

EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN¹

Liliana Chicaíza²
Oscar Gamboa³
Mario García Molina⁴

Resumen:

En personas con diabetes, una infección en el pie frecuentemente conduce a amputación. La radiografía plana es el método tradicionalmente usado en la evaluación de las infecciones óseas del pie, pero comparada con ella, la resonancia magnética es más sensible y específica. Se realiza aquí una evaluación de costo efectividad usando un modelo de Markov para comparar la radiografía convencional con la radiografía más resonancia magnética en pacientes con pie diabético y signos de infección. Se encontró un ICER por AVAD de \$1.532.778 y de \$1.741.311 sin y con descuento respectivamente. La resonancia magnética en la evaluación del pie diabético con signos de infección sería costo-efectiva para Colombia. Los resultados son robustos a pruebas de sensibilidad.

Palabras Clave: Costo efectividad; Salud; Pie diabético; Radiografía; Espectroscopía de resonancia magnética.

JEL: D610, I110

Términos MeSH: Medios de Contraste; Fallo renal agudo; Análisis costo beneficio; Colombia

Title: Cost-Effectiveness of magnetic resonance in addition to conventional radiography in assessing patients diabetic foot and signs of infection

Abstract:

In people with diabetes, a foot infection often leads to amputation. Plain film x-ray is the traditional method in assessing foot bone infections but magnetic resonance is more sensitive and specific. A comparison is performed here between radiography and radiography plus magnetic resonance in patients with diabetic foot and signs of infection by means of a Markov model. It was found an ICER of \$1.532.778 y de \$1.741.311 without and with discount. Magnetic resonance in assessment of a diabetic foot with signs of infection would be cost-effective for Colombian. Results are robust to sensibility analysis.

Key Words: Cost-effectiveness; Health; Diabetic foot; Radiography; Magnetic resonance spectroscopy

JEL: D610, I110

MeSH Terms: Contrast Media; Kidney Failure, Acute; Cost-Benefit Analysis; Colombia

¹ Esta evaluación económica fue realizada en el marco del proyecto “Guías Práctica Clínica para el Hospital Universitario”, liderado por el Instituto de Investigaciones Clínicas de la Facultad de Medicina y financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

² Profesora Asociada. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia. Grupo Interdisciplinario en Teoría e Investigación Aplicada en Ciencias Económicas. lachicaizab@unal.edu.co

³ Médico Especialista. Subdirección de Investigaciones. Instituto Nacional de Cancerología. oa_gamboa@yahoo.es

⁴ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia. Grupo Interdisciplinario en Teoría e Investigación Aplicada en Ciencias Económicas. mgarciamo@unal.edu.co



Rector

Moisés Wassermann Lerner

Vicerrector Sede Bogotá

Fernando Montenegro Lizarralde

**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS**

Decano

Jorge Iván Bula Escobar

Vicedecano Académico

Gerardo Ernesto Mejía Alfaro

ESCUELA DE ECONOMÍA

Director

Edgar Osvaldo Bejarano Barrera

**Coordinador Programa Curricular de
Economía**

Leonardo Duarte Vergara

La serie Documentos FCE considera para publicación manuscritos originales de estudiantes de maestría o doctorado, de docentes y de investigadores de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia; resultado del trabajo colectivo o individual y que hayan sido propuestos, programados, producidos y evaluados en una asignatura, en un grupo de investigación o en otra instancia académica.

**Documentos FCE
Escuela de Economía
ISSN 2011-6322**

La serie Documentos FCE puede ser consultada en el portal virtual:
<http://www.fce.unal.edu.co/publicaciones/>

Coordinador de Publicaciones

Carlos Andrés Álvarez Gallo
Profesor Asociado - FCE

Equipo de publicaciones - FCE

David Alejandro Bautista Cabrera
Juan Carlos García Sáenz

Diseño

Andrea Paola Parra Martínez

Contacto: Unidad de Divulgación y Publicaciones.

Correo electrónico:

publicac_fcebog@unal.edu.co

Periodicidad: Trimestral

Este documento puede ser reproducido citando la fuente. *El contenido y la forma del presente material es responsabilidad exclusiva de sus autores y no compromete de ninguna manera a la Escuela de Economía, ni a la Facultad de Ciencias Económicas, ni a la Universidad Nacional de Colombia.*

EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN

Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 (DM-2) es una enfermedad crónica que se caracteriza por la falla absoluta o relativa en la producción de insulina por el páncreas, y por una alteración en el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos (World Health Organization 1999; Goldman y Bennett 2002; Sierra 1999).

Se estima que en 1995 había 135 millones de diabéticos en el mundo, y que esta cifra alcanzará los 300 millones en el 2025 (Moreno 2001). En México, en 1997 había 4 millones de personas, entre 20 y 69 años, con esta enfermedad. En Colombia, las estadísticas muestran la diabetes como la décima causa de mortalidad, con una tasa de 2,3 por cada 100.000 habitantes (Alayón y Sedán 2006).

Las personas con diabetes frecuentemente tienen afectados sus pies por una combinación de enfermedad neuropática e insuficiencia vascular que es complicada por infección y frecuentemente conduce a amputación (Penn 1991; Boulton 1998). El 50% de las amputaciones no traumáticas de miembros inferiores corresponden a pacientes diabéticos. El pie diabético es un importante problema médico, social y económico en todo el mundo. Sin embargo, la frecuencia registrada de ulceración y amputación varía considerablemente. Esto podría deberse a las diferencias en el criterio de diagnóstico además de los factores sociales y económicos de cada región. En los países en vías de desarrollo, las úlceras y las amputaciones del pie son, desgraciadamente, muy frecuentes (Pedrosa, Leme y Novaes 2004; Boulton 2004; Apelqvist y Larsson 2000).

La resonancia magnética ha demostrado tener una sensibilidad y especificidad alta para el diagnóstico de osteomielitis. Sin embargo, la determinación de presencia de infección en el pie diabético es difícil por la presencia de osteoartropatía neuropática y enfermedad vascular periférica. Tradicionalmente la radiografía plana es el método usado en la evaluación de las infecciones óseas del pie; comparada con ésta, la resonancia magnética es más sensible y específica, además de permitir determinar la extensión de la infección con lo cual se puede planear intervenciones quirúrgicas menos agresivas (Kapoor et al 2007).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el costo-efectividad de la adición de la resonancia magnética a la radiografía simple en la evaluación del pie diabético con signos de infección. Existe una evaluación de costo efectividad del seguimiento de la Guía de Práctica Clínica para Holanda (Ortegon, Redekop y Niessen 2004), pero no se ha realizado previamente un estudio de costo efectividad para la elección entre radiografía y radiografía más resonancia magnética.

Metodología

Para evaluar los resultados en salud y económicos de la introducción de la resonancia magnética en la evaluación del pie diabético con signos de infección, se adaptó un modelo de Markov de la historia natural del pie diabético previamente construido (Ortegon, Redekop y Niessen 2004).

Este modelo consta de 13 estados que describen la historia natural del pie diabético: tres estados de riesgo (no neuropatía, neuropatía y neuropatía más deformidad), seis estados de lesión (preúlcera, úlcera superficial, infección superficial, úlcera profunda, isquemia y absceso/osteomielitis) y cuatro estados de resultados (curado, amputación menor, amputación mayor y muerte). Como medida de efectividad se usaron los años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD). Se aplicó tasa de descuento del 3% a los costos y efectos.

Estructura del modelo

En la figura 1 se muestra la estructura del modelo. Los tres estados de riesgo representan los precursores patofisiológicos para el desarrollo de úlceras; el riesgo de desarrollo de úlceras es diferente para cada estado, siendo mayor para el estado de neuropatía más deformidad. Las características más importantes de las lesiones en el pie diabético son representadas en seis estados. Los estados: preúlcera, úlcera superficial, úlcera profunda e infección superficial, son estados transitorios: una vez se está en éstos no es posible continuar en el mismo estado para el siguiente ciclo, la lesión se cura o pasa a un estado de mayor severidad. Los resultados secundarios al pie diabético son representados en cuatro estados: curado, amputación menor, amputación mayor y muerte. Los estados de curado y amputación implican la ocurrencia previa de lesiones.

Los pacientes inician el modelo en los estados de osteomielitis o infección superficial y progresan a otros estados de acuerdo a las probabilidades de transición. Se asignaron probabilidades de transición semestrales para el movimiento entre los diferentes estados. La edad de inicio fue 56 años, correspondiente a la edad promedio de los pacientes en los estudios que evalúan la resonancia magnética en pie diabético. Las probabilidades de muerte dependen del estado de riesgo y de la severidad de la lesión.

EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN

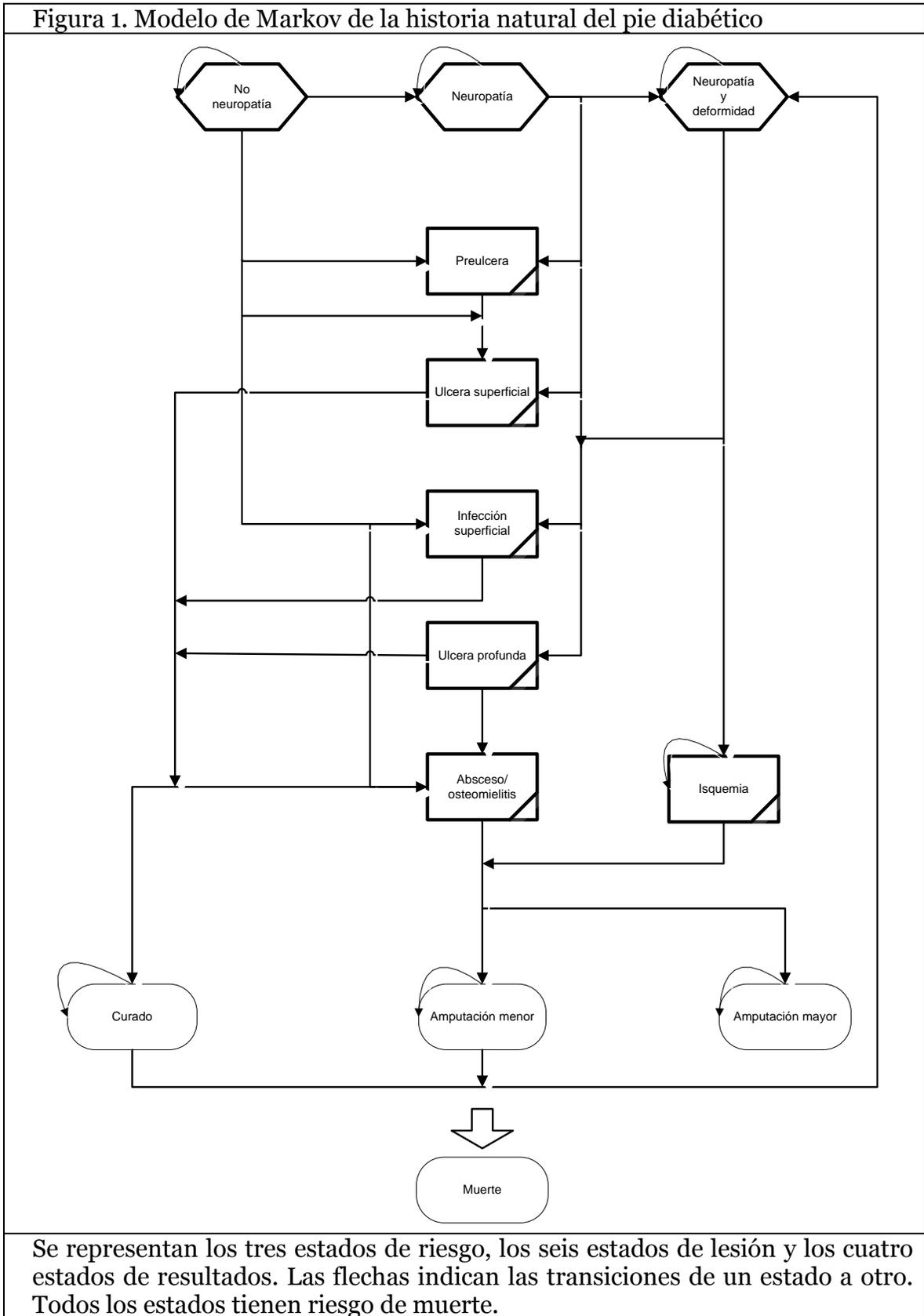
Datos clínicos

Se partió de la revisión sistemática de la literatura realizada por el Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas de la Facultad de Medicina, siguiendo las indicaciones del Grupo de Métodos para GPC (2009) en el desarrollo de la Guía de Diagnóstico radiológico del pie diabético. De allí se extrajeron los datos de: sensibilidad y especificidad de la resonancia magnética y la radiografía plana para el diagnóstico de osteomielitis, prevalencia de osteomielitis y de infecciones superficiales de la piel y del tejido celular subcutáneo. Las probabilidades de transición entre los diferentes estados del modelo de Markov se tomaron de un estudio previamente publicado (Ortegon, Redekop y Niessen 2004) (Tabla 1). Los pesos usados para el cálculo de los AVAD fueron los informados por la OMS (World Health Organization 1999). En la tabla 2 se muestran los datos usados en el modelo con los rangos para los análisis de sensibilidad.

Datos de costos

El estudio tuvo la perspectiva del pagador, solo se incluyeron costos directos relacionados con: amputaciones mayores y menores, manejo de úlceras superficiales y profundas, manejo de la isquemia, tratamiento de la osteomielitis y de las infecciones superficiales. Para el cálculo de los costos se identificaron los procedimientos quirúrgicos, tratamientos médicos y de rehabilitación, para el manejo de los diferentes tipos de lesiones en pie diabético recomendados en guías de práctica clínica (Frykberg et al 2000; Frykberg et al 2006). Los costos se calcularon de acuerdo a las tarifas SOAT. Éstos son mostrados en la Tabla 3

Figura 1. Modelo de Markov de la historia natural del pie diabético



EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN

Tabla 1. Probabilidades de transición semestrales usadas en el análisis

Desde / a	Probabilidades de transición												
	No neuropatía	Neuropatía	Neuropatía y deformidad	Preulcera	Úlcera superficial	Infección superficial	Úlcera profunda	Absceso Osteomielitis	Isquemia	Curado	Amputación menor	Amputación mayor	Muerte
No neuropatía	0,957	0,01999		0,002	0,0002	0,00006							0,02075
Neuropatía		0,9	0,05	0,006	0,0006	0,0001	0,0001	0,0004					0,0428
Neuropatía y deformidad			0,948	0,0003	0,0018	0,0011	0,0011	0,002	0,0007				0,045
Preulcera1					0,98								0,02
Preulcera2					0,955								0,045
Preulcera3					0,9								0,1
Úlcera superficial1									0,98				0,02
Úlcera superficial2									0,955				0,045
Úlcera superficial3									0,9				0,1
Infección superficial1-2								0,08	0,875				0,045
Infección superficial3								0,08	0,82				0,1
Úlcera profunda 1-2									0,955				0,045
Úlcera profunda 3									0,9				0,1
Absceso Osteomielitis								0,165	0,215	0,205	0,315		0,1
Isquemia									0,223	0,227	0,174	0,272	0,104
Curado				0,0021	0,013	0,0077	0,0078	0,0143	0,0054	0,849			0,1007
Amputación menor				0,0021	0,013	0,0077	0,0078	0,0143	0,0054		0,93	0	0,0197
Amputación mayor												0,89	0,11

Riesgo 1 : no neuropatía; Riesgo 2: neuropatía; Riesgo 3: neuropatía y deformidad

Tomado de: Ortegon M, Redekop W, Niessen L. Cost-effectiveness of prevention and treatment of the diabetic foot. Diabetes Care 2004;27(4):901-907.

Tabla 2. Datos usados en el análisis

	Base	Determinístico*		Probabilístico**		Fuente
		Rango		Distribución	Parámetros	
Prevalencia de osteomielitis	54%	33%	75%	Uniforme	a=33%; b=75%	11
Especificidad resonancia magnética	77%	40%	100%	β	$\alpha=92,0$; $\beta=27,1$	11
Sensibilidad resonancia magnética	91%	77%	100%	β	$\alpha=228,9$; $\beta=23,3$	11
Especificidad radiografía simple	73%	33%	100%	β	$\alpha=27,9$; $\beta=10,5$	11
Sensibilidad radiografía simple	57%	22%	75%	β	$\alpha=52,9$; $\beta=40,4$	11

* Rangos usados en los análisis de sensibilidad determinísticos

**Distribuciones usadas en los análisis de sensibilidad probabilísticos

Tabla 3. Datos de costos usados en el análisis

	Base	Determinístico*		Probabilístico**	
		Rango		Distribución	Parámetros
Costo amputación mayor	\$ 3.894.023	\$ 2.920.517	\$ 4.867.528	Uniforme	a=2.920.517; b=4.867.528
Costo amputación menor	\$ 1.565.199	\$ 1.173.899	\$ 1.956.498	Uniforme	a=1.173.899; b=1.956.498
Costo biopsia hueso	\$ 248.825	\$ 186.619	\$ 311.032	Uniforme	a=186.619; b=311.032
Costo celulitis	\$ 361.056	\$ 270.792	\$ 451.320	Uniforme	a=270.792; b=451.320
Costo manejo isquemia	\$ 2.565.572	\$ 1.924.179	\$ 3.206.965	Uniforme	a=1.924.179; b=3.206.965
Costo tratamiento antibiótico osteomielitis	\$ 4.872.294	\$ 3.654.220	\$ 6.090.367	Uniforme	a=3.654.220; b=6.090.367
Costo rehabilitación	\$ 82.404	\$ 61.803	\$ 103.005	Uniforme	a=61.803; b=103.005
Costo resonancia magnética	\$ 569.790	\$ 427.342	\$ 712.237		
Costo radiografía	\$ 27.994	\$ 20.996	\$ 34.993		
Costo manejo úlcera profunda	\$ 2.945.783	\$ 2.209.337	\$ 3.682.228	Uniforme	a=2.209.337; b=3.682.228
Costo manejo úlcera superficial	\$ 1.049.938	\$ 787.453	\$ 1.312.422	Uniforme	a=787.453; b=1.312.422

* Rangos usados en los análisis de sensibilidad determinísticos

**Distribuciones usadas en los análisis de sensibilidad probabilísticos

Análisis

Se calcularon razones de costo-efectividad incremental (RCEI) definidas como el cociente entre la diferencia de costos sobre la diferencia de efectos. Se construyeron curvas de eficiencia y se realizaron análisis de sensibilidad univariados para los costos, efectos y supuestos del modelo. Adicionalmente se construyeron curvas de aceptabilidad. Se consideró que una estrategia es costo-efectiva si el costo por unidad de efectividad adicional es menor al PIB per cápita de Colombia (\$7.600.000).

Resultados

La estrategia más costosa y efectiva fue la resonancia magnética asociada a la radiografía plana, ésta produce 0,36 AVAD menos que la radiografía plana para un costo por AVAD evitado de \$1.532.778 y de \$1.741.311 sin y con descuento respectivamente. Tomando como umbral el PIB per cápita de Colombia, la resonancia magnética en la evaluación del pie diabético con signos de infección sería costo-efectiva para el país.

Tabla 4. Costos, AVAD, razones de costo-efectividad y costo-efectividad incremental para la radiografía plana (Rx) y la resonancia manética (RM) en el pie diabético con signos de infección

Estrategia	Costo	Costo incremental	Efectividad (AVAD)	Efectividad incremental (AVAD)	C/E	RCEI
Resultados sin descuento						
Rx	\$ 5.952.152,90		15,51		\$ 383.883	
Rx + RM	\$ 6.498.132,00	\$ 545.979,00	15,15	0,36	\$ 428.951	\$ 1.532.778
Resultados con descuento						
Rx	\$ 5.796.950,10		11,19		\$ 518.040	
Rx + RM	\$ 6.269.456,10	\$ 472.506,10	10,92	0,27	\$ 574.189	\$ 1.741.311

AVAD: años de vida ajustados por discapacidad

RCEI: razones de costo-efectividad incremental

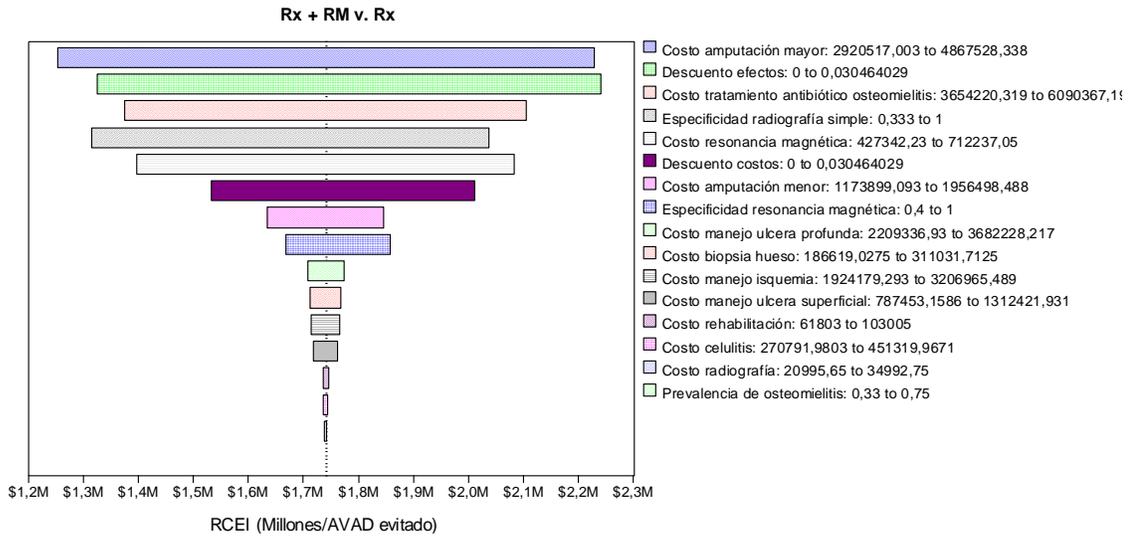
C/E: razones de costo-efectividad

Análisis de sensibilidad univariados

La figura dos muestra el diagrama de tornado para las variables incluidas en el modelo, donde se observa que las razones de costo-efectividad incremental, RCEI, son afectadas principalmente por: el costo de la amputación mayor, la tasas de descuento, el costo del manejo antibiótico de la osteomielitis y la especificidad de la radiografía plana. Sin embargo, para ninguna de las variables el costo por AVAD evitado supera el PIB per cápita, indicando que los resultados son robustos a la variación en estos parámetros.

EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN

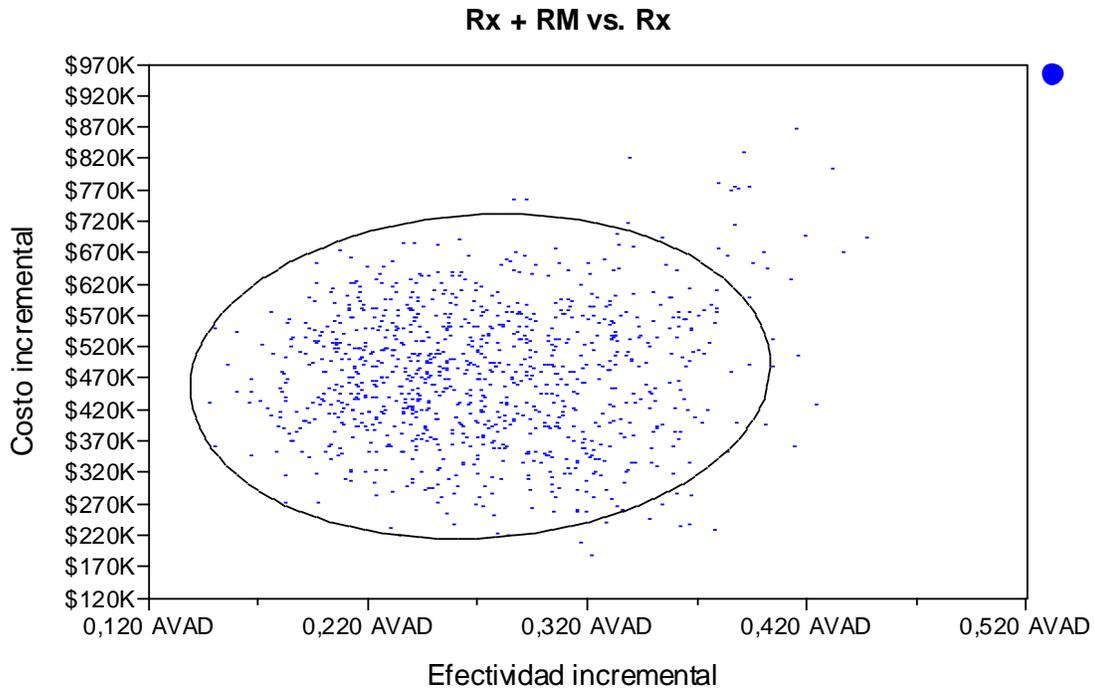
Figura 2. Diagrama de tornado



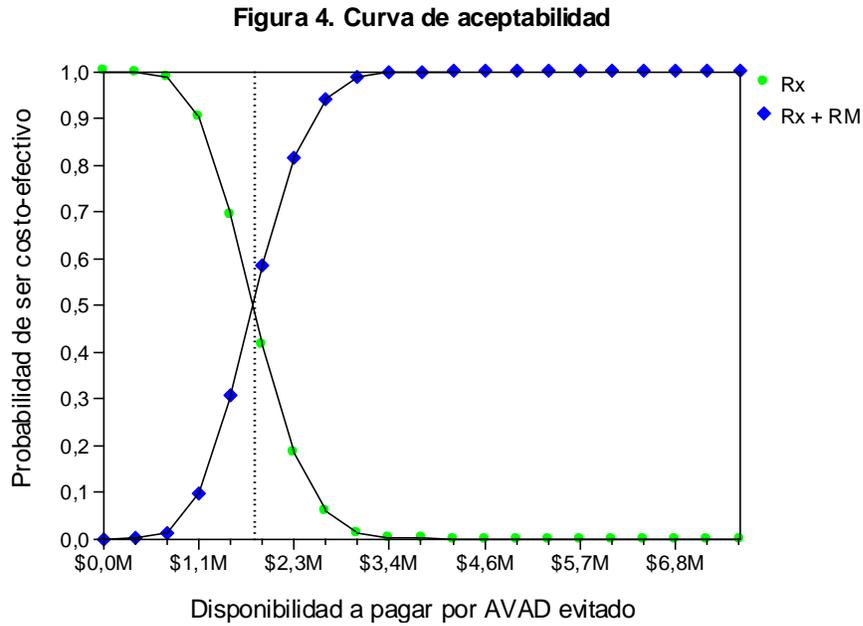
Análisis de sensibilidad probabilísticos

La figura tres muestra la región de confianza sobre el plano de efectividad, para el umbral establecido por el PIB, en el 100% de las simulaciones la estrategia con resonancia es costo efectiva.

Figura 3. Región de confianza sobre el plano de efectividad



La curva de aceptabilidad se muestra en la figura 4, en donde se observa que la estrategia con resonancia magnética es costo-efectiva para una disponibilidad a pagar por AVAD evitado mayor a \$1.800.000



Conclusiones

Desde el punto de vista económico la adición de la resonancia magnética a la radiografía plana en la evaluación del pie diabético con signos de infección es una estrategia costo-efectiva para el país. Los resultados fueron robustos a la variación de los parámetros del modelo.

**EVALUACIÓN DE COSTO-EFECTIVIDAD DE LA ADICIÓN DE LA RESONANCIA
MAGNÉTICA A LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL EN LA EVALUACIÓN DE
PACIENTES CON PIE DIABÉTICO Y SIGNOS DE INFECCIÓN**

Bibliografía

- Alayón AN, Sedán CL. Prevalencia de desórdenes del metabolismo de los glúcidos y perfil del diabético en Cartagena de Indias (Colombia), 2005. *Salud Uninorte*. 2006; 22 (1): 20-28.
- Apelqvist J, Larsson J: What is the most effective way to reduce incidence of amputation in the diabetic foot? *Diabetes Metab Res Rev* 2000; 16 (Suppl. 1):S75-S83.
- Boulton, A.J. Lowering the risk of neuropathy, foot ulcers and amputations, *Diabetic Medicine* 15 (1998) S57-S59.
- Boulton AJM. The diabetic foot – from art to science. *Diabetologia* 2004; 47: 1343-53.
- Frykberg RG, Armstrong DG, Giurini J, Edwards A, Kravette M, Kravitz S, Ross C, Stavosky J, Stuck R, Vanore J. Diabetic foot disorders: a clinical practice guideline. American College of Foot and Ankle Surgeons. *J Foot Ankle Surg* 2000;39(5 Suppl):S1-60
- Frykberg RG, Zgonis T, Armstrong DG, Driver VR, Giurini JM, Kravitz SR, et al; American College of Foot and Ankle Surgeons. Diabetic foot disorders. A clinical practice guideline. *J Foot Ankle Surg*. 2006 Sep-Oct;45(5):S2-66.
- Goldman L y Bennett J. Cecil. Manual de Medicina Interna 21a Ed. Madrid: McGraw-Hill- Interamericana, 2002.
- Grupo de métodos para el desarrollo de Guías de Práctica Clínica. Grupo de evaluación de tecnologías y políticas en salud, Universidad Nacional de Colombia 2009. Guía para el desarrollo/adaptación de Guías de Práctica Clínica basadas en la evidencia. Manual Metodológico. En prensa.
- Kapoor A, Page S, LaValley M, Gale DR, Felson DT. Magnetic resonance imaging for diagnosing foot osteomyelitis: a meta-analysis. *Arch Intern Med*. 2007 Jan 22;167(2):125-32.
- Moreno L. Epidemiología y diabetes. *Rev Fac Med UNAM* 2001; 44(1):35-37.
- Ortegon MM, Redekop WK, Niessen LW. Cost-effectiveness of prevention and treatment of the diabetic foot: a Markov analysis. *Diabetes Care*. 2004 Apr;27(4):901-7.
- Pedrosa HC, Leme LAP, Novaes C, et al. The diabetic foot in South America: Progress with the Brazilian. Save the Diabetic Foot project. *Int Diabetes Monitor* 2004; 16: 17-24.
- Penn I. Infections in the diabetic foot. In: Sammarco GJ, ed. *The foot in diabetes*. Philadelphia, Pa: Lea & Febiger, 1991:106-123.
- Sierra I. *Metabolismo de los Hidratos de Carbono y su importancia clínica*. Bogotá: Kimpres, 1999.
- World Health Organization, *Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications*, (WHO, Geneva, 1999).