}^{-1}$  en H $\gamma$  situado en Cerro Tololo (Observatorio Interamericano de Cerro Tololo) y dos placas directas obtenidas con el telescopio Schmidt CIDA de un metro de abertura (100/150/300 cm). Este material es el punto de partida de la presente investigación.

En las cuatro placas obtenidas con prisma objetivo las exposiciones fueron de 20 minutos utilizando emulsión Kodak IIa0 y rotando el vértice del prisma 180 grados, después de cada exposición, con la finalidad de invertir las dispersiones de los espectros. Las exposiciones en las placas directas fueron de 30 segundos utilizando una emulsión IIa0.

La medición y la clasificación espectral fue llevada a cabo por el autor empleando un estereocomparador de precisión Zeiss PSK 2.

El método de ajuste de bloques, desarrollado y aplicado con éxito por Stock (1981), fue utilizado en el cálculo de las posiciones. Esto fue realizado en el CIDA con una computadora NOVA 3 y usando el catálogo Perth 70 (Høg y von der Heide 1976) como sistema de referencia.

Las posiciones así obtenidas fueron usadas con el fin de encontrar en las placas correspondientes a la segunda época los objetos medidos y clasificados anteriormente.

Debido al campo ligeramente más pequeño del telescopio Schmidt CIDA, comparado con el Curtis, algunos objetos no aparecen en las placas correspondientes a la segunda época causando en consecuencia la exclusión de éstos del cálculo de movimiento propio.

## III. REDUCCION DE LAS MEDICIONES INHERENTES AL MATERIAL CON PRISMA-OBJETIVO

Stock y Upgren (1968) han descrito detalladamente la distorsión introducida por el prisma-objetivo. Stock

(1978) ilustra claramente como reducirla y como cancelar el error causado por la velocidad radial introducido al combinar dos placas con dispersiones invertidas. La única aberración que puede estar aún presente, debida principalmente a una orientación inadecuada del prisma, es una distorsión del campo, proveniente de la suma de las dos distorsiones originales. Sin embargo, ésta es de menor cuantía comparada con las anteriores y fácilmente puede ser compensada con correcciones analíticas.

## IV. CALCULO DE LOS MOVIMIENTOS PROPIOS

Dos grupos de coordenadas rectangulares, correspondientes a la primera y a la segunda época respectivamente, fueron perforados en tarjetas y almacenados en el disco magnético de la NOVA 3, permitiendo de tal manera un fácil y rápido acceso a los datos. Después de haber excluido del cálculo aquellos objetos que manifestaban un movimiento propio notablemente grande, los coeficientes que permiten la transformación de la segunda a la primera época fueron determinados mediante un ajuste de cuadrados mínimos.

La transformación de  $\xi, \eta$  (segunda época) a  $X, Y$  (primera época), en general está dada por:

$$X = \sum_{i,j=0}^n A_{ij} \xi^i \eta^j \quad (1)$$

$$Y = \sum_{i,j=0}^n B_{ij} \xi^i \eta^j \quad (2)$$

En el cálculo fueron considerados términos hasta de tercer orden ( $i + j = 3$ ), determinándose veinte coeficientes.

Los residuos calculados con base en (1) y (2) se convierten fácilmente en movimientos propios relativos en  $\alpha$  y  $\delta$ . El segundo paso consiste en llevar éstos a un sistema conocido. La comparación de los valores  $\mu_{\alpha}$  y  $\mu_{\delta}$  así obtenidos con los del catálogo de Yale (Hoffleit 1967) demostró que solamente  $\mu_{\alpha}$  (CIDA) difería de  $\mu_{\alpha}$  (Yale) por una pequeña constante. La relación entre los movimientos propios finales CIDA y Yale, ilustrada en las Figuras 1 y 2, indica que no existe un factor de escala entre los dos sistemas.

## V. ERRORES INTERNOS

El análisis de los resultados del material obtenido con prisma-objetivo muestra que el error rms es de  $0^{\circ}0135$  en  $\alpha$  y de  $0''.180$  en  $\delta$ . Por lo que concierne al material obtenido con el telescopio Schmidt CIDA los errores rms son de  $0^{\circ}0135$  y  $0''.170$  en  $\alpha$  y  $\delta$ , respectivamente. Por consiguiente, el error rms en  $\mu_{\alpha}$  es de  $0^{\circ}0019 \text{ año}^{-1}$  y de  $0''.025 \text{ año}^{-1}$  en  $\mu_{\delta}$ .

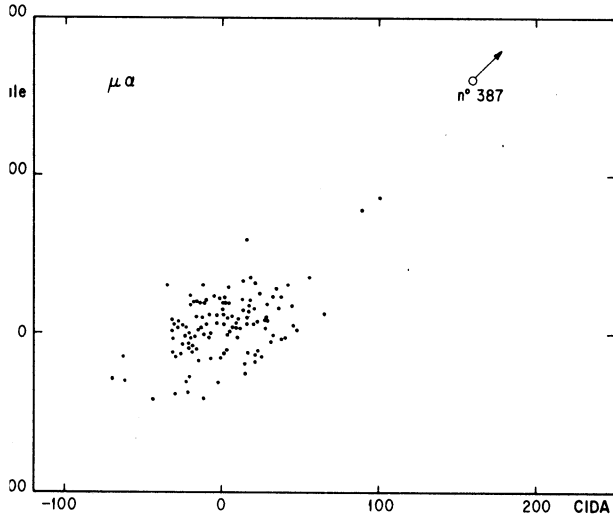


Fig. 1. Comparación de  $\mu_{\alpha}$  (CIDA) con  $\mu_{\alpha}$  (Yale). El objeto n.º 387 se encuentra fuera del diagrama con la dirección indicada por la flecha siendo su movimiento propio de  $0.0317$  para CIDA y  $0.320$  para Yale. Las unidades están expresadas en  $0''.0001$ .

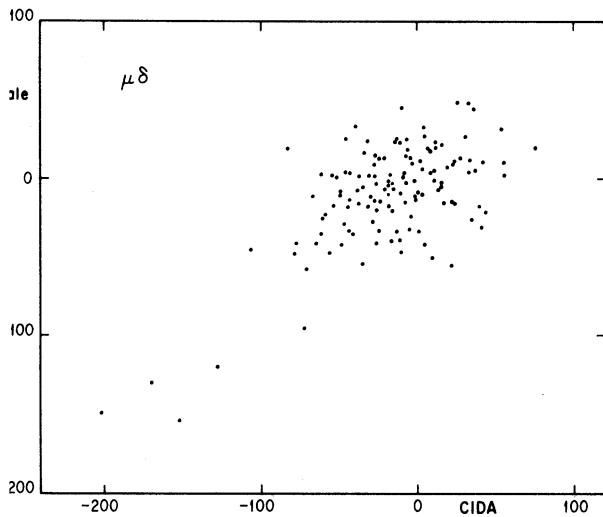


Fig. 2. Comparación de  $\mu_{\delta}$  (CIDA) con  $\mu_{\delta}$  (Yale). Las unidades son expresadas en  $0''.001$ .

#### VI. CONSIDERACIONES SOBRE EL CATALOGO DE YALE

Con la finalidad de analizar posibles errores sistemáticos dependientes de la magnitud y/o del color, que otros autores han detectado en los datos del catálogo de Yale, los promedios de las diferencias entre los movimientos propios de ambas fuentes fueron calculados y

graficados para diferentes intervalos de magnitud. Los resultados, ilustrados en las Figuras 3 y 4, muestran una dependencia evidente en la magnitud. Las diferencias fueron corregidas por el efecto de magnitud, igualmente fueron agrupadas en intervalos de color. El resultado obtenido respecto a la dependencia en color no es convincente, principalmente por la escasez en el campo de objetos con colores extremos.

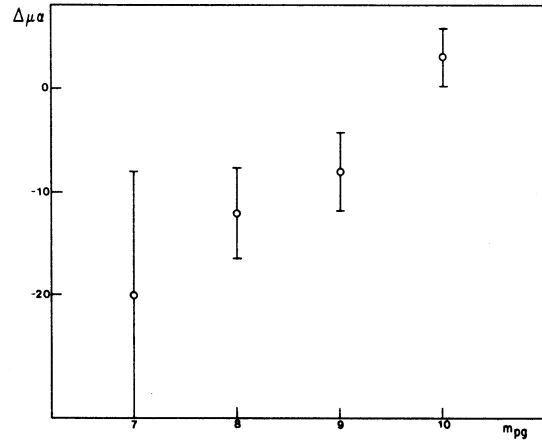


Fig. 3. Magnitud fotográfica aparente versus residuos en  $\mu_{\alpha}$ .

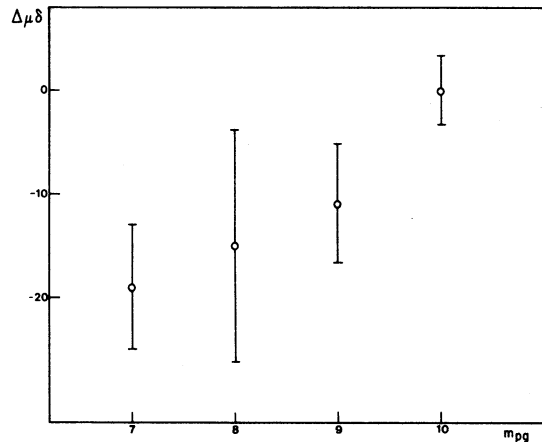


Fig. 4. Magnitud fotográfica aparente versus residuos en  $\mu_{\delta}$ .

#### VII. CONCLUSION

Ciertamente la obtención de movimientos propios de la más alta precisión alcanzable no es el objetivo fundamental del método ilustrado anteriormente, principalmente por las limitaciones impuestas por las modestas distancias focales utilizadas. Sin embargo, la posibilidad de obtener una gran cantidad de información a partir de

un solo tipo de material, atribuye al método un potencial considerablemente alto.

Este método permite desarrollar estudios estadísticos acerca de la estructura de nuestra Galaxia, así como la búsqueda de objetos con características peculiares. La validez de los resultados derivados de la combinación de diferentes telescopios Schmidt y técnicas de observación, ha sido demostrada.

Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Jurgen Stock por su constante guía y ayuda, y a Mary Araque por su colaboración.

## REFERENCIAS

- Hoffleit, D. 1967, *Trans. Astr. Obs. of Yale University*, Vol. 28  
Høg, E. y von der Heide, J. 1976, *Abh. Hamburger Sternwarte*  
Vol. IX.  
Schlesinger, F. 1960, in *Source Book in Astronomy 1900-1950*  
ed. H. Shapley (Cambridge: Harvard University Press), p. 112  
Stock, J. y Uppgren, A.R. 1968, *Publ. Dept. Astron. Univ. Chile*  
II, No. 1.  
Stock, J. 1978, in *Modern Astrometry, IAU Colloquium No. 48*  
eds. F.V. Prochazka and R.M. Tucker (Vienna: Institute o  
Astronomy), p. 411.  
Stock, J. 1981, *Rev. Mexicana Astron. Astrof.*, 6, 115.

Franco Della Prugna: Centro de Investigación de Astronomía "Francisco J. Duarte", Apartado Postal 264, Mérida 5101-A, Venezuela.