

# Variabilidad de las mediciones angulares en controles radiológicos de artroplastias totales de rodilla

J. Quintero Quesada, J.J. Farfán y G. García-Herrera

Unidad de Investigación. Unidad Clínica de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de Antequera. Málaga.

**Objetivo.** Además de la exploración clínica, los estudios radiológicos son de gran importancia para evaluar el resultado y realizar el seguimiento de los componentes protésicos en la artroplastia total de rodilla (ATR). El objetivo de este trabajo es observar la variabilidad de las mediciones realizadas en estos estudios radiológicos, determinada por la posición de la extremidad inferior durante la realización de los mismos.

**Material y método.** Se realizaron 60 estudios radiológicos convencionales en posición estándar y en diferentes grados de rotación, flexión e inclinación de la rodilla, en dos extremidades artificiales de termoplástico a las que previamente se había realizado una ATR. Los resultados obtenidos al realizar las mediciones para determinar la alineación de los componentes protésicos y la presencia de radiolucencias se compararon en las diferentes posiciones de la extremidad para determinar la variabilidad de las mismas, y su diferencia con los valores obtenidos en los estudios en posición estándar.

**Resultados.** La rotación interna y externa, la inclinación caudal y cefálica y la flexión ocasionan una variación significativa del valor del ángulo femorotibial. Este ángulo es determinante en la posición de los componentes protésicos. La rotación interna y externa de la extremidad modifica el valor del ángulo femoral distal de forma significativa. La inclinación caudal y cefálica, y la flexión de la rodilla modifican significativamente el valor del ángulo tibial. Por último, las radiolucencias bajo el componente tibial sólo son claramente visibles en inclinación caudal de la extremidad y en flexión de la rodilla si el corte de la superficie tibial mantiene su inclinación posterior.

**Conclusión.** Moderados cambios de posición de la extremidad inferior en distintos planos modifican el valor de los ángulos y de las radiolucencias medidas en los estudios radiológicos realizados durante el seguimiento de una ATR. Es imprescindible la aplicación de protocolos técnicos a los estudios radiológicos para controlar esta variabilidad.

**Palabras clave:** artroplastia total de rodilla, estudio radiológico, variabilidad angular, mediciones.

## Variability of angle measurements in control X-rays after total knee arthroplasty

**Aim.** As well as a clinical exam, X-rays are extremely important to assess the results and carry out the follow-up of the prosthetic components in total knee replacement (TKR). The aim of this study is to determine the variability of measurements carried out on these X-rays, which is caused by the position of the lower limb during the X-ray.

**Materials and methods.** Using two artificial thermoplastic limbs which had undergone total knee replacement, 60 conventional X-rays in standard positions were performed with different degrees of rotation, flexion and inclination of the knee.

To determine variability, measurements were taken of the alignment of the prosthetic components and the presence of radiolucencies in X-rays with the limb in different positions. These were compared with the values obtained in standard positions.

**Results.** Medial and lateral rotation, caudal and cephalic inclination and flexion significantly alter the tibiofemoral angle. The tibiofemoral angle is extremely important for the positioning of the prosthetic components. Medial and lateral rotation of the limb significantly modify the value of the distal femoral angle. Caudal and cephalic inclination and flexion of the knee significantly modify the value of the tibial angle.

Lastly, radiolucencies beneath the tibial component are only clearly visible in caudal inclination of the limb and in knee flexion if the tibial surface maintains its posterior inclination.

### Correspondencia:

J. Quintero Quesada.  
Unidad Clínica de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
Hospital de Antequera.  
C/ Poeta Muñoz Rojas, s/n.  
29200 Antequera, Málaga.  
Correo electrónico: jquintero@traumawebantequera.com

Recibido: noviembre de 2004.

Aceptado: mayo de 2005.

**Conclusion.** Moderate changes in the position of the lower limb in different planes modify the value of the angles and the radiolucencies measured by X-rays performed during follow-up of TKR. It is essential that technical protocols for X-rays are used to control this variability.

**Key words:** total knee arthroplasty, X-ray study, angle variability, measurements.

El trazado de líneas y puntos en los estudios radiológicos de rodilla permite la medición de ángulos y distancias que confirman la correcta posición de los componentes protésicos y verifica la adecuada relación espacial entre el implante y el hueso subyacente. La correcta alineación de la extremidad inferior y de los componentes protésicos está asociada con una mayor supervivencia del implante<sup>1-3</sup>.

La aplicación de protocolos estandarizados que definan la colocación del paciente es esencial para asegurar un control de calidad que garantice la fiabilidad y reproductibilidad de estos valores. Es conocida la variabilidad relativa al instrumento y al observador cuando se realizan este tipo de medidas; sin embargo, donde parece existir mayor variabilidad es en la colocación precisa de la rodilla del paciente en el momento de realizar el estudio radiológico. Esto se traduce en una variación del ángulo de incidencia del haz de rayos X en las estructuras óseas de acuerdo con su posición<sup>4</sup>.

En este trabajo se estudia de forma experimental la influencia que tiene la orientación espacial de la rodilla en el valor de las mediciones radiológicas que habitualmente se realizan en el seguimiento de la artroplastia total de rodilla (ATR).

## MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizaron como modelos de estudio dos rodillas artificiales de termoplástico con bandas lateral y medial de sujeción elástica a modo de ligamentos colaterales. Al primer modelo se le colocó una prótesis CKS (*Continuum Knee System*, Stratec Medical) y al segundo una prótesis AMK (*Anatomic Modular Knee*, De Puy, Johnson & Jon-

son). En ambos modelos se verificó una correcta alineación (6 grados de valgo para el componente femoral y 90 grados para el componente tibial), dejándose además un espacio translúcido simétrico de 5 mm entre el componente tibial y el hueso subyacente, con el fin de simular una radiolucencia. La inclinación posterior del platillo tibial fue de 7 grados. Se construyó un soporte que permitiera la sujeción firme del modelo de estudio y que permitiera, además, el movimiento preciso y calibrado de la rodilla en todos los planos del espacio. De esta forma, se realizaron proyecciones radiológicas en el plano anteroposterior (AP) en posición neutra (cero grados en todos los planos del espacio), y en diferentes posiciones de la extremidad inferior: flexión, rotación externa, rotación interna, inclinación cefálica e inclinación caudal, con intervalos de 5 grados y hasta un máximo de 20 grados (fig. 1). Todas las proyecciones radiológicas se hicieron por duplicado, con ambos modelos de prótesis, y todas fueron realizadas por el mismo técnico de rayos y el mismo equipo radiológico, aplicando un protocolo que incluyó una distancia focal de un metro y centrado en la escotadura intercondílea de la rodilla en un punto marcado previamente a tal efecto, de tal modo que la única variación fuera la orientación espacial del modelo en estudio.

Las 60 imágenes radiológicas obtenidas fueron digitalizadas mediante un escáner digital plano. En cada una de ellas se obtuvo el valor de los ángulos femoral, tibial y femorotibial (eje anatómico), y se realizó la medición del espacio translúcido del platillo tibial (radiolucencias en zona 1 y 3 de acuerdo con el protocolo de la Sociedad Americana de Rodilla (*Knee Society Score*)<sup>5</sup>. Para ello se utilizó un software específico de medición en pantalla (Proteo Rodilla<sup>®</sup>)<sup>6</sup>, con el que se redujo el posible sesgo del observador. Las mediciones fueron realizadas por tres cirujanos ortopédicos de forma independiente, y se realizaron dos veces en cada radiografía para minimizar el error. Los valores de los ángulos y las radiolucencias obtenidos fueron comparados para ver la influencia del plano de orientación espacial del modelo de estudio en estos resultados.

Se empleó análisis estadístico de la varianza (ANOVA) y la comparación de medias para estudiar la variabilidad de los valores encontrados en las diferentes posiciones de los modelos de estudio.



**Figura 1.** Representación de las distintas posiciones de la extremidad inferior. (A) Rotaciones interna y externa. (B) Inclinación cefálica. (C) Inclinación caudal.

**RESULTADOS**

Los valores medios obtenidos en las mediciones iniciales con la rodilla en posición neutra fueron: ángulo femoral 96°, ángulo tibial 90° y ángulo femorotibial 6°, iguales para ambos diseños de prótesis.

El valor del ángulo femoral se incrementó de forma progresiva al incrementar la rotación externa de la extremidad, con un valor medio máximo de 104° en rotación externa de 20° y disminuyó de forma también progresiva al incrementar la rotación interna con un valor medio máximo de 94° en rotación interna de 20° ( $p < 0,001$ ). El valor de este ángulo no tuvo una variación significativa con los cambios en flexión e inclinación cefálica y caudal.

El ángulo tibial tuvo una variación estadísticamente significativa ( $p < 0,01$ ) con la inclinación cefálica y caudal mayor de 5 grados, y con cualquier modificación de la flexión de la rodilla. La inclinación caudal disminuyó levemente el valor de este ángulo, que pasó de un valor medio de 90° en posición neutra, a 88° en 20° de inclinación. Por el contrario, la inclinación cefálica ocasionó su aumento, alcanzando un valor medio de 95° en 20° de inclinación. El aumento progresivo de la flexión de rodilla aumentó también el valor del ángulo tibial que alcanzó 94° en 20° de flexión. El valor de este ángulo no se modificó con las rotaciones interna y externa de la extremidad.

Las variaciones del ángulo femorotibial determinadas por la flexión, rotación interna y externa e inclinaciones cefálica y caudal mayores de 5°, fueron todas estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ). La flexión de la rodilla disminuyó su valor medio de 6° en posición neutra, hasta 4° en 20° de flexión. Las diferencias para la inclinación cefálica y caudal fueron mayores, obteniéndose un valor medio de 9° con inclinación caudal de 20°, y de 4° con inclinación cefálica de 20°. De forma similar, se obtuvo un valor medio de 8° en

rotación interna de 20° y de 5° en rotación externa de 20° (figs. 2, 3 y 4).

Las radiolucencias bajo el componente tibial sólo fueron visibles de forma clara en flexión de rodilla de 5° y 10° y en inclinación caudal de 5° y 10°.

Aunque se incluyeron dos diseños protésicos diferentes en este estudio, no se encontraron diferencias significativas al comparar los valores de las mediciones realizadas.

**DISCUSIÓN**

El beneficio de una correcta alineación de la extremidad inferior y de los componentes protésicos utilizados en la evolución a largo plazo de la ATR ha sido documentado en diferentes series publicadas<sup>7,8</sup>. A pesar del desarrollo de modernos sistemas informáticos de alineación y control de la posición de los componentes protésicos, la radiología convencional sigue siendo la herramienta estándar para el seguimiento de pacientes intervenidos de una ATR<sup>9,10</sup>.

Este trabajo demuestra que el valor de las mediciones de ángulos y radiolucencias, habitualmente realizadas en el seguimiento y control de las ATR, se modifica con moderados cambios en la posición de la extremidad inferior durante la realización del estudio radiológico. Estos cambios de posición podrían, por tanto, alterar la interpretación de los resultados obtenidos, llevando a conclusiones erróneas acerca de la evolución de la artroplastia.

La rotación interna y externa modificó siempre, y de forma significativa, el valor del ángulo femoral. Este hecho podría explicarse por el acercamiento relativo al observador del cóndilo femoral interno durante la rotación externa, que magnifica el valor del ángulo medido. Lo contrario ocurre durante la rotación interna, disminuyendo el valor del ángulo femorotibial. La asociación de estas rotaciones con una

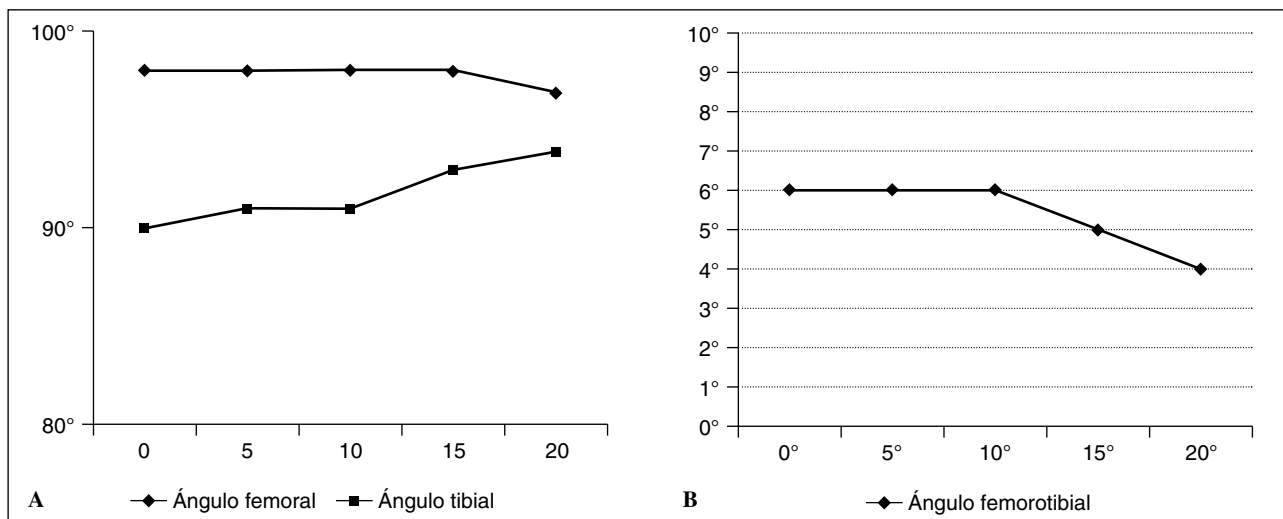


Figura 2. Variación con la flexión de los ángulos femoral y tibial (A) y femorotibial (B).

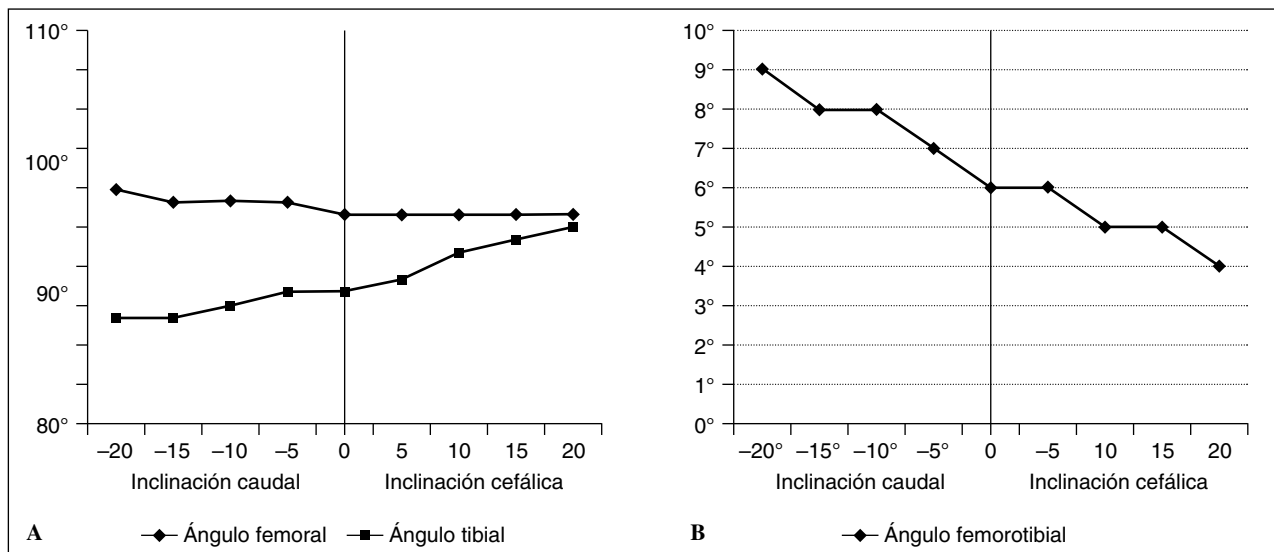


Figura 3. Variación con las inclinaciones caudal y cefálica de los ángulos femoral y tibial (A) y femorotibial (B).

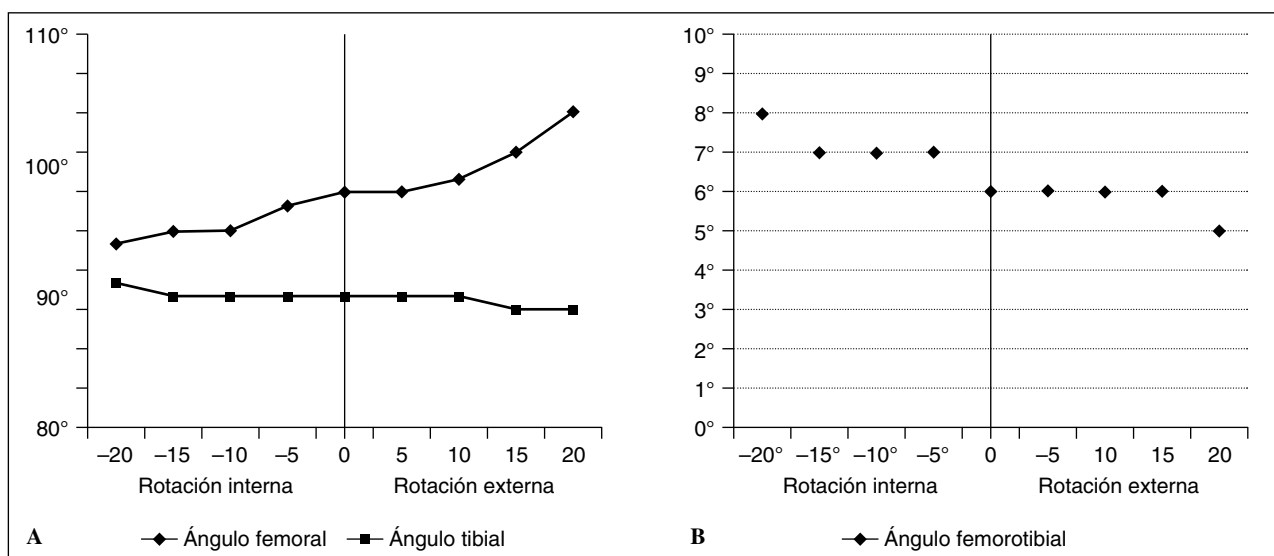


Figura 4. Variación con las rotaciones interna y externa de los ángulos femoral y tibial (A) y femorotibial (B).

inclinación caudal puede ocasionar una variación aún mayor del valor del ángulo femoral. Estos resultados confirman los hallazgos descritos por Ravaud<sup>11</sup> y Goldman<sup>12</sup>, quienes describen la variación del ángulo femoral con las rotaciones de la extremidad inferior.

El incremento del valor del ángulo tibial al incrementar la flexión de la rodilla, comunicado por Lonner<sup>13</sup> y Younger<sup>14</sup>, fue evidente también en este estudio, que además demuestra el incremento de su valor durante la inclinación y su disminución durante la inclinación caudal. Por su anatomía, algunos pacientes muy obesos, con acumulación grasa en la zona glútea, tienen una inclinación caudal importante de la extremidad al apoyarla sobre una superficie plana. El

estudio radiológico realizado en carga soluciona en parte este problema.

En este estudio, el valor del ángulo femorotibial fue muy sensible a cualquier variación en la posición de la extremidad inferior ( $p < 0,01$ ). En términos generales disminuye con la flexión y rotación externa, y se incrementa con la rotación interna de la extremidad. Para algunos autores, este ángulo puede verse influido de forma más importante por las rotaciones del miembro en extremidades que presentan deformidades inherentes en varo o valgo<sup>15</sup>. Wright<sup>16</sup>, sin embargo, en un estudio similar no aprecia variación significativa alguna en el ángulo femorotibial con rotaciones de 10 grados y en distintos grados de flexión de la rodilla. Por otra

parte, Ivarsson<sup>17</sup> afirma que rotaciones moderadas no provocan medidas angulares significativamente diferentes.

La flexión de rodilla y la inclinación caudal de 5 y 10 grados fueron las únicas posiciones de la extremidad inferior que permitieron ver claramente las radiolucencias bajo el componente tibial. Este hecho es explicable por el ángulo de inclinación posterior del platillo tibial (7 grados en el modelo de estudio), ángulo que enfrenta en forma casi paralela al haz de rayos en dichas posiciones<sup>18</sup>. Las rotaciones interna y externa ocultan la presencia del espacio radiolúcido al perder la disposición paralela del haz de rayos mencionada.

En conclusión, el valor de los ángulos y de las radiolucencias, medido en los estudios radiológicos realizados para el seguimiento de la ATR, depende de la posición de la extremidad inferior durante la realización de los mismos. La aplicación de protocolos que garanticen la correcta posición de la extremidad inferior durante la realización de estudios radiológicos es imprescindible para controlar esta variabilidad.

Es necesaria la realización de estudios adicionales para evaluar la variabilidad de las mediciones realizadas en modelos con componentes protésicos mal alineados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hsu HP, Garg A, Walker PS, Spector M, Ewald FC. Effect of knee component alignment on tibial load distribution with clinical correlation. *Clin Orthop*. 1989;248:135-44.
2. Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop*. 1994;299:153-6.
3. Pagnano MW, Hanssen AD. Varus tibial joint line obliquity: a potential cause of femoral component malrotation. *Clin Orthop*. 2001;392:68-74.
4. Akagi M, Yamashita E, Nakagawa T, Asano T, Nakamura T. Relationship between frontal knee alignment and reference axes in the distal femur. *Clin Orthop*. 2001;388:147-56.
5. Ewald FC. The knee society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and score system. *Clin Orthop*. 1989;248:9-11.
6. Unidad de Investigación. Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Hospital de Antequera. Proteo Rodilla. Programa de seguimiento para artroplastia total de rodilla. Disponible en: <http://www.traumawebantequera.com/proteo.htm> (consulta: 15 de abril 2005).
7. Werner FW, Ayers DC, Maletsky LP, Rullkoetter PJ. The effect of valgus varus malalignment on load distribution in total knee replacements. *J Biomech*. 2005;38:349-55.
8. Liau JJ, Cheng CK, Huang CH, Lo WH. The effect of malalignment on stresses in polyethylene component of total knee prostheses. *Clin Biomech*. 2002;17:140-6.
9. Bathis H, Perlick L, Tingart M, Luring C, Perlick C, Grifka J. Radiological results of image based and non image based computer assisted total knee arthroplasty. *Int Orthop*. 2004;28:87-90.
10. Oswald MH, Jakob RP, Schneider E, Hoogewoud HM. Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1993;8:419-26.
11. Ravaut P, Giraudeau B, Auleley GR, Drape JL, Rousselin B, Paolozzi L, et al. Variability in knee radiographing: implication for definition of radiological progression in medial knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1998;57:624-9.
12. Goldman R, Rathjen K, Jones L, Bickel C, Hungerford DS. Influence of rotation and knee flexion on apparent axial alignment of the lower extremity. *Proceedings of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, New Orleans, LA 99, 1990.
13. Lonner JH, Laird MT, Stuchin SA. Effect of rotation and knee flexion on radiographic alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*. 1996;331:102-6.
14. Younger AS, Beauchamp CP, Duncan CP, McGraw RW. Position of the knee joint after total joint arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1995;10:53-61.
15. Swanson KE, Stocks GW, Warren PD, Hazel MR, Janssen HF. Does axial limb rotation affect the alignment measurements in deformed limbs? *Clin Orthop*. 2000;371:246-52.
16. Wright JG, Treble N, Feinstein AR. Measurement of lower extremity alignment using long radiographs. *J Bone Joint Surg*. 1991;73B:721-3.
17. Ivarsson I, Myrner R. The effect of the radiographic projection on the measured position of the prosthesis at knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1986;105:350-2.
18. Petersen TL, Engh GA. Radiographic assessment of knee alignment after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1988;3:67-72.

**Conflicto de intereses.** Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Por otra parte, ninguna entidad comercial ha pagado ni pagará a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estemos afiliados.