

DETERMINACION DEL MOVIMIENTO DEL POLO TERRESTRE EN BASE A RESULTADOS OBTENIDOS POR ESTACIONES DEL HEMISFERIO SUR

E.F. ARIAS

Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de La Plata
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Abstract: The polar coordinates during the period 1972-1975 were calculated, every five days, with the time and latitude results of Punta Indio and Mount Stromlo Photographic Zenith Tubes and San Juan and Santiago de Chile Astrolabes.

Key words: Astrometry, polar motion, time, latitude, poloid.

El objeto del presente trabajo es la determinación de la trayectoria del polo terrestre durante el período comprendido entre el 1° de junio de 1972 y el 1° de octubre de 1975. Se consideró de interés el cálculo de las coordenadas polares utilizando solamente resultados obtenidos en estaciones del hemisferio sur y, para ello, se seleccionaron las cuatro estaciones de nuestro hemisferio que participan del programa del Bureau International de l'Heure (BIH).

El sistema de latitudes y longitudes iniciales adoptadas para cada estación, fija el sistema de referencia respecto al cual se expresan las coordenadas polares y el TUI (tiempo universal corregido por movimiento polar). El sistema está definido por un punto situado en las proximidades del polo instantáneo de rotación y por otro punto fijo sobre su ecuador, próximo al meridiano de Greenwich. El sistema de referencia adoptado por BIH, es el sistema BIH 1968 (Origen Convencional Internacional), definido por las coordenadas adoptadas para todos los observatorios que participan de su programa. En este trabajo no se ha adoptado este sistema de referencia, sino que se tomó como origen el punto determinado por las latitudes medias de cada una de las cuatro estaciones, calculadas a partir de los valores obtenidos en las observaciones del período 1972-1975 (Tabla 1). Como consecuencia de haber adoptado un origen de las latitudes que no coincide con el BIH 1968, habrá una diferencia que, idealmente, debería ser constante entre las coordenadas calculadas y las que publica el BIH.

El cálculo de las coordenadas del polo se realizó utilizando simultáneamente los resultados de tiempo y latitud mediante el planteo del sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} x \cos \lambda_{0i} + y \sin \lambda_{0i} + z &= \phi_i - \phi_{0i} \\ - x \operatorname{tg} \phi_{0i} \sin \lambda_{0i} + y \operatorname{tg} \phi_{0i} \cos \lambda_{0i} + t &= TU_{0i} - TUC \end{aligned} \quad (I)$$

donde: x, y son las coordenadas del polo,
 ϕ_{0i}, λ_{0i} son los valores de la latitud y de la longitud adoptados para el i ésimo observatorio,
 ϕ_i es el valor de la latitud obtenido en el i ésimo observatorio,
 TU_{0i} es el tiempo universal observado en el i ésimo observatorio,
 TUC es el tiempo universal coordinado definido por señales horarias,
 $t = TU_1 - TUC$ (TU_1 es el tiempo universal corregido por movimiento polar),
 z es una incógnita auxiliar común a todas las estaciones, independiente de la variación polar.

TABLA 1. Instrumentos que opera cada estación y longitudes y latitudes iniciales adoptadas para cada una de ellas.

<u>Estación</u>	<u>Instrumento</u>	<u>Longitud</u>	<u>Latitud</u>
Punta Indio	Tubo Cenital Fotográfico	$3^h 49^m 08^s.6300$	$-35^\circ 20' 40''.399$
Mount Stromlo	Tubo Cenital Fotográfico	$-9\ 56\ 01.2453$	$-35\ 19\ 17.633$
San Juan	Astrolabio de Danjon	$4\ 34\ 28.7420$	$-31\ 30\ 38.689$
Santiago de Chile	Astrolabio de Danjon	$4\ 42\ 11.8497$	$-33\ 23\ 56.704$

Se adoptó el método de cálculo empleado por el BIH según el siguiente esquema:

- Cálculo de promedios pesados de latitud y de $TU_0 - TUC$ para cada estación, cada cinco días de observación.
- Cálculo de valores alisados de los promedios de ϕ y de $TU_0 - TUC$, subdividiendo el intervalo total de cuarenta meses en tres períodos de aproximadamente trece meses cada uno.
- Resolución del sistema (I) con los valores alisados de ϕ y de $TU_0 - TUC$.

Para alisar las curvas de tiempo y latitud se aplicó el método de alisado de datos observacionales de Vondrák, que busca una relación funcional entre un argumento y una variable, sobre la base de valores observados de la variable, afectados por errores de medición. En este caso, el factor básico es el movimiento polar. La esencia del método consiste en minimizar la función $F + \lambda^2 S$, siendo

$$F = \sum \rho_i (y_i - y'_i)^2 \quad S = \int \{\phi''''(x)\}^2 dx$$

donde y_i son los valores observados de la variable, y'_i sus valores alisados. λ^2 es una constante a seleccionar que indica el grado de compromiso entre dos posibilidades límite: Si λ^2 se anula, se obtiene la coincidencia entre las coordenadas alisadas y las observadas; si λ^2 toma el valor infinito, deberá anularse la función S y minimizarse F , obteniéndose la parábola de segundo orden que mejor se corresponde con los puntos observados.

Para simplificar la notación se adopta como parámetro $\epsilon = 1 / \lambda^2$. El problema se presenta en la selección del ϵ óptimo que permita obtener como resultado aquella curva alisada que mejor se corresponda con la realidad. Si calculamos el error medio cuadrado

tico M a partir de las diferencias $y_i - y'_i$, M será función de ϵ , y si conocemos la exactitud m de la medición, el ϵ óptimo será el que satisfaga la relación $M(\epsilon) = m$. Para el caso de los tubos cenitales, se adoptó la fórmula convencional para el cálculo del error medio cuadrático de la unidad de peso. Para los astrolabios se adoptó el criterio que asigna la unidad de peso a aquel grupo cuyo error medio cuadrático es $\sigma^2 = 0.1$. De esta manera se calcularon los errores medios cuadráticos que se dan en la Tabla 2, utilizándose para la selección del ϵ óptimo de cada estación el promedio de los errores calculados para los tres períodos.

TABLA 2. Errores medio cuadráticos de la unidad de peso en tiempo y latitud, para cada estación y cada período, y sus valores medios.

<u>Punta Indio</u>			<u>Mount Stromlo</u>	
Período	Latitud	Tiempo	Latitud	Tiempo
Período 1	0.177	0.0161	0.110	0.0120
Período 2	0.147	0.0137	0.121	0.0125
Período 3	0.131	0.0123	0.105	0.0089
EMC medio	0.152	0.0140	0.112	0.0111

<u>San Juan</u>			<u>Santiago de Chile</u>	
Período	Latitud	Tiempo	Latitud	Tiempo
Período 1	0.0287	0.0017	0.0245	0.0014
Período 2	0.0272	0.0016	0.0268	0.0016
Período 3	0.0290	0.0017	0.0267	0.0015
EMC medio	0.0283	0.0017	0.0260	0.0015

Una vez obtenidas las curvas alisadas de latitud y de TU0 - TUC contra la fecha, se interpolaron sus valores cada cinco días, coincidentes con las fechas que publica el BIH.

Para cada fecha se tiene un sistema de ocho ecuaciones con cuatro incógnitas que se resuelve aplicando el método de los cuadrados mínimos. De ellas se obtuvieron x , y , z , t , que resultaron con pesos

$$p_x = 1.695 \quad p_y = 1.864 \quad p_z = 2.518 \quad p_t = 2.994$$

Los valores x , y obtenidos se muestran en las Figs. 1 y 2. Las curvas tienen un buen acuerdo con las que se grafican con los valores publicados por el BIH, existiendo entre ambos resultados una diferencia ($\Delta x = 0.017$, $\Delta y = 0.286$), consecuencia de haber adoptado otro origen.

La poloide obtenida con las coordenadas para el período completo (Fig. 3) tiene un comportamiento similar a la que da el BIH, encontrándose un acuerdo razonable, si se tiene en cuenta el reducido número de estaciones que se utilizaron para el presente cálculo.

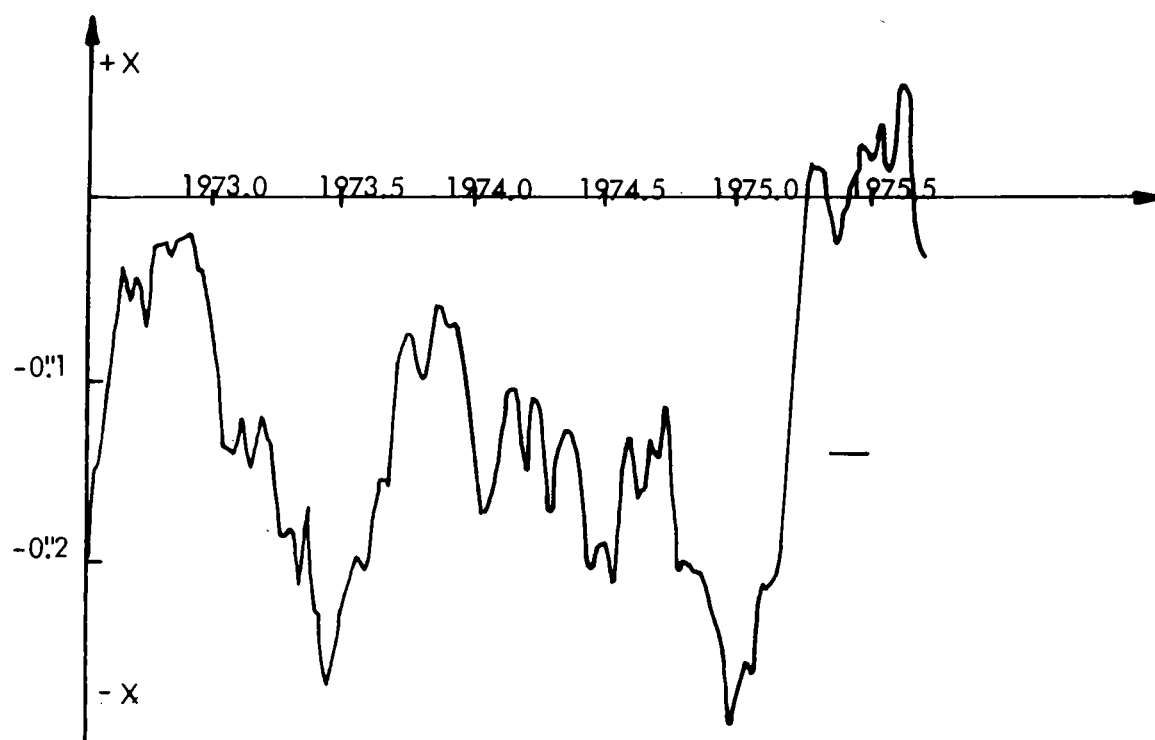


Fig. 1. Coordenadas x del polo contra la fecha (x en segundos de arco).

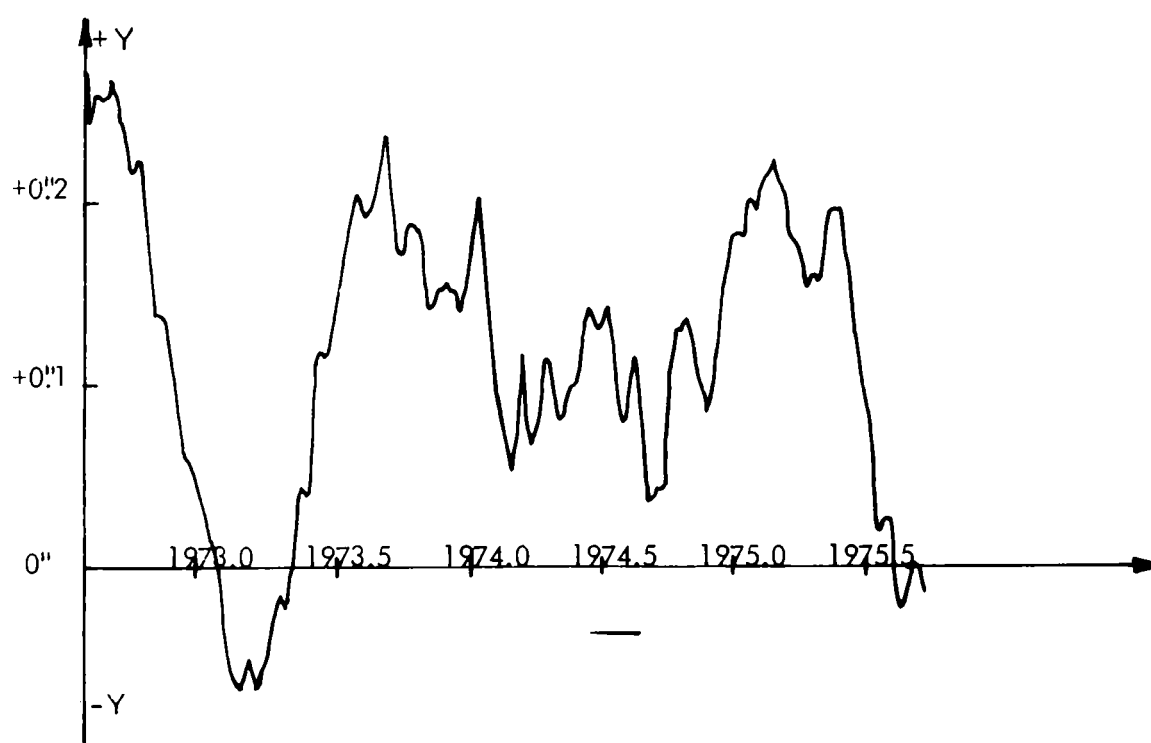


Fig. 2. Coordenadas y del polo contra la fecha (y en segundos de arco).

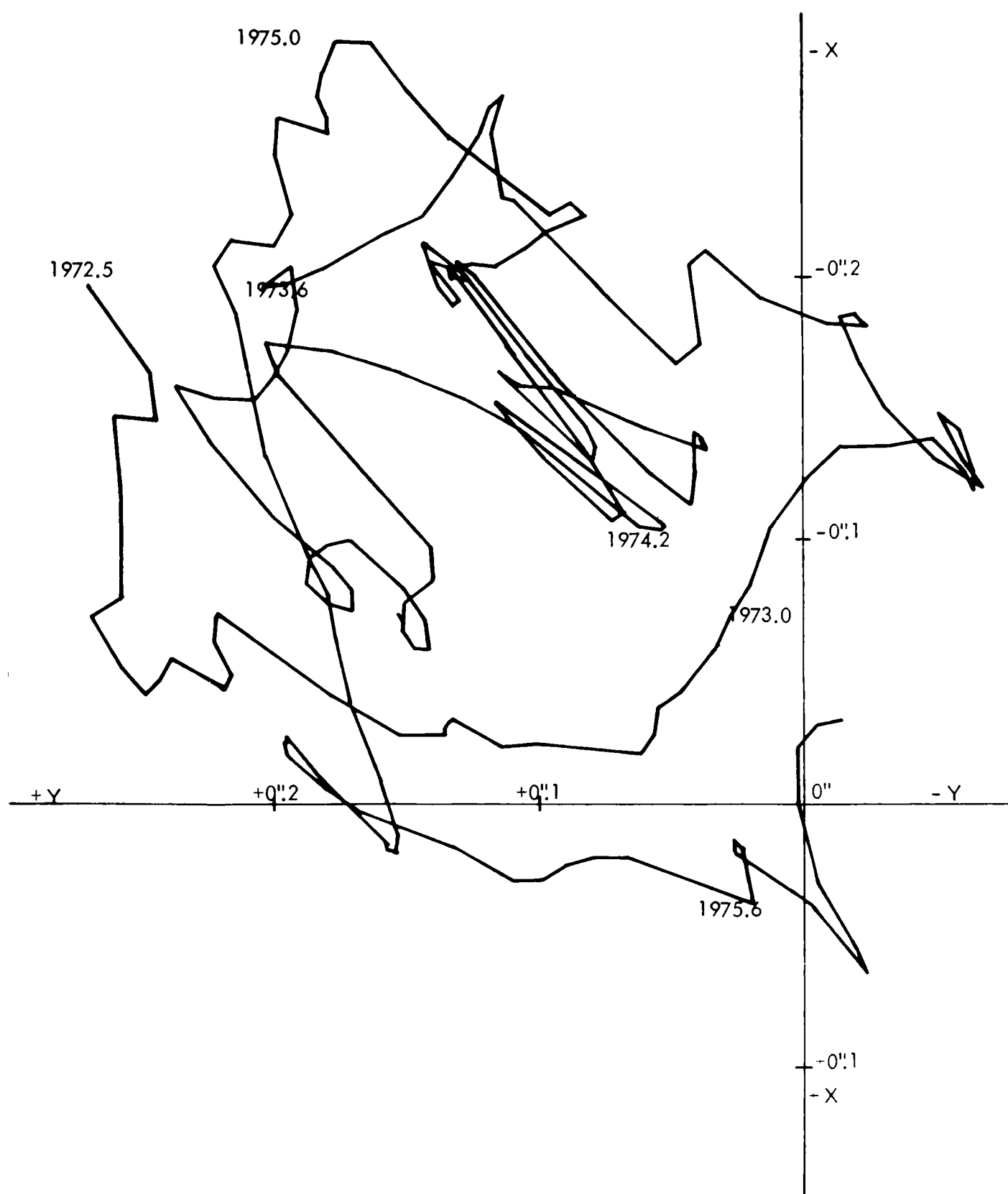


Fig. 3. Trayectoria del polo desde 1972.5 hasta 1975.7