

INFORME TECNICO N° 70

DETERMINACION DE LOS ERRORES  
DE APUNTAMIENTO DE LA  
ANTENA I DEL IAR

Ricardo Morras y Esteban Bajaja

Marzo 1994

## INTRODUCCION

Las observaciones radioastronómicas, a diferencia de las ópticas, requieren apuntar a objetos invisibles, de los cuales se conocen solo las coordenadas. La precisión exigible para el apuntamiento está determinada por el ancho del haz de antena ( $\theta$ ) a mitad de potencia, ya que el error no debería ser mayor que  $\theta / 20$ . Para asegurar esto es necesario determinar los errores sistemáticos de apuntamiento que se deben a algunas de las siguientes causas: a) Un imperfecto paralelismo entre el eje polar de la antena y el eje de rotación de la tierra ; b) Deformaciones en la estructura mecánica de la antena, debidas al efecto combinado del peso del "front-end" del receptor, ubicado en el foco primario de la antena, y el peso de la propia estructura de la antena; y c) Errores en los ceros de las lecturas de las coordenadas. Los efectos de a) y b) dependen del ángulo horario y de la declinación

Debido a que la magnitud de los errores de apuntamiento para esta antena no estaba bien establecida, fue necesario iniciar un programa observacional de radiofuentes intensas cuya posición, en el continuo de radio, es bien conocida: determinando las coordenadas observacionales de las radiofuentes del programa, y comparándolas con las coordenadas de catálogo de las mismas es posible determinar el error en el apuntamiento en ambas coordenadas, ascensión recta y declinación, para un ángulo horario dado. Repitiendo el procedimiento para una misma radiofuente a distintos ángulos horarios, y luego, para distintas radiofuentes a distintas declinaciones, finalmente es posible obtener un "mapa" con las correcciones a aplicar en el futuro a fuentes ubicadas en distintas regiones del cielo.

## LAS OBSERVACIONES

Las observaciones se realizaron utilizando el nuevo receptor en banda L del IAR, cuya temperatura de sistema en el momento de las observaciones era de  $\sim 50$  K y el ancho de banda B utilizado era de 25 MHz. Este ancho de banda es el determinado por un filtro pasabanda ubicado en la salida del primer amplificador, sintonizado en el rango de frecuencias comprendido entre 1400 y 1425 MHz. Esta banda no es la ideal pues comprende la banda del HI galáctico pero no hubo otra opción debido a la presencia de fuertes interferencias a ambos lados de la banda protegida (1400 a 1427 MHz). Con este receptor es posible obtener ruidos r.m.s. de  $\sim 80$  mJy con un tiempo de integración de 1 seg.

Las radiofuentes fueron seleccionadas con el criterio de tener una muestra de fuentes distribuidas en el cielo a intervalos en declinación de aproximadamente  $5^\circ$  y con densidades de flujos  $S > 4$  Jy. Las mismas fueron observadas en el rango de ángulos horarios comprendidos entre -2 y +2 horas. La Tabla I muestra la lista de radiofuentes seleccionadas para el programa de observación, con sus correspondientes coordenadas (1950.0) y flujos (en Jy).

## RESULTADOS

Debido a la sensibilidad alcanzada, ahora es posible seleccionar radiofuentes mucho más débiles que las utilizadas hasta épocas recientes para realizar el trabajo de determinación de los errores de apuntamiento. Sin embargo, a pesar de incrementarse el número de radiofuentes que se pueden incorporar al programa de observación, nos encontramos con la dificultad ulterior que, en algunos casos, no es posible obtener líneas de base adecuadas debido a la confusión originada en radiofuentes débiles de fondo o, eventualmente, de HI. Además, como resultado de la convolución del haz de antena (de tipo gaussiano) con la radiofuente seleccionada + la contribución del fondo, no se obtienen curvas simétricas alrededor del máximo de la distribución, sino que se hacen evidentes asimetrías, en algunos casos, en la región de las "alas" de la distribución.

A posteriori de la estimación de las correcciones de apuntamiento, determinadas a partir de la diferencia entre el valor observado de la coordenada (en el centro de la gaussiana) ( $o$ ) y el del catálogo de referencia ( $c$ ), se graficaron las diferencias ( $o - c$ ) para cada una de las radiofuentes, durante las cuatro horas de observación en que las fuentes estuvieron por encima del "horizonte" de la antena. Estas diferencias están tabuladas en Tabla II (a-I), y graficadas en figura 1(a-I), para cada una de las fuentes observadas. En estos últimos pueden verse, señaladas con círculos negros y blancos, las diferencias ( $o - c$ ) correspondientes a correcciones en ascensión recta y declinación, respectivamente. Las líneas de puntos en cada uno de los gráficos de la figura 1 indican las curvas que mejor ajustan las observaciones, calculadas por el sistema de mínimos cuadrados.

A partir de cada una de estas "rectas de correcciones", determinadas para cada radiofuente, tanto para barridos en ascensión recta como en declinación, se determinaron las "ordenadas al origen" y "pendientes" en cada uno de los gráficos de la figura 1. Estos valores están tabulados en la Tabla III e indicados en forma de círculos en la fig. 2(a-d). En los mismos gráficos se muestran también las rectas, calculadas por mínimos cuadrados, que mejor ajustan los valores tabulados en la Tabla III, respectivamente. El valor de la ordenada correspondiente a la radiofuente 1302-49 se aparta apreciablemente de los datos graficados en la fig. 2(a); esto se debe probablemente a que es una radiofuente extendida y, por tal motivo, fue descartada para la determinación final de la "curva de mejor ajuste".

En base a estas últimas curvas se determinaron las expresiones que mejor ajustan el conjunto de las observaciones y que corresponden a las correcciones finales de apuntamiento, en ascensión recta y declinación. Las mismas pueden verse expresadas en ecuaciones (1) y (2), respectivamente.

$$A.R.(o) = A.R.(f) + (0.166 + 0.00113 * Decl) + (0.00094 + 0.000092 * Decl) * h \quad (1)$$

$$Decl(o) = Decl(f) + (0.0406 + 0.0013 * Decl) + (-0.0008 - 0.000013 * Decl) * h \quad (2)$$

~~-0.0008~~  
-0.0008

donde A.R. es la ascensión recta, Decl la declinación y h el ángulo horario. Los índices (o) y (f) indican el valor de la coordenada a calar y de la fuente a observar, respectivamente

Estas ecuaciones están graficadas en forma de líneas rectas continuas en la fig. 1(a-l). Su validez puede apreciarse comparando estas líneas con los resultados para cada una de las radiofuentes observadas, en el rango de ángulos horarios observados por la antena I del IAR.

Se estima que la exactitud del "apuntamiento" de la antena I, después de las correcciones correspondientes, está, en promedio, entre 0.02° y 0.03°, o sea, del orden de  $\theta / 20$ .

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dra. Cristina Cappa, por su colaboración en la reducción de algunas de las radiofuentes observadas, y los Sres.

**Alejandro Corsico y Adrian Salomon, por su colaboración en las observaciones.**

TABLA I

| Nombre    | Asc. Recta  | Decl.        | Flujo |
|-----------|---|--------------|-------|
| 0043-42   | 00 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> . 5 | -42° 24' 01" | 7.20  |
| 0408-65   | 04 07 59 . 4  | -65 53 01    | 15.75 |
| 0410-75   | 04 09 59 . 2  | -75 14 59    | 13.00 |
| 0453-206  | 04 53 14 . 2  | -20 39 01    | 4.74  |
| 0744-67   | 07 43 23 . 0  | -67 19 11    | 4.30  |
| 0859-25   | 08 59 37 . 3  | -25 43 24    | 5.90  |
| 0915-11   | 09 15 41 . 3  | -11 53 05    | 43.80 |
| 1302-49 E | 13 02 32 . 3  | -49 11 54    | 5.80  |
| 1932-46   | 19 32 19 . 2  | -46 27 32    | 12.60 |
| 1934-63   | 19 34 49 . 0  | -63 49 12    | 16.40 |
| 1938-155  | 19 38 24 . 5  | -15 31 39    | 7.17  |
| 2032-35   | 20 32 38 . 2  | -35 04 32    | 5.50  |

E = radiofuente extendida

**TABLA II (a)**

| <b>Radiofuente: 0043-42</b> |              |                   |              |
|-----------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>Declinación</b>          |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
| <b>h</b>                    | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -10.7                       | 0.04         | -14.8             | 0.14         |
| -3.4                        | 0.01         | -7.1              | 0.10         |
| 8.5                         | 0.02         | 1.5               | 0.09         |
| 18.1                        | 0.02         | 13.6              | 0.06         |
| -25.5                       | -0.03        | -19.1             | 0.12         |
| -21.3                       | -0.04        | -23.6             | 0.13         |
| -16.6                       | -0.03        | -28.9             | 0.15         |
| -11.2                       | -0.05        | -15.2             | 0.10         |
| -4.1                        | -0.02        | -7.8              | 0.15         |
| 2.7                         | -0.04        | -1.0              | 0.11         |
| 9.7                         | -0.04        | 5.7               | 0.11         |
| 16.3                        | -0.04        | 12.7              | 0.05         |
| 22.7                        | -0.02        | 19.5              | 0.02         |
| 28.2                        | -0.03        | 25.7              | 0.03         |

**TABLA II (b)**

---

**Radiofuente: 0408-65**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -23.6              | -0.08        | -22.5             | 0.17         |
| -18.3              | -0.07        | -14.4             | 0.19         |
| -10.2              | -0.08        | -6.4              | 0.17         |
| -2.2               | -0.07        | 2.4               | 0.12         |
| 6.4                | -0.05        | 12.4              | 0.04         |
| 17.1               | -0.07        | 22.0              | 0.03         |
| 26.0               | -0.08        | 29.2              | -0.01        |

---

**TABLA II (c)**

---

**Radiofuente: 0410-75**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| <b>-27.7</b>       | <b>-0.07</b> | <b>-23.3</b>      | <b>0.19</b>  |
| <b>-19.1</b>       | <b>-0.07</b> | <b>-13.3</b>      | <b>0.14</b>  |
| <b>-9.4</b>        | <b>-0.08</b> | <b>-5.4</b>       | <b>0.14</b>  |
| <b>-1.3</b>        | <b>-0.09</b> | <b>2.4</b>        | <b>0.06</b>  |
| <b>8.3</b>         | <b>-0.08</b> | <b>12.1</b>       | <b>0.00</b>  |
| <b>16.8</b>        | <b>-0.07</b> | <b>20.7</b>       | <b>-0.10</b> |
| <b>24.6</b>        | <b>-0.05</b> | <b>27.9</b>       | <b>-0.21</b> |

---

**TABLA II (d)**

---

**Radiofuente: 0453-206**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -21.4              | 0.00         | -26.2             | 0.171        |
| -20.2              | 0.04         | -27.2             | 0.15         |
| -14.1              | 0.02         | -17.8             | 0.15         |
| -13.3              | 0.01         | 16.4              | 0.18         |
| -7.2               | 0.02         | -10.8             | 0.16         |
| 0.0                | 0.00         | -3.7              | 0.13         |
| 6.1                | 0.02         | 2.9               | 0.11         |
| 12.6               | -0.04        | 9.1               | 0.15         |
| 21.2               | -0.02        | 17.9              | 0.18         |
| 26.2               | -0.01        | 24.2              | 0.12         |

---

TABLA II (e)

---

**Radiofuente: 0744-67**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -18.5              | -0.02        | -14.7             | 0.17         |
| -10.7              | -0.10        | -6.6              | 0.16         |
| -3.2               | -0.04        | 1.1               | 0.06         |
| 4.3                | -0.05        | 8.3               | 0.05         |
| 11.7               | -0.08        | 16.1              | -0.01        |
| 19.8               | -0.06        | 24.0              | -0.06        |
| 27.5               | 0.03         |                   |              |

---

**TABLA II (f)**

---

**Radiofuente: 0859-25**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| <b>-27.7</b>       | <b>0.03</b>  | <b>-22.9</b>      | <b>0.17</b>  |
| <b>-18.6</b>       | <b>0.01</b>  | <b>-14.1</b>      | <b>0.16</b>  |
| <b>-8.9</b>        | <b>0.00</b>  | <b>-3.9</b>       | <b>0.13</b>  |
| <b>0.0</b>         | <b>0.04</b>  | <b>3.8</b>        | <b>0.11</b>  |
| <b>8.9</b>         | <b>0.00</b>  | <b>13.5</b>       | <b>0.12</b>  |
| <b>15.4</b>        | <b>0.00</b>  | <b>19.3</b>       | <b>0.12</b>  |
| <b>26.8</b>        | <b>0.07</b>  | <b>29.0</b>       | <b>0.14</b>  |

---

**TABLA II (g)**

---

**Radiofuente: 0915-11**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| <b>-22.1</b>       | <b>0.02</b>  | <b>-27.3</b>      | <b>0.22</b>  |
| <b>-14.5</b>       | <b>0.02</b>  | <b>-18.1</b>      | <b>0.17</b>  |
| <b>-7.2</b>        | <b>0.01</b>  | <b>-10.9</b>      | <b>0.17</b>  |
| <b>0.3</b>         | <b>-0.01</b> | <b>-3.3</b>       | <b>0.16</b>  |
| <b>7.6</b>         | <b>-0.02</b> | <b>3.9</b>        | <b>0.15</b>  |
| <b>15.8</b>        | <b>0.00</b>  | <b>11.3</b>       | <b>0.14</b>  |
| <b>24.5</b>        | <b>0.00</b>  | <b>20.4</b>       | <b>0.15</b>  |
| <b>28.5</b>        | <b>0.12</b>  |                   |              |

---

**TABLA II (h)**

---

**Radiofuente: 1302-49**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -18.5              | -0.01        | -22.4             | 0.31         |
| -11.0              | -0.00        | -15.0             | 0.31         |
| -3.5               | -0.05        | -7.2              | 0.27         |
| 6.9                | -0.01        | 3.1               | 0.22         |
| 14.4               | -0.02        | 10.4              | 0.19         |
| 21.7               | -0.05        | 17.7              | 0.16         |
| 29.7               | -0.01        | 26.4              | 0.15         |

---

**TABLA II (i)**

---

**Radiofuente: 1932-46**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -19.4              | 0.05         | -26.0             | 0.17         |
| -9.2               | 0.02         | -14.3             | 0.16         |
| -2.2               | 0.05         | -6.3              | 0.15         |
| 5.1                | 0.01         | 1.1               | 0.11         |
| 13.8               | -0.01        | 8.1               | 0.09         |
| 15.0               | -0.02        | 12.2              | 0.13         |
| 21.5               | 0.00         | 17.8              | 0.12         |
|                    |              | 24.2              | 0.09         |
|                    |              | 26.2              | 0.10         |
|                    |              | 28.4              | 0.08         |

---

**TABLA II (j)**

---

**Radiofuente: 1934-63**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -11.3              | -0.04        | -17.2             | 0.22         |
| -0.5               | -0.06        | -6.0              | 0.19         |
| 9.5                | -0.04        | 4.0               | 0.08         |
| -25.6              | 0.00         | 14.5              | 0.05         |
| -20.5              | 0.00         | -28.3             | 0.25         |
| 21.4               | -0.02        | -23.4             | 0.24         |
| 26.2               | -0.03        | 18.5              | 0.02         |
|                    |              | 23.5              | -0.01        |
|                    |              | 28.2              | -0.01        |

---

**TABLA II (k)**

---

**Radiofuente: 1938-155**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -20.8              | 0.02         | -26.3             | 0.20         |
| -11.8              | 0.01         | -15.6             | 0.18         |
| -3.4               | 0.06         | -7.1              | 0.18         |
| 4.0                | 0.02         | 0.6               | 0.11         |
| 12.7               | 0.02         | 8.3               | 0.11         |
| 20.1               | -0.02        | 16.7              | 0.11         |
| 27.7               | 0.01         | 24.3              | 0.11         |

---

**TABLA II (I)**

---

**Radiofuente: 2032-35**

---

| <b>Declinación</b> |              | <b>Asc. Recta</b> |              |
|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>h</b>           | <b>(o-c)</b> | <b>h</b>          | <b>(o-c)</b> |
| -26.0              | 0.04         | -28.5             | 0.18         |
| -20.6              | 0.04         | -23.9             | 0.16         |
| -15.6              | 0.03         | -18.3             | 0.17         |
| -11.2              | -0.02        | -13.5             | 0.12         |
| -7.1               | -0.03        | -9.3              | 0.11         |
| -3.3               | -0.01        | -5.3              | 0.15         |
| 19.7               | 0.01         | -1.3              | 0.18         |
| 23.3               | 0.04         | 0.8               | 0.13         |
| 27.1               | 0.01         | 17.7              | 0.07         |
|                    |              | 21.5              | 0.03         |
|                    |              | 25.3              | 0.08         |
|                    |              | 28.7              | 0.09         |

---

**TABLA III**

| <b>Decl.</b> | <b>ordenadas</b> |           | <b>pendientes</b> |           |
|--------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|
| -11          | 0.16             | -0.0013   | 0.005             | -0.000605 |
| -15.5        | 0.143            | -0.00207  | 0.019             | -0.00056  |
| -20.6        | 0.147            | -0.00054  | 0.00              | -0.00065  |
| -25          | 0.14             | -0.000755 | 0.02              | 0.000439  |
| -33          |                  | -0.00125  |                   | -0.00122  |
| -35          | 0.12             | -0.001916 | 0.014             | -0.000007 |
| -42          | 0.09             | -0.00224  | -0.02             | 0.000166  |
| -46          | 0.131            | -0.00152  | 0.0197            | -0.00156  |
| -49          |                  | -0.00376  | -0.02             | -0.00016  |
| -63          | 0.12             | -0.00517  | -0.027            | -0.000465 |
| -65          | 0.11             | -0.00405  | -0.07             | 0.000146  |
| -67          | 0.09             | -0.00605  | -0.05             | 0.000955  |
| -75          | 0.054            | -0.00758  | -0.07             | 0.000237  |

radiofuente 0043-42

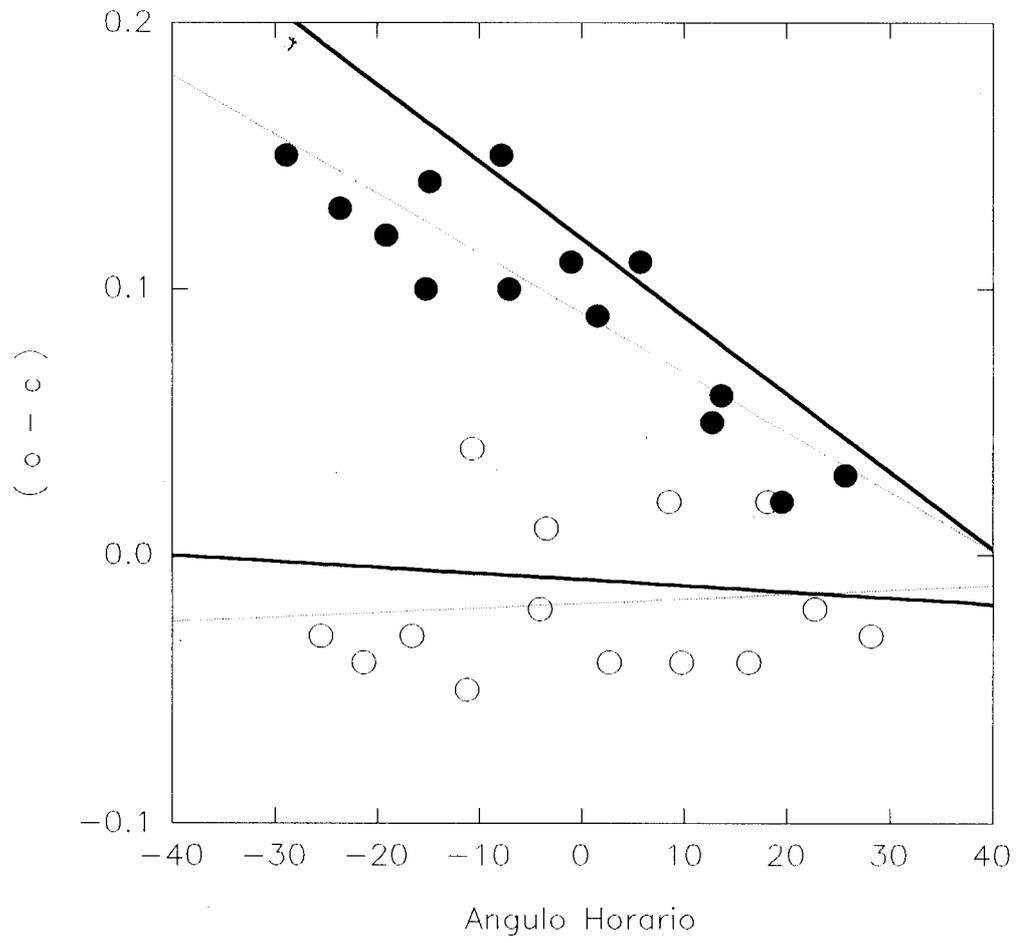


Fig. 1 (a)

radiofuente 0408-65

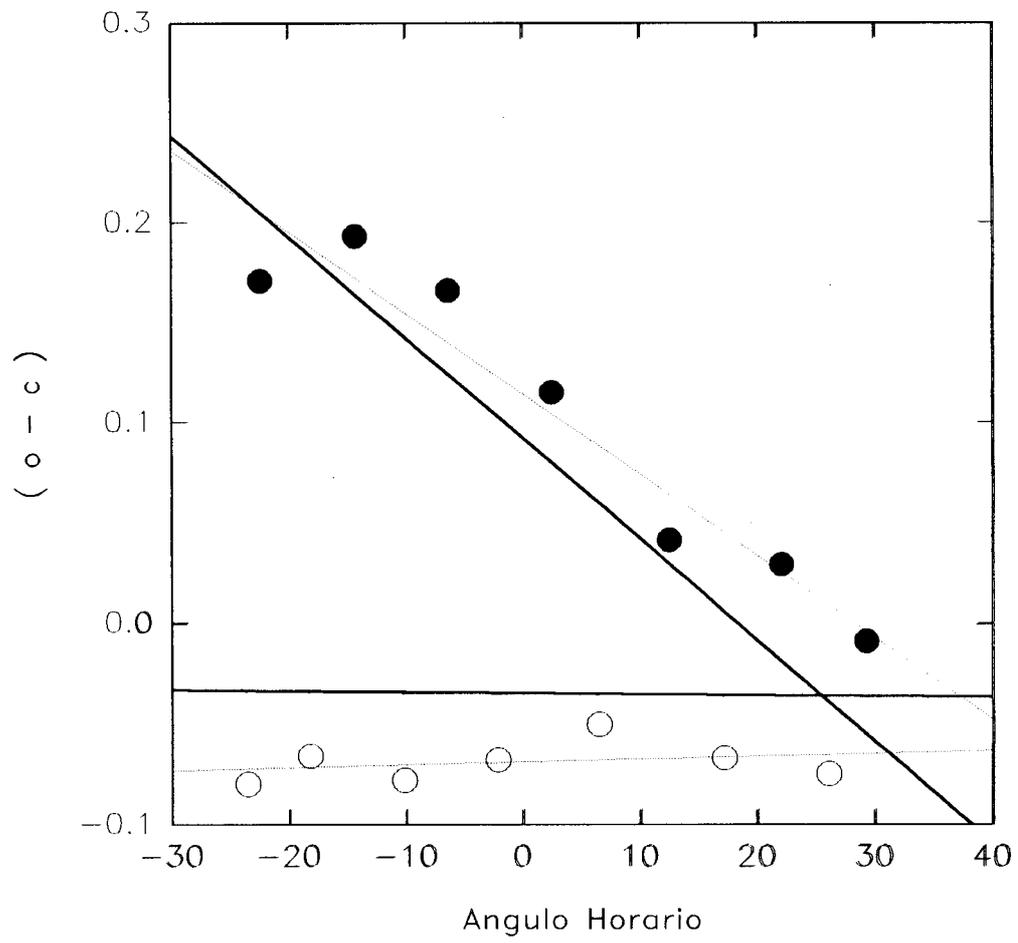


Fig. 1 (b)

radiofuente 0410-75

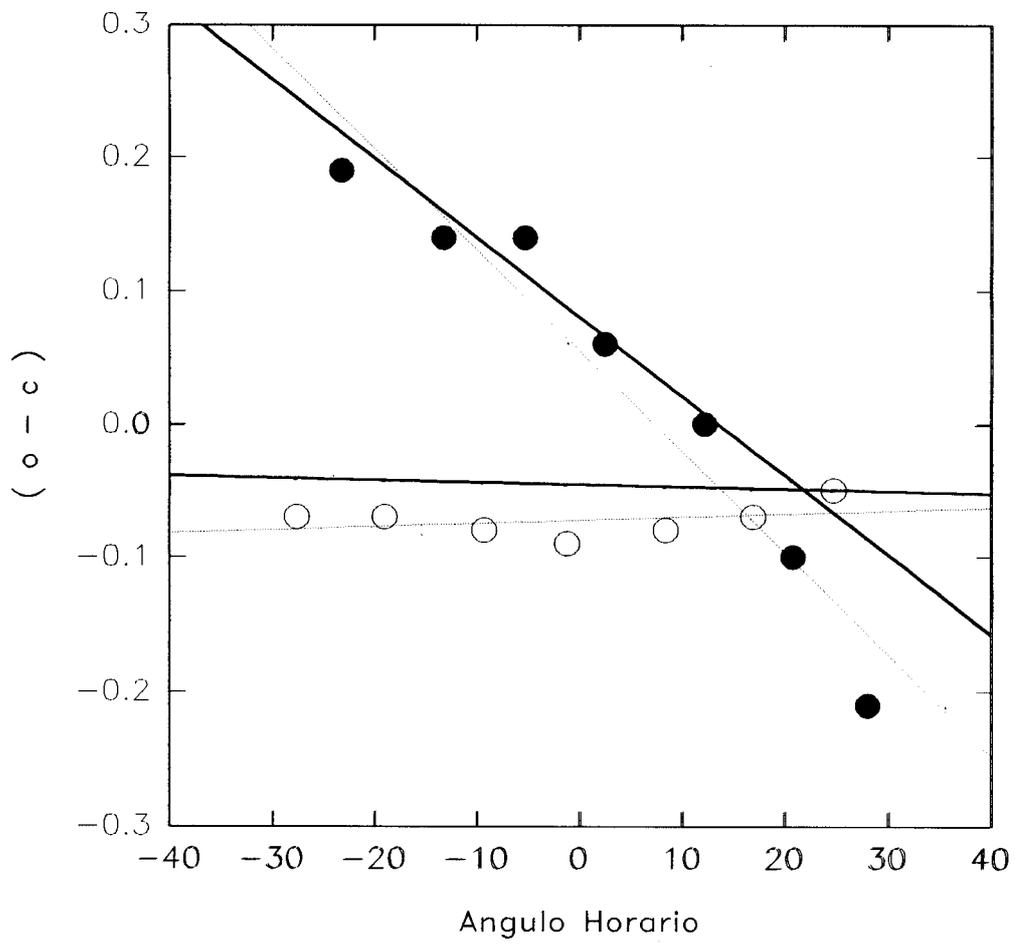


Fig. 1 (c)

radiofuente 0453-206

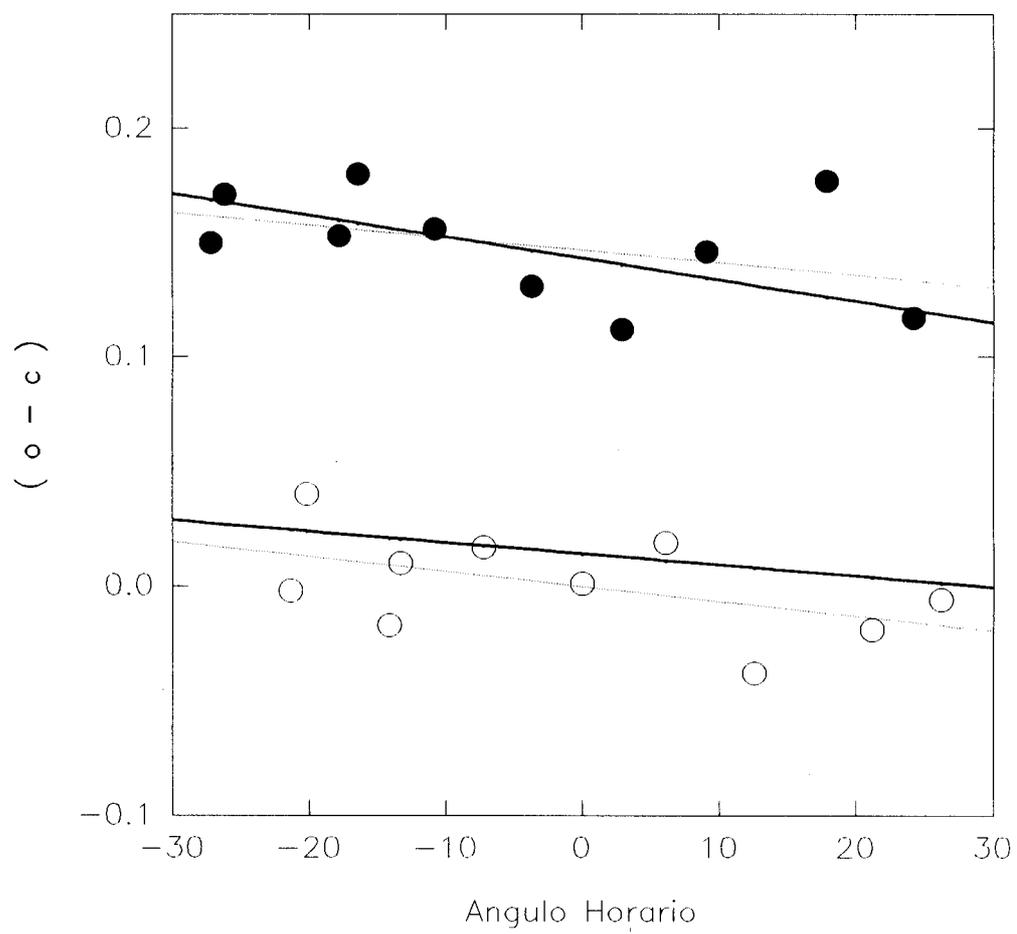


Fig. 1 (d)

radiofuente 0744-67

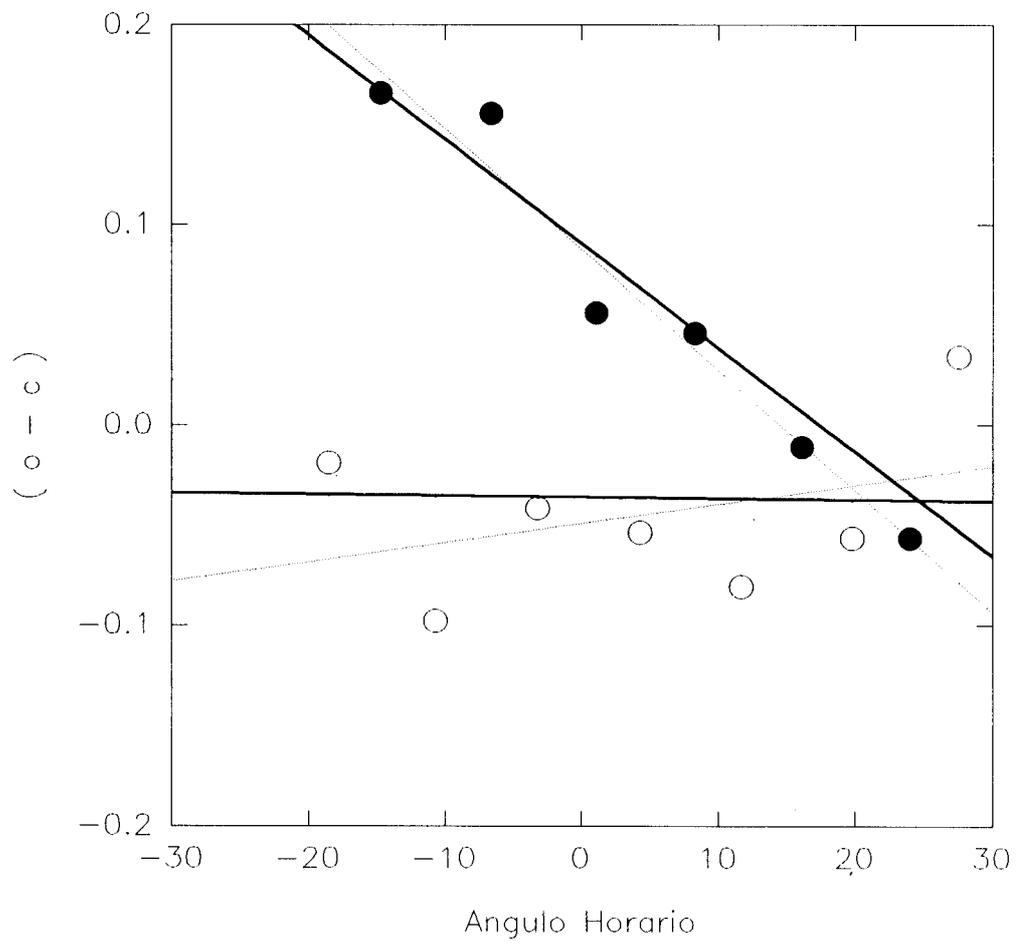


Fig. 1 (e)

radiofuente 0859-25

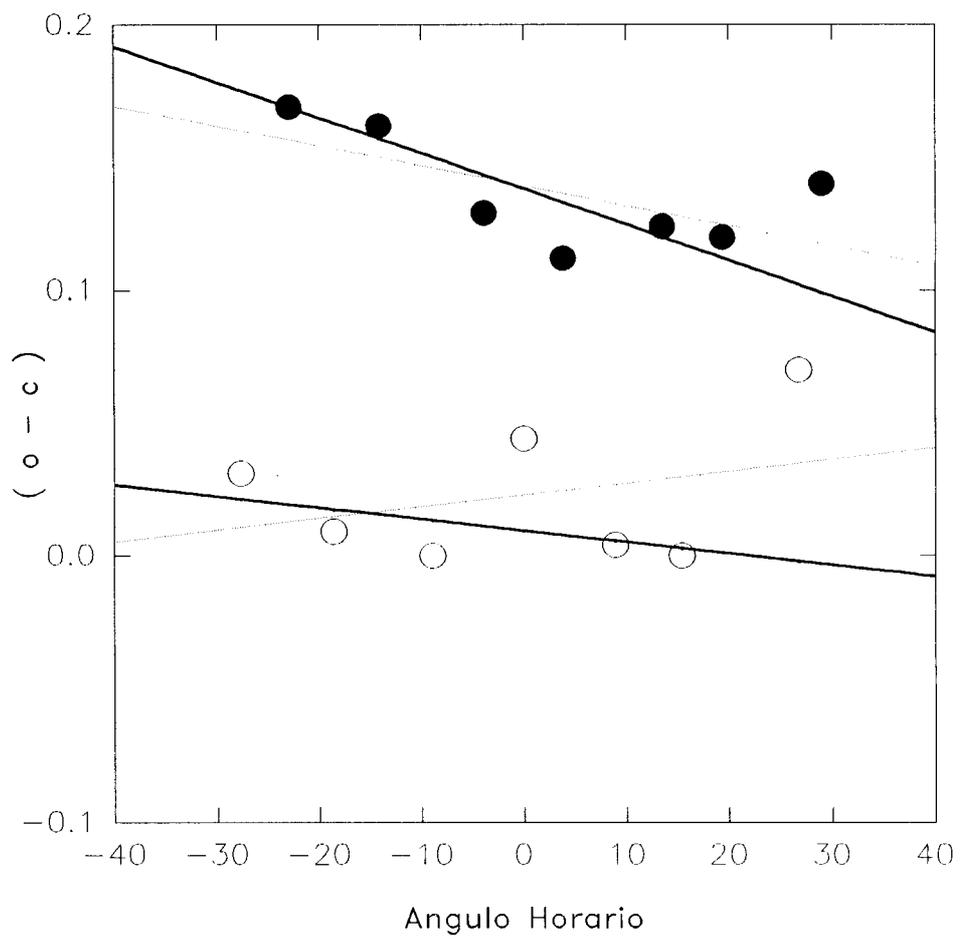


Fig. 1 (f)

radiofuente 0915-11

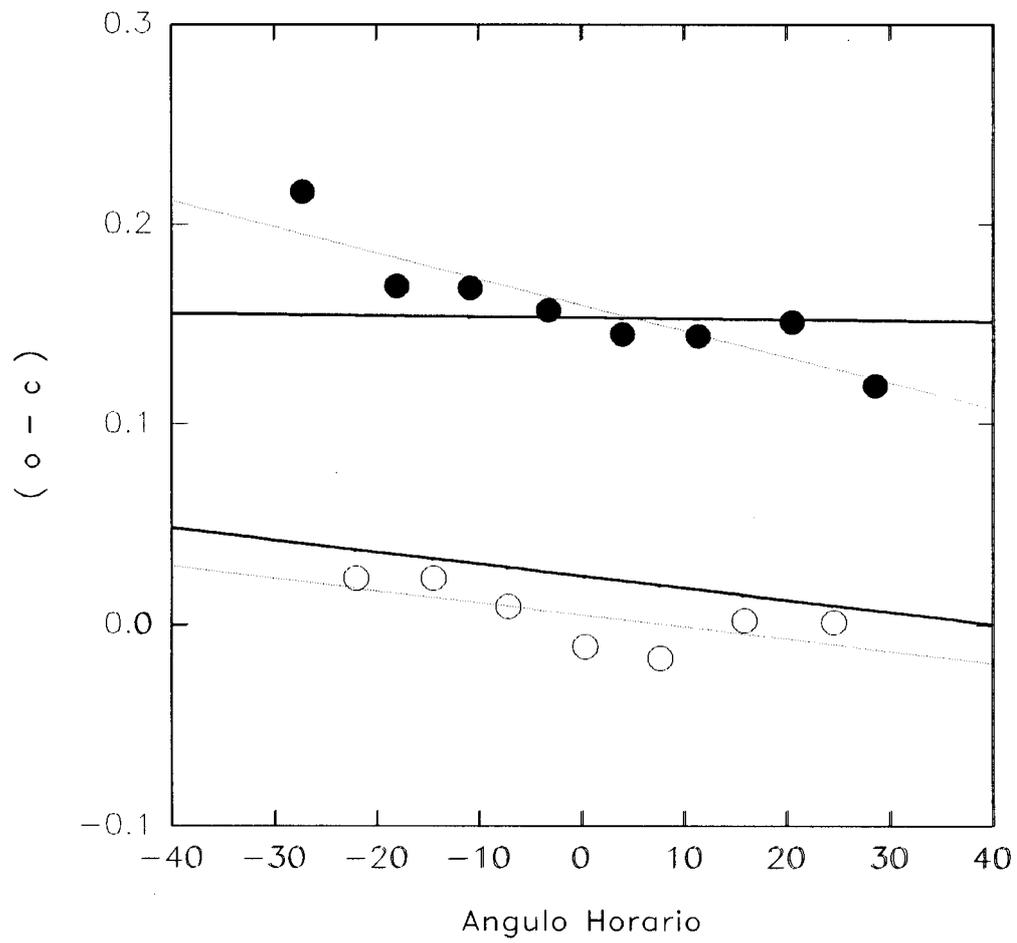


Fig. 1 (g)

radiofuente 1302-49

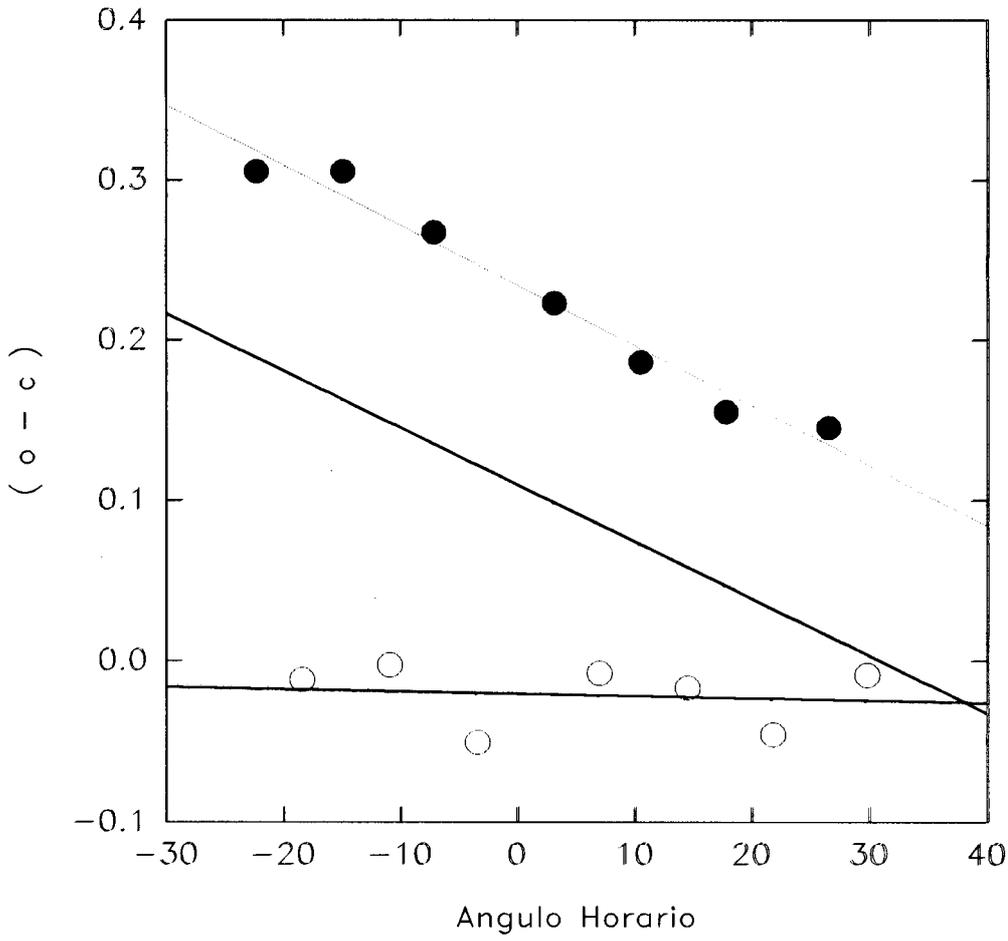


Fig. 1 (h)

radiofuente 1932-46

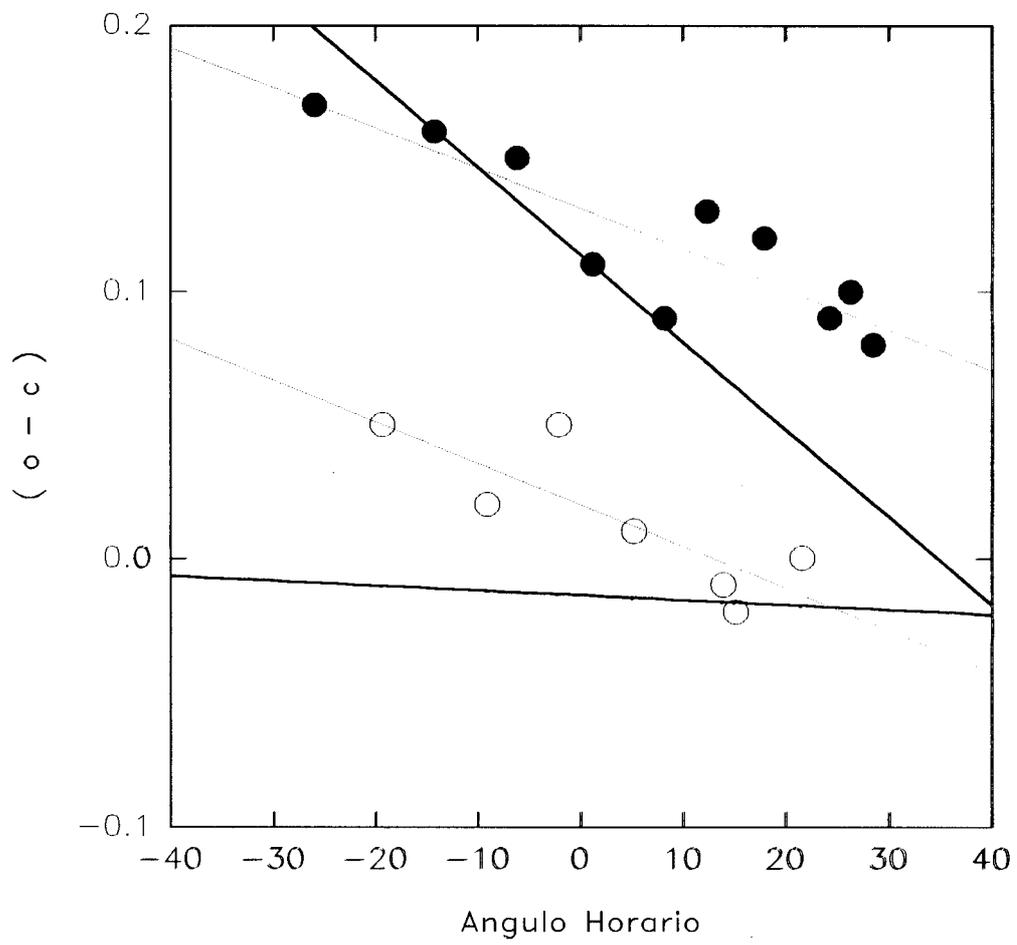


Fig. 1 (i)

radiofuente 1934-63

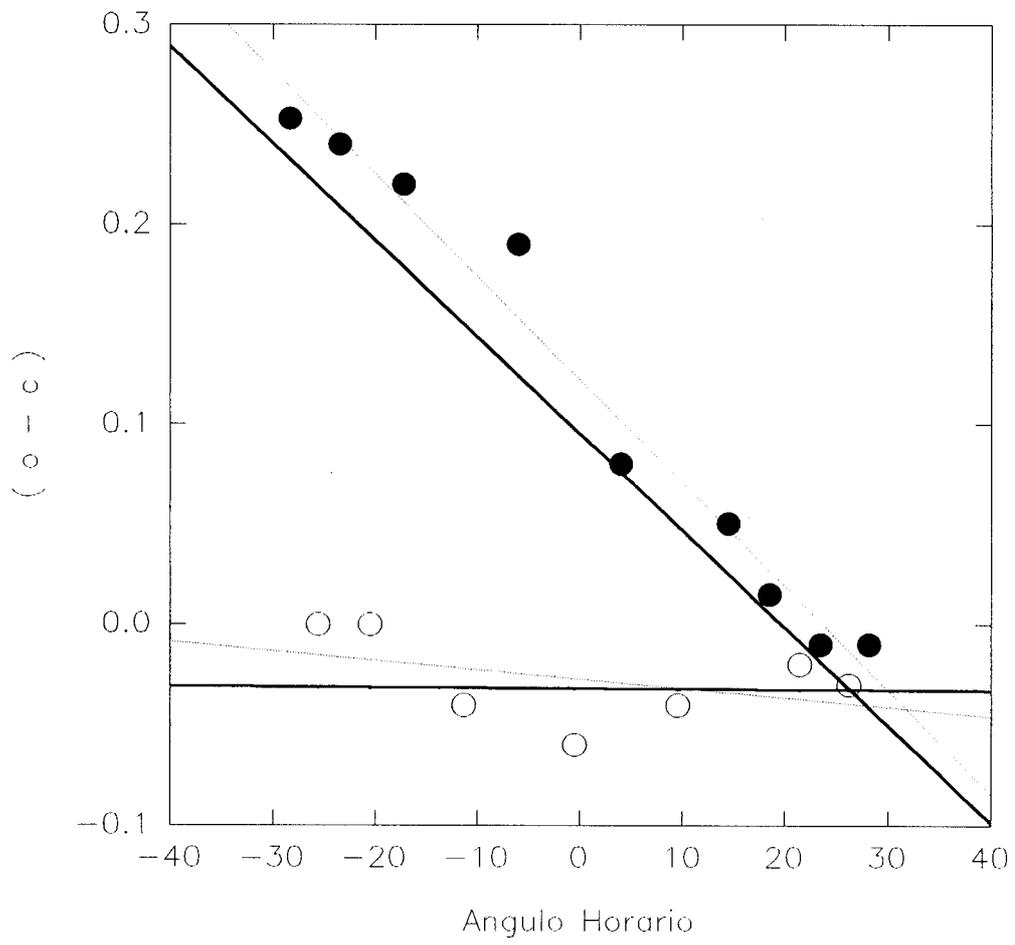


Fig. 1 (j)

radiofuente 1938-155

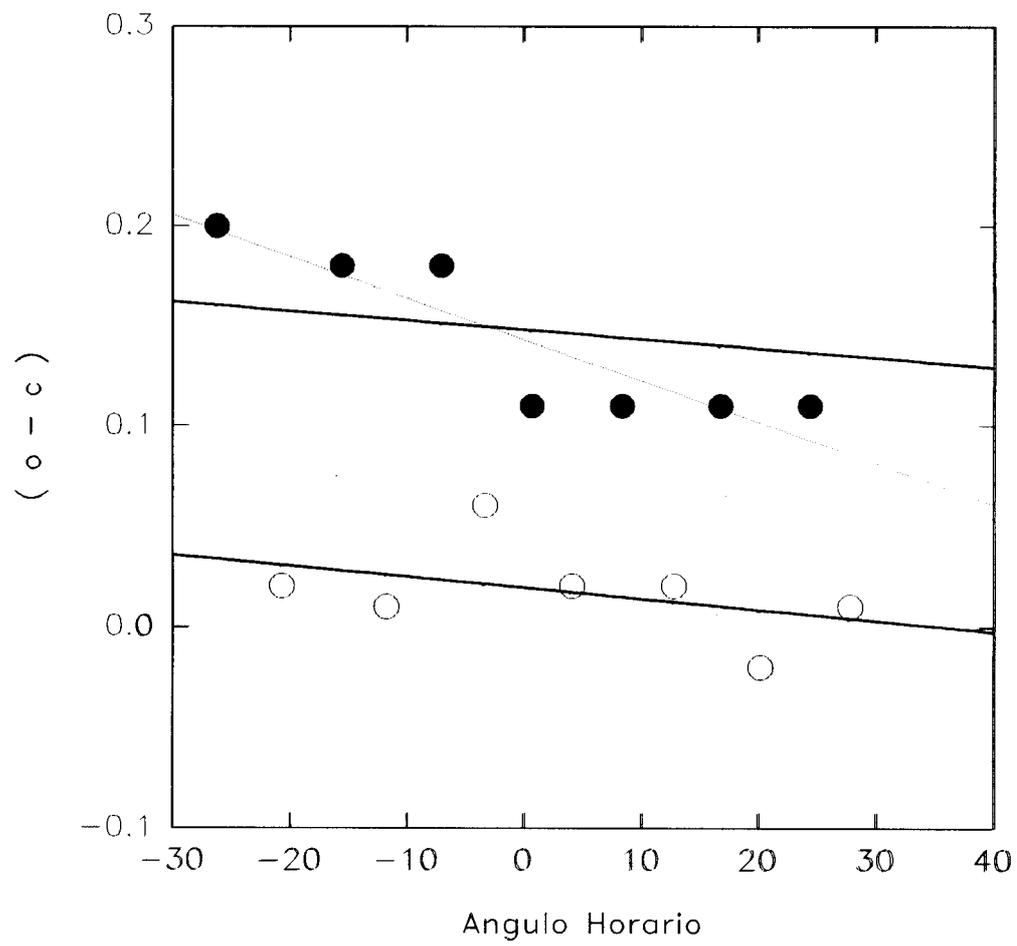


Fig. 1 (k)

radiofuente 2032-35

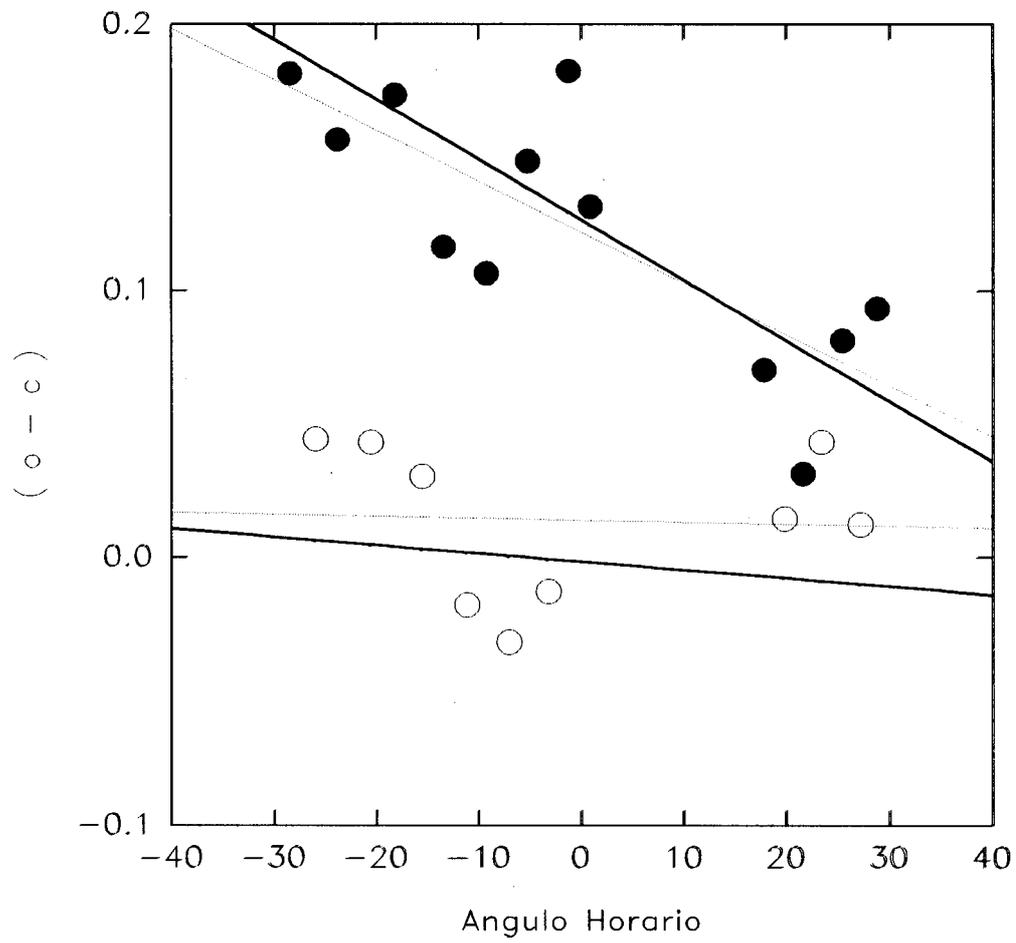
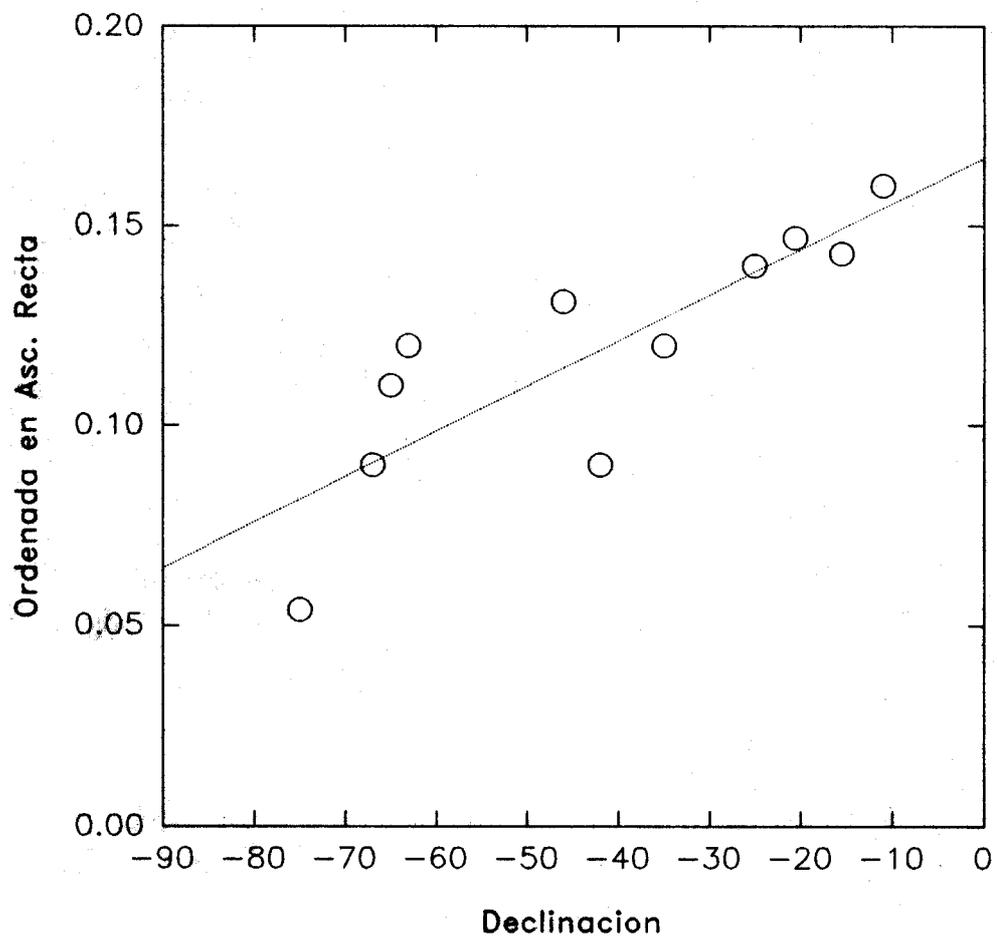
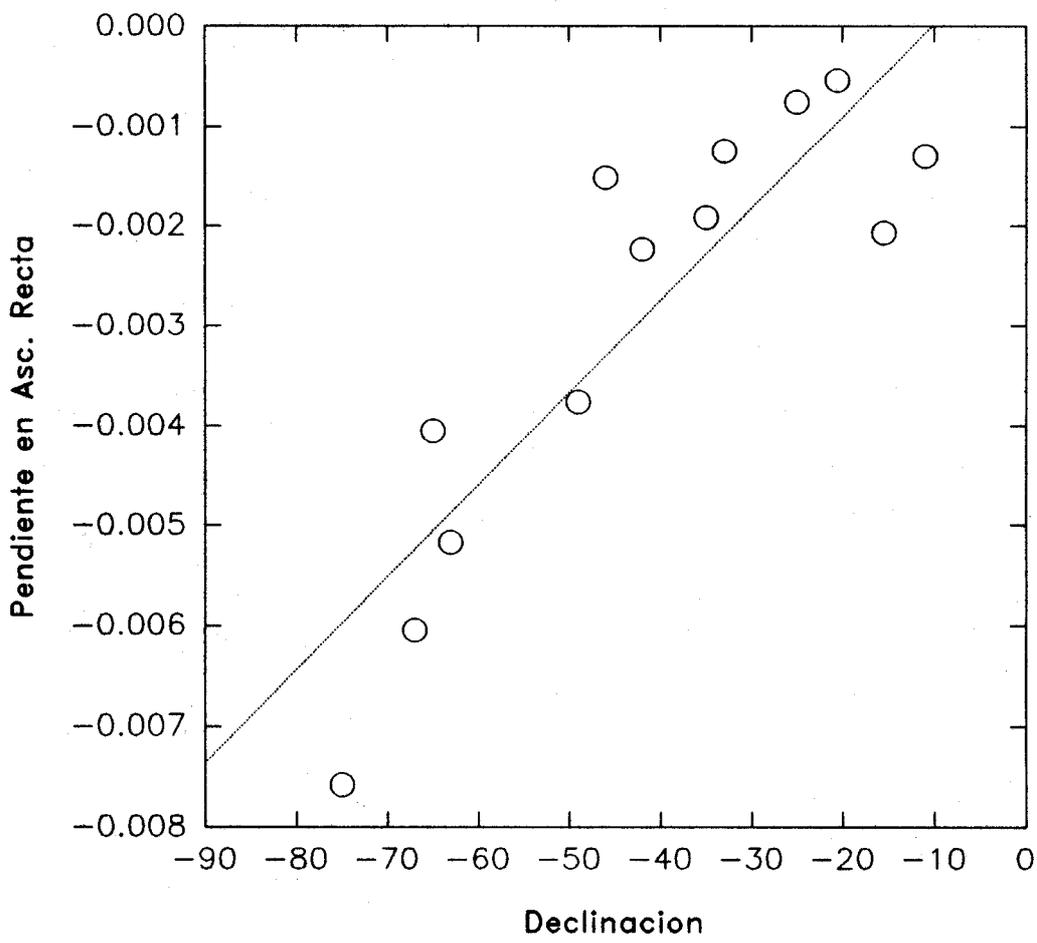


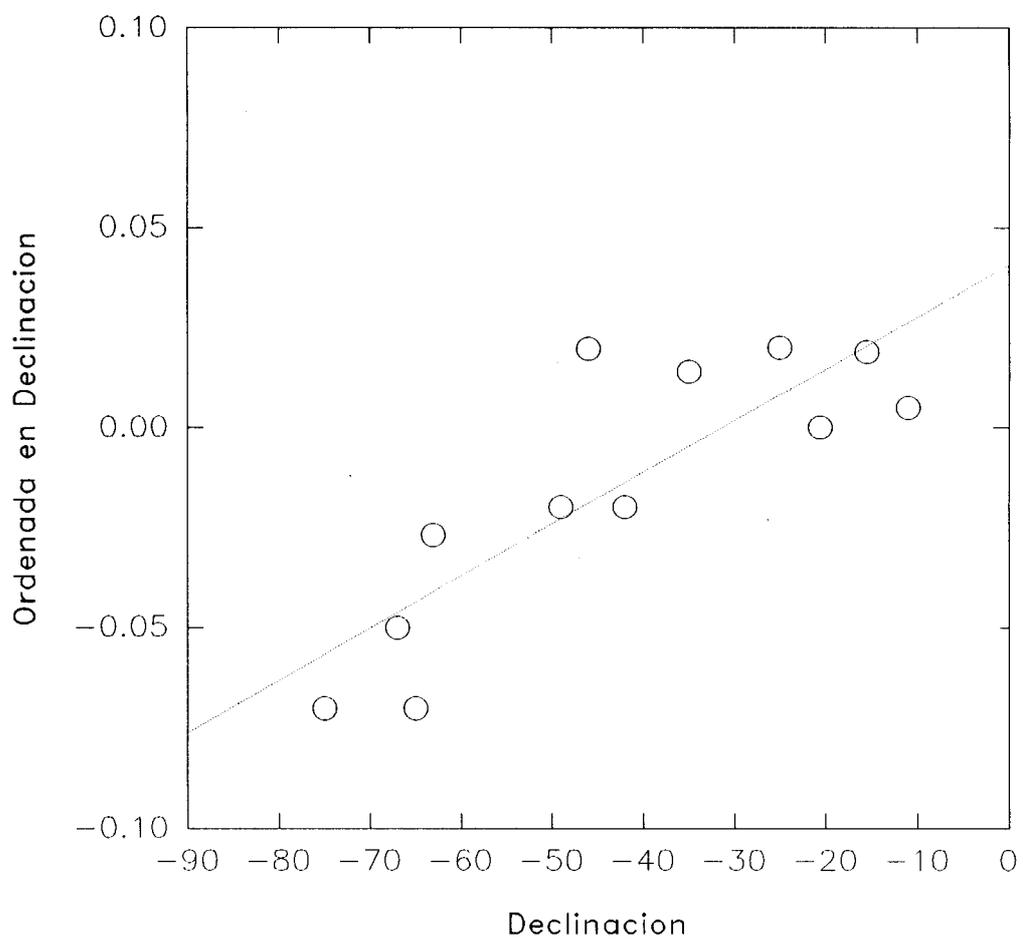
Fig. 1 (1)



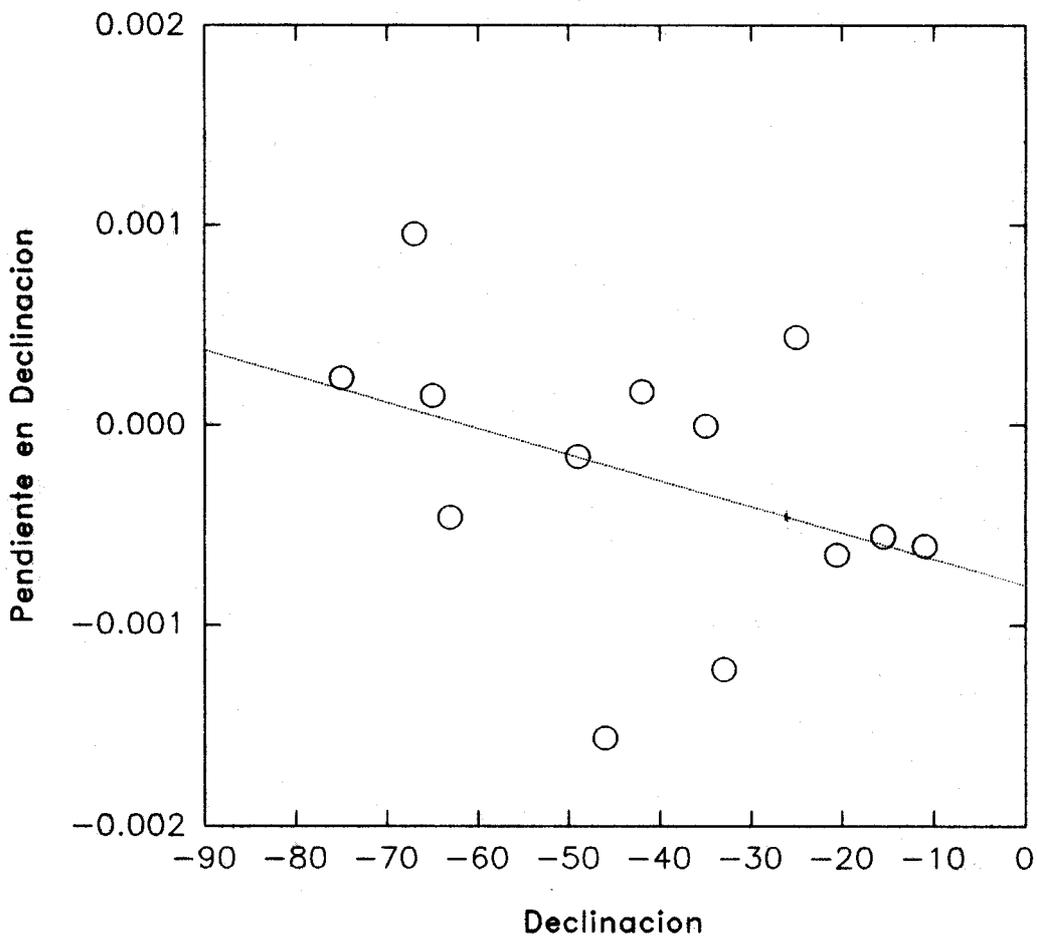
**Fig. 2 (a)**



**Fig. 2 (b)**



**Fig. 2 (c)**



**Fig. 2 (d)**