

Instituto Nacional de Salud Pública

Título del proyecto

Evaluación de asistentes en radiología mamaria en la interpretación de mastografías de tamizaje

Informe final del periodo

14 de noviembre 2011

Investigador Responsable

Dra. Gabriela Torres Mejía. Instituto Nacional de Salud Pública.

Co-investigador: Angélica Angeles Llerenas. Instituto Nacional de Salud Pública.

Co-investigador: Carolina Ortega Olvera. Instituto Nacional de Salud Pública.

Co-investigador: Eduardo Lazcano Ponce. Instituto Nacional de Salud Pública.

Contenido

Introducción.....	4
Antecedentes	6
Cáncer de mama.....	6
Detección con mastografía.....	7
Experiencias internacionales de lectura de mastografías de tamizaje por técnicos radiólogos.....	9
Justificación.....	10
Propósito del proyecto.....	13
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	14
Hipótesis.....	14
Metodología.....	14
Fase 1. Reunión de expertos	14
Fase 2. Programa de entrenamiento.....	15
Perfil de aspirantes para el programa de entrenamiento.....	15
Programa de entrenamiento de asistente en radiología de mama	16
Contenido teórico	16
Contenido práctico	17
Duración	18
Competencias	19
Actitudes.....	19
Unidad Didáctica	19
Indicadores de desempeño.	20
Fase 3. Evaluación de los técnicos radiólogos en la interpretación de la mastografía mediante el sistema BI-RADS	21
Fase 4. Diagnóstico situacional.....	24
Análisis estadístico.....	24
Resultados	27
Aspectos éticos de la investigación.....	37
Limitaciones y recomendaciones del estudio	38
Conclusiones.....	40
Referencias bibliográficas	41

Resumen

Introducción. Debido al incremento en la carga de trabajo de los radiólogos, en algunos países se ha explorado la posibilidad de entrenar a técnicos radiólogos en la interpretación de la mastografía, actividad que anteriormente solo se había asignado a los especialistas. **Objetivo.** Desarrollar un programa de entrenamiento, en la interpretación de mastografías de tamizaje mediante el sistema BI-RADS, con el propósito de que el técnico pueda distinguir entre aquellas mastografías que requieren rellamado (BIRADS 0,3, 4 y 5) de las que no lo requieren (BIRADS 1 y 2), así como evaluar la sensibilidad y especificidad de dicho personal en comparación con Médicos Radiólogos expertos en interpretación mamográfica. **Métodos.** El programa de entrenamiento tuvo dos componentes uno teórico y uno práctico. Se evaluó a los técnicos radiólogos mediante un examen con consistió en 110 imágenes que fueron interpretadas por radiólogos expertos del Breast Cancer Surveillance Consortium, quienes fungieron como estándar de oro. En el análisis colaboraron “The American Cancer Society”, “The Group Health Cooperative y “The University of Washington” en Seattle. **Resultados.** En comparación con radiólogos expertos de Estado Unidos, los técnicos radiólogos mexicanos, posterior a una capacitación de 6 meses, obtuvieron porcentajes similares de sensibilidad, pero con un alto porcentaje de falsos positivos.

Introducción

Debido al incremento en la carga de trabajo de los radiólogos, en otros países se ha explorado la posibilidad de capacitar a técnicos radiólogos en la lectura e interpretación de la mastografía, actividad que anteriormente solo se había asignado a los especialistas.¹ En el Reino Unido, por dar un ejemplo, técnicos radiólogos han sido empleados para identificar fracturas en las salas de urgencias, en la realización de ultrasonidos así como en estudios como enemas con bario y exámenes del tracto digestivo y en la doble lectura de mastografías de tamizaje.¹

Una revisión sistemática mostró que hay pocos estudios que han sido diseñados adecuadamente para evaluar la participación de técnicos radiólogos en la interpretación de la mastografía y su efecto sobre la sensibilidad y la especificidad en la detección del cáncer de mama (CM).² Los resultados de la revisión mostraron que los técnicos radiólogos tuvieron un puntaje alto de falsos positivos con una sensibilidad muy similar en la detección de tumores malignos comparados con radiólogos. Estos estudios resaltan la necesidad de crear y fortalecer programas de entrenamiento, los cuales podrían mejorar las habilidades de los técnicos en radiología y reducir la tasa de falsos positivos.²

Por otro lado, se ha considerado que en la práctica clínica, los técnicos radiólogos podrían ser empleados como pre-lectores. Por dar un ejemplo, en Holanda, aproximadamente 70% de las pacientes a las que les realiza una mastografía en el Hospital, son egresadas sin requerir evaluación posterior debido a que el resultado de la interpretación mamográfica es normal.^{2, 3} Flobee y cols, (2003) refiere que si un técnico radiólogo fuera capaz de distinguir entre las mamografías

de las mujeres que deben referirse a un servicio especializado de patología mamaria para evaluación diagnóstica adicional (i.e. BI-RADS 0, 3, 4 y 5) de aquellas que no la requieren (BI-RADS 1 y 2), entonces sería posible reducir significativamente la carga de trabajo del médico especialista en radiología.³

En la revisión sistemática realizada por van den Biggelaar y cols. (2008), se muestra que al comparar el desempeño en la interpretación mamográfica de los técnicos radiólogos y los radiólogos, la sensibilidad es similar aunque los técnicos radiólogos presentaron un mayor porcentaje de falsos positivos. Sin embargo, su desempeño se incrementa con el entrenamiento continuo.² Adicionalmente, un estudio mostró que los técnicos radiólogos puede desempeñar un papel importante como segundos lectores en un entorno de tamizaje.⁴

En mayo del 2000, EUSOMA (del inglés *European Society of Breast Cancer Specialists*)⁵ publicó las Guías sobre los estándares para el entrenamiento de profesionales de la salud especializados en cáncer de mama donde se establecieron los requerimientos para una Unidad Especializada en Mama.⁶ Uno de los requerimientos clave es que cada unidad debe contar con un equipo multidisciplinario de profesionales de la salud, que cumplan con un entrenamiento específico en patología mamaria. EUSOMA ha invitado a algunos expertos líderes de Europa de las distintas disciplinas para esquematizar los estándares necesarios para asegurar el mejor entrenamiento especializado, el cual ha sido el resultado en el documento que emana de la Guías.

Antecedentes

Cáncer de mama

En el ámbito mundial, el CM es el tumor maligno más frecuente en la mujer. Esta patología se ha convertido en un apremiante problema de salud pública, patente a partir de las últimas décadas del siglo pasado y secundario al envejecimiento de la población femenina y a la adopción de costumbres poco saludables, la llamada “occidentalización” del estilo de vida. La incidencia es de más de un millón de casos nuevos, de los cuales aproximadamente la mitad ocurren en países desarrollados.⁷

En México, se observa una tendencia ascendente, de manera que a partir del 2006, el CM desplazó del primer lugar al cáncer cervicouterino como la principal causa de muerte por neoplasia maligna en mujeres mayores de 25 años de edad.⁸

La tasa de mortalidad en 2007 fue de 16.3 fallecimientos por 100 mil mujeres de 25 años y más de edad, (Datos procesados en el CNEGySR a partir de bases de defunciones, INEGI, 2007). Cuando se desagrega esta cifra por grupos de edad, se observa que en el grupo de 40 a 44 años, la tasa se situó en 13.0 muertes por 100 000 mujeres, mientras que en el grupo de 50 a 54 años, la tasa fue de casi el doble, 26.0 y para las mujeres de 55 a 59 años, de 36.2 muertes por el mismo denominador.⁹ Desafortunadamente, las tendencias indican que la mortalidad por este padecimiento se incrementará en el futuro,⁹ por lo que es de vital importancia unir esfuerzos, entre las diferentes instituciones del sector salud, para aplicar acciones inmediatas y efectivas para el control de este padecimiento.

Detección con mastografía

A lo largo del tiempo, la mastografía es la única estrategia que ha demostrado su impacto en la mortalidad por CM al lograr, en un marco de programa de tamizaje organizado, disminuirla en algunos países hasta en un 35% en mujeres de 50 a 70 años de edad.¹⁰

Ante esta situación, la Secretaría de Salud como cabeza de sector, planteó en su momento entre los objetivos específicos del Programa de Acción Cáncer de Mama 2007-2012,¹¹ incrementar la detección temprana del CM, a través de la mastografía con prioridad en el grupo de mayor riesgo de morir por esta patología: mujeres de 50 a 69 años de edad. Posteriormente en 2011 la actualización de la NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SSA2-2011, para la prevención, diagnóstico, tratamiento, control y vigilancia epidemiológica del cáncer de mama recomienda que la mastografía se realice cada 2 años en mujeres de 40 a 69 años de edad. Los principales factores relacionados con los servicios de salud que son determinantes en el incremento de la mortalidad por CM corresponde a:

- Escasa cobertura de mastografía de tamizaje sobre todo en el grupo de 50 a 69 años.
- Falta de personal específico y especializado, (radiólogos y técnicos radiólogos) que garantice la oferta permanente del servicio de imagenología mamaria en los diferentes turnos de un hospital. Información obtenida por el CNEGySR Actualmente se cuenta con 164 radiólogos en el programa de cáncer de mama, de los cuales 60 son exclusivos del programa (37%), 94 radiólogos están calificados por el INSP/CNEGySR (57%), 86 certificados por el consejo

(52%) y 124 radiólogos han sido capacitados en la interpretación mamográfica (75%).

- Pobre implementación de Procedimientos de control de calidad, evaluación y monitoreo del desempeño de los prestadores de servicio, los establecimientos de salud y de los programas de atención médica.

En resumen, en condiciones ideales de funcionamiento, la productividad de mastografías generadas por los mastógrafos existentes en la actualidad, no podrían ser interpretadas por el cuerpo de radiólogos dedicados en este momento a la imagenología mamaria, ni se podría garantizar la calidad de los servicios de salud proporcionados.

Por lo que a pesar de los esfuerzos realizados por el sector salud en el sentido de incrementar y fortalecer la infraestructura existente, la confiabilidad de los procesos y de acelerar la formación de personal especializado en imagenología mamaria, el cumplimiento de las metas comprometidas en el mencionado Programa de Acción, están en riesgo de no alcanzarse.

En este sentido, con la finalidad de solucionar estas deficiencias, el CNEGYSR ha propuesto un Modelo de Detección y Diagnóstico de CM que contempla la creación de las denominadas Unidades Especializadas Médicas para la Detección y Diagnóstico de CM (UNEMES DeDiCaM) para la atención integral de la mujer que acude a realizarse la prueba de tamizaje mediante la mastografía; esto en concordancia con el acuerdo 3 tomado en el seno de la XII Reunión Ordinaria del Comité de Cáncer en la Mujer del 14 de noviembre del 2008.

Experiencias internacionales de lectura de mastografías de tamizaje por técnicos radiólogos

En México, el CM es un problema emergente de salud pública que requiere estrategias puntuales y esfuerzos continuos para enfrentarlo y así abatir su mortalidad, que desde hace algunos años presenta una franca tendencia a la alza.⁹ El Programa de Detección de CM con mastografía es la intervención de tamizaje que ha impactado de manera positiva en la disminución de la mortalidad y la morbilidad por esta enfermedad.¹⁰ Sin embargo, no existen en México ni en otro país un número suficiente de radiólogos capacitados y con dedicación exclusiva para el programa¹²⁻¹⁴ por lo que algunos países cuentan con personal técnico, particularmente técnicos radiólogos capacitados en lectura de mastografías de tamizaje con control de calidad por un médico radiólogo, en un esquema análogo a lo que se realiza con la lectura del estudio de Papanicolaou por citotecnólogos para la detección del cáncer cérvicouterino.

En este sentido, una propuesta viable, implementada con éxito en otros países, es evaluar la sensibilidad y la especificidad en la interpretación de la mastografía mediante el sistema BI-RADS haciendo énfasis en distinguir entre las mamografías de las mujeres que deben referirse a un servicio especializado de patología mamaria para evaluación diagnóstica adicional (i.e. BI-RADS 0, 3, 4 y 5) de aquellas que no la requieren (BI-RADS 1 y 2) en técnicos radiólogos.^{4, 13-16}

Numerosos países han probado y validado la estrategia, capacitando a técnicos radiólogos en las acciones de detección, con los siguientes resultados:²

1. Menor tiempo total de años de preparación.
2. Disminución del costo de la detección con lo cual se pueden obtener mayores coberturas con una misma inversión.
3. Validez comprobada para programas de tamizaje con valores similares de sensibilidad cuando se compara con radiólogos especializados en mastografía y una ligera disminución de la especificidad que mejora con entrenamiento continuo.
4. Aumento en la tasa de referencia traducida en aumento en la tasa de detección.

Finalmente, en países europeos se han estudiado las consecuencias jurídicas en términos de obligaciones y responsabilidades para radiólogos y técnicos radiólogos en cuanto a la pre-lectura de mamogramas de tamizaje por técnicos radiólogos, y se ha concluido que el cumplimiento de un protocolo junto con un código de conducta en combinación con la formación adecuada y la supervisión debe ser suficiente para refutar posibles reclamaciones.¹⁷

Justificación

En la Décima Segunda Reunión Ordinaria del Comité Nacional de Cáncer en la Mujer realizada el 14 de noviembre 2008 en la Sala de Juntas “Dr. Guillermo Soberón Acevedo” de la Secretaría de Salud, se planteó entre otros aspectos relacionados con CM que:

1. La capacidad de servicio instalada y demostrada es insuficiente para cumplir metas anuales de detección de CM, lo cual es factor importante para explicar la tendencia ascendente de morbi-mortalidad y lo tardío del diagnóstico en la mayor parte de las pacientes en nuestro país.
2. Los retos a enfrentar identificados en nuestro país son :
 - a. Insuficiencia de recursos humanos para la detección
 - b. Monitoreo y evaluación no sistematizada
 - c. Capacitación insuficiente
 - d. Inexistencia de servicios dedicados exclusivamente al tamizaje en las instituciones del Sistema Nacional de Salud
 - e. Baja percepción por las mujeres del riesgo y desconocimiento de la oferta de detección.
3. Las acciones a implementar para lograr el cumplimiento de metas son:
 - a. Incrementar la demanda mediante actividades de promoción de salud y difusión de los servicios ofrecidos.
 - b. Mejorar del acceso a los servicios mediante eliminación de requisitos
 - i. Eliminación de requisitos para realizar mastografía
 - ii. Implementación de servicios que aseguren la referencia y contra-referencia adecuada y oportuna
 - c. Incremento de la productividad y los servicios mediante:
 - i. Generación de mayor de capacidad instalada
 - ii. Mayor productividad en base a implementación de:
 - Centros de lectura

- Centros para el estudio de casos probables
- d. Mejora del reporte mediante:
- i. Adecuación del SICAM
 - ii. Integración de información de las diferentes instalaciones de salud, públicas y privadas.

En la misma reunión, derivado de esta problemática, la Dirección de Cáncer de la Mujer del Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva sugirió la generación de recursos humanos con la capacitación de Asistentes en Radiología de Mama con base en evidencia generada a nivel mundial, sobre la mejor efectividad en la conducción de programas organizados de detección de CM. Dado que la doble lectura de mamogramas de tamizaje ha mostrado incrementar la detección de cáncer,¹⁸ y que en algunos países los técnicos radiólogos participan en la interpretación mamográfica colaborando en la primera lectura de tamizaje¹⁷ en este estudio se propone diseñar un programa de entrenamiento de 6 meses dirigido a técnicos radiólogos en la interpretación mamográfica y su evaluación. Se propone seleccionar técnicos radiólogos ya que en otros países se ha documentado que interpretan mastografías con una sensibilidad y especificidad aceptables.² Se trata únicamente de un estudio de investigación que permitirá evaluar a los técnicos de una manera integral y conocer sus habilidades de acuerdo al tipo de formación y años de experiencia.

Propósito del proyecto

El propósito del presente proyecto fue evaluar la sensibilidad y la especificidad de los técnicos radiólogos en la interpretación de la mastografía mediante el sistema BI-RADS haciendo énfasis en distinguir entre las mamografías de las mujeres que deben referirse a un servicio especializado de patología mamaria para evaluación diagnóstica adicional (i.e. BI-RADS 0, 3, 4 y 5) de aquellas que no la requieren (BI-RADS 1 y 2).

La evaluación integral de los técnicos permitirá identificar fortalezas y debilidades en cuanto a su formación, de acuerdo a su programa de entrenamiento y experiencia dentro del área de mama. Los resultados del estudio permitirán dar recomendaciones para fortalecer dichos programas.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un programa de entrenamiento en la interpretación mamográfica dirigido a técnicos radiólogos haciendo énfasis en distinguir entre las mamografías de las mujeres que deben referirse a un servicio especializado de patología mamaria para evaluación diagnóstica adicional (i.e. BI-RADS 0, 3, 4 y 5) de aquellas que no la requieren (BI-RADS 1 y 2). Lo anterior con el propósito de evaluar la sensibilidad y especificidad de dicho personal en comparación con Médicos Radiólogos expertos en interpretación mamográfica.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente proyecto fueron:

1. Identificar el perfil más adecuado del asistente en radiología mamográfica para la lectura de mastografías de detección.
2. Elaborar un programa de entrenamiento dirigido a técnicos radiólogos.
3. Entrenar al personal seleccionado.
4. Evaluar a los participantes mediante la sensibilidad y especificidad mediante el sistema BI-RADS.
5. Realizar un diagnóstico situacional de la currícula de las escuelas dedicadas a la enseñanza de técnicos radiólogos en México.

Hipótesis

La hipótesis del proyecto fue que la sensibilidad y especificidad de la interpretación de mastografías es similar en los técnicos radiólogos que en los médicos radiólogos, posterior a una intervención educativa.

Metodología

Para cumplir con los objetivos del programa las actividades se dividieron en las siguientes fases:

Fase 1. Reunión de expertos

Se realizaron reuniones con un grupo de expertos con la finalidad de:

- a. Definir los requerimientos teórico-prácticos que se requieren para el programa.

- b. Establecer el perfil de los aspirantes al programa de capacitación/entrenamiento así como los criterios de selección.
- c. Finalmente, establecer las competencias específicas del programa.

Fase 2. Programa de entrenamiento

El programa comprende los siguientes componentes:

- a) Teórico
- b) Práctico
- c) Evaluación continua del desempeño

Perfil de aspirantes para el programa de entrenamiento

Los participantes fueron técnicas y técnicos radiólogos titulados con al menos 6 meses de experiencia en rayos X y área de imagenología mamaria trabajadores de la Secretaría de Salud quienes recibieron el permiso de la secretaría para participar en el estudio de investigación. La selección fue por conveniencia y se incluyeron participantes de 12 estados de la república mexicana como a continuación se enlistan:

1. Baja California Sur (n = 1)
2. Campeche (n = 1)
3. Distrito Federal (n = 1)
4. Guerrero (n = 2)
5. Hidalgo (n = 1)
6. Michoacán (n = 1)
7. Quintana Roo (n = 2)

8. San Luis Potosí (n = 1)
9. Sinaloa (n = 1)
10. Tamaulipas (n=1)
11. Veracruz (n = 1)
12. Yucatán (n =2)

El curso se llevó a cabo en la ciudad de México en el “Centro de Diagnóstico México-España”, que pertenece a los Servicios de Salud del Distrito Federal, lugar que cuenta con una red de 20 mastógrafos digitales distribuidos en centros de salud del Distrito Federal y tienen como meta anual realizar 90 mil mastografías al año.¹⁹ A los asistentes se les otorgó una beca de \$9535 pesos mensual para su manutención durante los 6 meses que duró el protocolo de investigación. El proyecto financió los gastos de transporte desde la ciudad de origen a la ciudad de México y viceversa.

Programa de entrenamiento de asistente en radiología de mama

El programa de entrenamiento constó de dos componentes:

- a. Componente teórico
- b. Componente práctico

Contenido teórico

El contenido teórico del curso comprendió 122 horas y tuvo como base las Guías de entrenamiento para profesionales de la salud en el área de CM.⁶

A continuación se presenta el contenido temático:

1. Conceptos básicos de la imagen.
2. Sistema de BI-RADS, del inglés, *Breast imaging report and data base system*.
3. Epidemiología del cáncer de mama.
4. Anatomía, embriología, fisiología e histología de la mama normal
5. Patología y radiología de la mama
6. Biopsias y marcajes de mama en lesión no palpable.
7. Técnicas de exploración:
8. Organización de un programa de tamizaje mediante mamografía.
9. Ética confidencialidad, protección de la información de la paciente y compromiso institucional.

Además de las sesiones presenciales, los alumnos desarrollaron tareas en sus hogares. Con la ayuda de los radiólogos expertos, se les encomendó revisar un tema a profundidad para presentar ante sus compañeros de curso.

Contenido práctico

El curso práctico se centró en los aspectos técnicos y de posicionamiento de la mamografía y su interpretación. El componente práctico se impartió de forma paralela al componente teórico. Para cumplir con este fin, tres radiólogos expertos en lectura de mastografía, que forman parte del “Centro de Diagnóstico Digital México-España” participaron como profesores.

Se generó un rol de práctica para que los alumnos rotaran con los médicos para realizar lecturas acompañados por radiólogos en periodos similares de tiempo. A todos los alumnos se les asignó también un periodo de práctica de toma de mastografía y de lectura de mastografía bajo supervisión del médico pero sin acompañamiento.

En la práctica se incluyeron las siguientes actividades:

- Exploración clínica de la mama.
- Técnicas de posicionamiento para la obtención de vistas estándar y adicionales, y las indicaciones para el uso de cada una de las vistas.
- Interpretación de la imagen mediante el sistema BI-RADS.
- Evaluación de las imágenes desde el punto de vista tanto técnico como de la colocación de la mama.
- La comparación de la mamografía con la anterior con el fin de lograr una calidad óptima.

Duración

El curso tuvo una duración de 6 meses, la parte teórica se desarrolló de 7:00 a 9:00 hrs. y la práctica de 16:00 a 18:00 hrs. de lunes a viernes. En el primer mes, durante el componente práctico, el alumno llevó a cabo una lectura de al menos 10 mamografías diarias mediante el sistema BI-RADS. Conforme los alumnos iban mejorando la interpretación, aumentó el número de mastografías asignadas para lectura.

Competencias

Como parte de las actividades realizadas durante el entrenamiento el alumno fue capaz de:

- Realizar la exploración clínica de la mama.
- Realizar técnicas de posicionamiento de la glándula mamaria.
- Leer e interpretar la mamografía mediante el sistema BI-RADS, haciendo énfasis en la lectura e interpretación de lo normal y lo anormal.
- Utilizar racionalmente los recursos disponibles.
- Conocer los indicadores de desempeño

Actitudes

Las actitudes que se desarrollaron durante el curso fueron las siguientes:

- Trabajar, en todo momento, bajo la supervisión de un médico radiólogo.
- Guardar la confidencialidad y protección de la información de las pacientes.
- Solicitar ayuda al radiólogo cuando sea necesario.
- Ser honesto en todo momento.

Unidad Didáctica

Se conformó una Unidad Didáctica (ANEXO 1) basada en el diseño de competencias; comprendió los siguientes puntos.

Presentación

Competencias

Contenido temático

Metodología de enseñanza-aprendizaje

Criterios de evaluación

Bibliografía

Cápsulas biográficas de los docentes

Programa detallado del curso

Indicadores de desempeño.

Indicadores de desempeño	Fórmula	Estándar
Mastografías Adecuadas	$\frac{\text{Número de mastografías de tamizaje con calidad adecuada para interpretación}}{\text{Total de mastografías de tamizaje realizadas}} \times 100$	>97%
Índice de Anormalidad	$\frac{\text{Mastografías de tamizaje con resultado BIRADS 3, 4 y 5}}{\text{Total de mastografías de tamizaje realizadas}} \times 100$	3-7%
Índice de imágenes Adicionales	$\frac{\text{Mastografías de tamizaje con resultado BIRADS 0}}{\text{Total de mastografías de tamizaje realizadas}} \times 100$	<3%
Indicador académico	$\frac{\text{Número total de mujeres con mastografía reportada utilizando el sistema BI-RADS}}{\text{Número total de mastografías de tamizaje entregadas para la lectura}} \times 100$	≥95

Fase 3. Evaluación de los técnicos radiólogos en la interpretación de la mastografía mediante el sistema BI-RADS

Posterior al entrenamiento de los técnicos en radiología, se llevó a cabo un estudio para evaluar la interpretación radiológica de la mamografía mediante el sistema BI-RADS. Para llevar la evaluación se contó con la colaboración de *The American Cancer Society*, *The Group Health Cooperative* y *The University of Washington* en Seattle. Se utilizó un programa computacional desarrollado por dichas instituciones que es usado para evaluar a los médicos radiólogos que interpretan mastografías de tamizaje de cáncer de mama en Estados Unidos.

Se utilizó el Set 2 que consistió en 110 mastografías de los cuales 15 tenían diagnóstico confirmado de cáncer.

Distribution of Cancers in Test Sets by Prevalence & Difficulty Identifying Cancer

Type of Cancer	Test Set 1	Test Set 2	Test Set 3	Test Set 4
Obvious	7 (47%)	3 (20%)	14 (47%)	6 (20%)
Intermediate	6 (40%)	7 (50%)	12 (40%)	15 (50%)
Subtle	2 (13%)	5 (30%)	4 (13%)	9 (30%)
Total number cancers	15	15	30	30

Final Composition of 4 Test Sets by CA Prevalence (14% or 27%) and FP & TP examinations

Type of exam	No. Sampled	Test set 1	Test set 2	Test set 3	Test set 4
TP or FN	60 TP, 16 FN	15	15	30	30
FP	60	30	30	30	30
TN	78	65	65	50	50
Total number of exams	214	110	110	110	110

El programa muestra 6 imágenes del estudio mamográfico, donde se incluyen las tomas medio lateral y céfalo-caudal tanto izquierda como derecha. Y se presentan también las mastografías previas de la mujer para poder comparar con el estudio previo de cada mujer.

Inicialmente se le pide al evaluado responder a que categoría de BI-RADS corresponde la imagen que esta observando:

- (A) BI-RADS 0, 4 o 5, necesita evaluación adicional, sospechosa y altamente sugestiva de malignidad
- (B) BI-RADS 1 o 2 Negativa o benigna.

Posteriormente se le pide que determine la densidad mamográfica de la paciente, de acuerdo con las categorías de BI-RADS de densidad mamográfica.

- (A) Prácticamente grasa, <25%;
- (B) Densidades fibroglandulares diseminadas 25-50%;
- (C) Densidad heterogénea 51-75%;
- (D) Extremadamente densa >75%.

Después se le solicita que identifique el tipo de hallazgo, en caso de que considere que exista uno. De lo contrario, que utilice la opción “(E) No Finding” que indica ausencia de hallazgos.

- (A) Masa
- (B) Calcificación
- (C) Asimetría
- (D) Distorsión de la arquitectura
- (E) Sin hallazgo.

Por último se le pide que califique su nivel de confianza durante la realización del examen.

- (A) Nada confiado
- (B) No muy confiado
- (C) Neutral
- (D) Confiado
- (E) Muy confiado.

La evaluación se llevó a cabo en el centro de computó del Instituto Nacional de Salud Pública, que fue adecuado para tal fin. Se les asignó un folio a cada estudiante que se ligó al equipo de computo que utilizó y a la base de datos que se generó.

Al terminar la evaluación, el alumno indicaba en el equipo de computó que había finalizado, de forma que la base de datos se enviaba automáticamente a un servidor del The Group Health Cooperative and the University of Washington en Seattle. Dicha base de datos solo contenía el folio de identificación del alumno y sus resultados.

La base de datos fue analizada en EUA y posteriormente enviada a México para análisis más detallados.

Se mantuvo la confidencialidad de los resultados y éstos fueron enviados de forma individual a cada participante. Para llevar a cabo los análisis se identificó a los alumnos únicamente por folio.

Fase 4. Diagnóstico situacional

Se llevó a cabo la búsqueda de información sobre la currícula académica de las escuelas de técnicos radiólogos del país. A partir de una búsqueda en fuentes de información como internet, se consultaron el número de escuelas en cada estado y se identificaron las competencias que cada escuela ofrece.

Análisis estadístico

Para evaluar la validez diagnóstica, se estimó la sensibilidad y especificidad de cada técnico radiólogo. Los mamogramas fueron clasificados como positivos cuando el participante determinó que la paciente requería evaluación adicional (BI-RADS 0, 4 o 5). En contraste, los mamogramas que fueron interpretados por los participantes como pertenecientes a pacientes que no requerían estudios adicionales (BI-RADS 1 o 2) fueron clasificados como negativos. No se incluyó la categoría BI-RADS 3 en la clasificación porque ésta no se puede asignar en los estudios de tamizaje.²⁰ Se consideró como estándar de oro la interpretación realizada por los radiólogos expertos del Breast Cancer Surveillance Consortium.

Los mamogramas que los expertos clasificaron como anormales y que los participantes identificaron correctamente como positivos, fueron definidos como verdaderos positivos. Los mamogramas que fueron correctamente clasificados como normales por los participantes fueron catalogados como verdaderos negativos. Para el análisis, la sensibilidad se definió como la proporción de verdaderos positivos y la especificidad como la proporción de verdaderos

negativos.⁴ La proporción de falsos negativos y la de falsos positivos fueron calculadas como el complemento de los verdaderos positivos y verdaderos negativos, respectivamente.

Posteriormente se calculó el área bajo la curva ROC (del inglés, *Receiver Operating Characteristic*) para cada participante utilizando el método descrito por Cantor y Kattan.²¹ La ROC es la curva que emerge cuando se grafica la sensibilidad contra la proporción de falsos positivos (1-especificidad).⁴ El área debajo de esta curva se denomina área bajo la curva ROC o AUC y proporciona una medida del desempeño general de una prueba diagnóstica.²² La AUC se interpreta como la probabilidad de que, en una pareja seleccionada al azar compuesta por un individuo sano y uno enfermo, la prueba sea positiva en el sujeto enfermo.²³ Por ejemplo, si la AUC de una prueba es de 0.85, la probabilidad de que la prueba sea positiva en el sujeto enfermo es del 85%. Los valores de la AUC están comprendidos entre 0 a 1, correspondiendo el 1 a una exactitud perfecta, es decir una sensibilidad y especificidad del 100%.

También se calculó la likelihood ratio (razón de posibilidades) o LR de cada técnico radiólogo, la cual se obtiene dividiendo la sensibilidad entre 1-especificidad (sensibilidad/1-especificidad).²⁴ Esta medida combina la sensibilidad y especificidad en un solo índice que indica cuantas veces es más posible que un enfermo tenga un resultado particular en comparación con un individuo sano.^{24, 25} Por ejemplo, si en una prueba hipotética, la sensibilidad fuera de 0.76 y la especificidad de 0.87, la LR sería de $0.76/(1-0.87)=5.8$. Esto significa que la

persona enferma tendría 5.8 veces más posibilidades de tener una prueba positiva que una persona sana.²⁴

Se realizó un análisis exploratorio en el que se describieron las características sociodemográficas, de experiencia académica y laboral de la muestra, así como las variables relacionadas con su desempeño diagnóstico (sensibilidad, especificidad, área bajo la curva ROC, likelihood ratio, tipo de cánceres identificados, etc.). Para variables continuas se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión. Para variables categóricas se utilizaron medidas de frecuencia.

Se emplearon modelos de regresión lineal múltiple para analizar las características de los radiólogos asociadas con su AUC, sensibilidad y especificidad. Se evaluaron como variables independientes: edad (continua), sexo (categórica), promedio escolar (discreta), duración de la carrera en años (continua), años de experiencia (continua), nivel de atención (categórica), número de mamogramas tomados a la semana en el sector público (continua), participación en sesiones de retroalimentación (categórica), número de mastografías leídas durante el curso (discreta) y tiempo promedio utilizado para analizar cada mamograma durante el examen (continua). Las variables continuas o discretas, exceptuando edad, fueron dicotomizadas tomando como punto de referencia la mediana. Para todos los análisis se empleó el paquete estadístico Stata versión 12.²⁶

Resultados

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de los técnicos radiólogos. La mediana de edad fue de 38 años, el 80% fueron mujeres; la mediana de años desde que terminaron los estudios fue de 8 años, con un rango desde 5 hasta los 19 años. El promedio de calificación con el que egresaron de técnicos radiólogos fue de 8.5 y la mediana de la duración de estudios fue de 2.5 años. La mediana de experiencia fue de 8.4 años y los técnicos venían en su mayoría de instituciones del segundo nivel de atención. La mediana de cursos adicionales de patología de mama fue de 1 (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Características de los técnicos radiólogos (n=15), México

Edad (años)	
Mediana	38
Rango Intercuartil	(28, 47)
Sexo	
Femenino	12 (80 %)
Masculino	3 (20 %)
Años desde que terminaron los estudios	
Mediana	8
Rango Intercuartil	(5, 19)
Calificación con que egresó de los estudios de técnico radiólogo	
Mediana	8.5
Rango Intercuartil	(8, 9.7)
Duración de los estudios de técnico radiólogo (años)	
Mediana	2.5
Rango Intercuartil	(2, 3)
Experiencia (años)	
Mediana	8.4
Rango Intercuartil	(2.7, 18)
Nivel de la institución de salud donde laboran	
Primer	4 (28.6 %)
Segundo	6 (42.9 %)
Tercer	4 (28.6 %)
Número de cursos adicionales de interpretación de mastografías	
Mediana	1
Rango Intercuartil	(0, 5)

El promedio de mastografías que interpretaron los alumnos en el curso de 6 meses fue de 770 con una desviación estándar de 174.

Posterior a la capacitación de 6 meses, la media de sensibilidad de 75.65% con una desviación estándar de 12.06. La especificidad fue de 58.27%. La media de falsos negativos fue de 24.35% y de falsos positivos de 41.73%; la razón de verosimilitud fue de 1.91; el área bajo la curva ROC fue de 0.67 (Ver tabla 2)

Tabla 2. Desempeño de los técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses. México

Desempeño post-capacitación	Media	Desviación estándar	IC al 95%	
Sensibilidad	75.65	12.06	68.97	82.33
Especificidad	58.27	12.95	51.10	65.45
Falsos negativos	24.35	12.06	17.67	31.03
Falsos positivos	41.73	12.95	34.55	48.90
Likelihood ratio	1.91	0.41	1.69	2.14
Área ROC	0.67	0.04	0.65	0.69

En la Figura 1 se observa la fracción de verdaderos positivos sobre el eje de las y, y la fracción de falsos positivos en el eje de las x utilizando la evaluación de los expertos como estándar de oro. Idealmente, se desea que los puntos estén en el la esquina superior izquierda, con muchos verdaderos positivos y pocos falsos positivos.

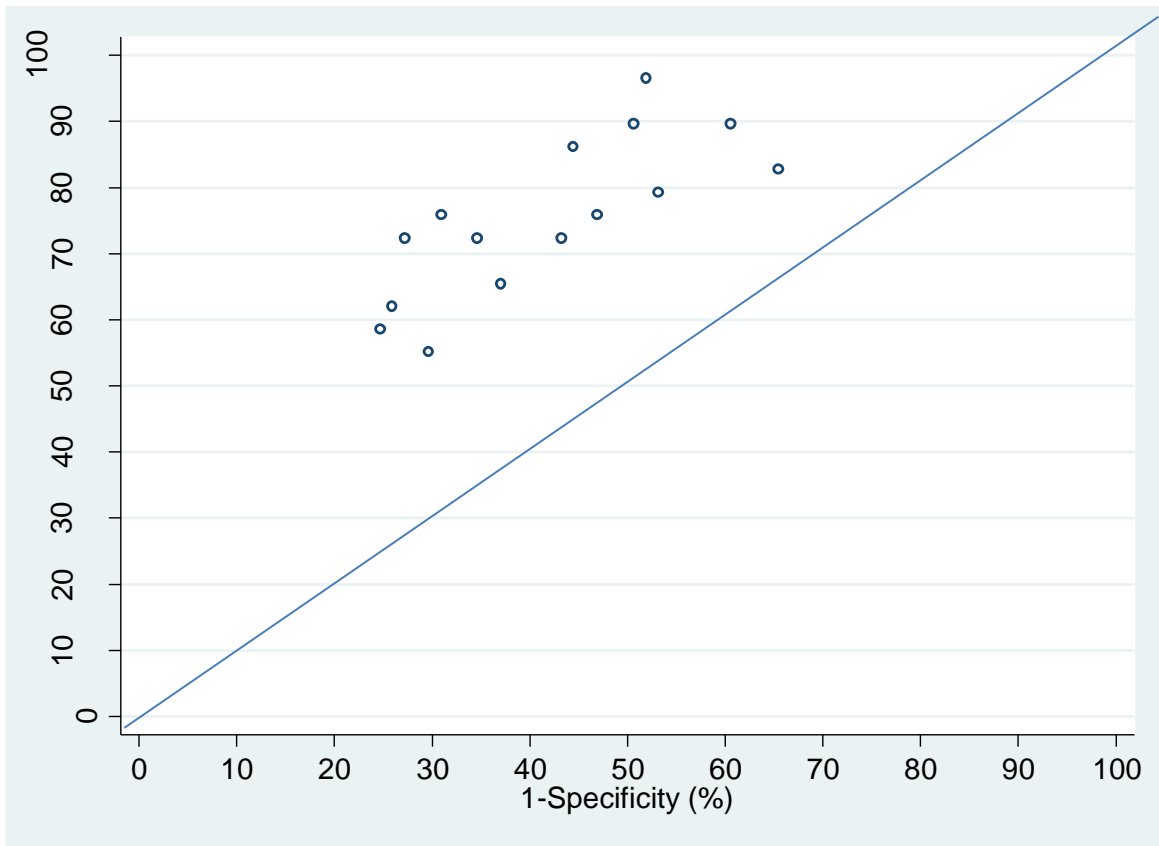


Figura 1. Sensibilidad vs fracción de falsos positivos de técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses. México

La precisión de examen depende de que tan bien separa la prueba a los individuos con y sin la enfermedad. La precisión se mide con el área bajo la curva ROC. Un área de 1 representa una prueba perfecta, un área de 0.5 representa una prueba sin valor.

A continuación se muestra una forma de clasificación de las pruebas que corresponde a las calificaciones que se usan en la academia.

Tabla 3. Precisión de la prueba diagnóstica

Excelente	0.90-1.00
Buena	0.80-0.90
Suficiente	0.70-0.80
Pobre	0.60-0.70
Falla	0.50-0.60

En la tabla 4, se muestran los resultados de los 15 técnicos radiólogos evaluados en cuando a sensibilidad, especificidad, área bajo la curva ROC y la razón LR.

Tabla 4. Desempeño de los técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses. México

Rango	Sensibilidad	Especificidad	Área ROC	LR ratio
1	72.4	72.8	0.73	2.67
2	75.9	69.1	0.73	2.46
3	96.6	48.1	0.72	1.86
4	86.2	55.6	0.71	1.94
5	89.7	49.4	0.70	1.77
6	72.4	65.4	0.69	2.09
7	62.1	74.1	0.68	2.39
8	58.6	75.3	0.67	2.37
9	89.7	39.5	0.65	1.48
10	72.4	56.8	0.65	1.68
11	75.9	53.1	0.65	1.62
12	65.5	63.0	0.64	1.77
13	79.3	46.9	0.63	1.49
14	55.2	70.4	0.63	1.86
15	82.8	34.6	0.59	1.26

*Los participantes están en rango de acuerdo a su área ROC. La decisión de rellamada por los expertos se usó como estándar de oro.

A continuación se presentan los resultados los modelos de regresión lineal múltiple para identificar los predictores asociados con la precisión diagnóstica. Se observa que cada medida de desempeño se asoció con diferentes factores.

Tener mayor experiencia laboral (10 o más años) y un mayor tiempo promedio (igual o mayor de 116 segundos) destinado a examinar cada mamograma se asociaron positiva y significativamente con mayor sensibilidad. En contraste un mayor número de mamogramas realizados a la semana en el sector público (≥ 100) se asoció con menor sensibilidad (tabla 5).

Tabla 5. Análisis multivariado de los factores asociados a la sensibilidad en los técnicos radiólogos (n=15)

Características	β	Sensibilidad (%)		
		IC 95%	Valor P	
Años de experiencia	0.20	0.10	0.30	0.002
Número de mamogramas tomados a la semana en el sector público	-0.12	-0.22	-0.02	0.024
Tiempo promedio requerido para analizar cada mamograma	0.10	0.02	0.19	0.026
Constante	0.89	0.78	0.99	<0.001
R ² ajustada	0.75			

Ajustado adicionalmente por edad, sexo y nivel de atención.

Un mayor número de mamogramas tomados a la semana en el sector público (≥ 100), un mayor número de mamogramas leídos durante el curso (≥ 777) y la asistencia a sesiones de retroalimentación se asociaron significativamente con mayor especificidad. Por el contrario, más años de experiencia (10 o más) se asociaron con menor especificidad. (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis multivariado de los factores asociados a la especificidad en los técnicos radiólogos (n=15)

Características	β	Especificidad (%)		
		IC 95%	Valor P	
Años de experiencia	-0.31	-0.53	-0.08	0.014
Número de mamogramas tomados a la semana en el sector público	0.31	0.11	0.50	0.007
Participar en sesiones de retroalimentación	0.28	0.10	0.47	0.009
Número de mamogramas leídos durante el curso	0.21	0.00	0.42	0.052
Constante	0.30	0.11	0.48	0.007
R ² ajustada	0.57			

Ajustado adicionalmente por edad, sexo y promedio durante la carrera.

Por último, los factores que se asociaron positiva y significativamente con el área bajo la curva ROC (Tabla 7) fueron: número de mamogramas tomados a la semana en el sector público (≥ 100), participar en sesiones de retroalimentación, número de mamogramas leídos durante el curso (≥ 777) y tiempo promedio destinado a examinar cada mamograma (≥ 116 segundos).

Tabla 7. Análisis multivariado de los factores asociados al área bajo la curva ROC en los técnicos radiólogos (n=15)

Características	β	Área bajo la curva ROC		
		IC 95%	Valor P	
Número de mamogramas tomados a la semana en el sector público.	0.06	0.02	0.11	0.014
Participa en sesiones de retroalimentación	0.06	0.00	0.12	0.048
Número de mamogramas leídos durante el curso	0.06	0.02	0.10	0.009
Tiempo promedio requerido para analizar cada mamograma	0.06	0.01	0.11	0.020
Constante	0.64	0.60	0.67	<0.001
R ² ajustada	0.73			

Ajustado adicionalmente por sexo, promedio durante la carrera, duración de la carrera y nivel de atención.

En la Figura 2, se muestran diversas características identificadas por los expertos y por los técnicos radiólogos. La mayor diferencia se encontró en las asimetrías reportadas por los técnicos en comparación con los expertos

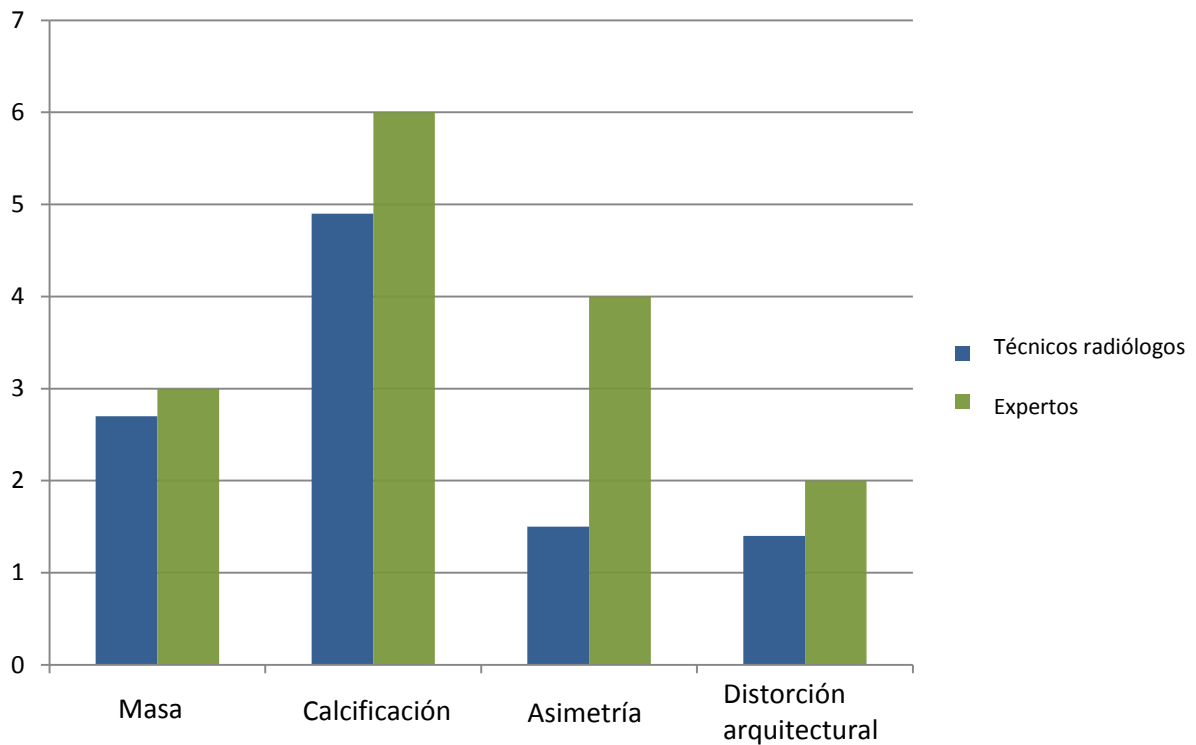


Figura 2. Número de casos de cáncer (n=15) por diversas características identificadas por expertos y por técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses.

Al usar diagnóstico de cáncer de mama como estándar de oro se obtiene una gráfica que muestra la fracción de verdaderos positivos en el eje de las y, y la fracción de falsos positivos en el eje de las x. Se espera, idealmente que los puntos de los lectores estén en el extremo superior izquierdo, con muchos verdaderos positivos y pocos falsos positivos. En este caso se observa una marcada diferencia en la nube de puntos verdes y azules. Los puntos azules, que

corresponden a los técnicos radiólogos de México, se desplazan principalmente a la derecha en comparación con los verdes que corresponden a los radiólogos de USA. Esto indica que los técnicos radiólogos del INSP tiene más falsos positivos en comparación que los radiólogos de EUA. Las diferencias en dirección vertical no son tan obvias, parece ser que el grupo de técnicos radiólogos INSP tiene una fracción similar de verdaderos positivos (sensibilidad), pero con un mayor número de falsos positivos (menor especificidad). (Figura 3)

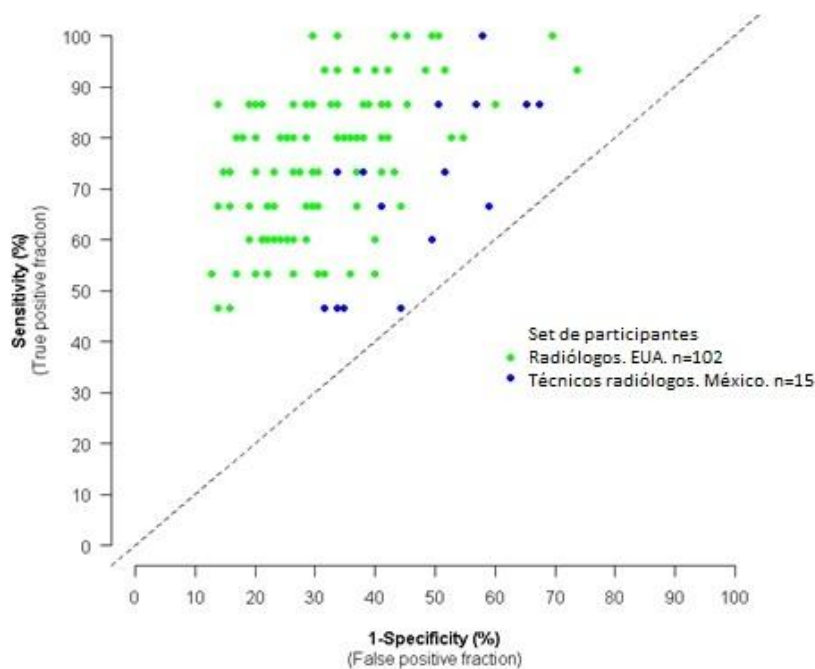


Figura 3. Sensibilidad y especificidad de radiólogos expertos (EUA) y de técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses.

En la Figura 4 se usa el diagnóstico de cáncer como estándar de oro gráfica y se presenta la tasa de re-llamado para 102 radiólogos expertos de EUA (en verde), y 16 técnicos radiólogos de México (en azul). La escala vertical es la tasa de re-

llamado, la escala horizontal no tiene significado y fue utilizada con la finalidad de observar mejor los puntos de re-llamado. Se puede observar que los técnicos radiólogos mexicanos se mezclan entre los radiólogos expertos sin ningún orden en particular. La línea punteada roja indica la porción de mastografías en el set de mujeres que desarrollaron cáncer en un mamograma posterior a 12 meses. La línea punteada azul indica la proporción de mamogramas en las cuales el experto radiólogo decide hacer re-llamado. Generalmente, parece que la proporción de re-llamado de los técnicos radiólogo es mayor en promedio que la de los técnicos expertos. Esta tasa de re-llamado alta es exactamente lo que conduce a la baja especificidad que se muestra en la grafica anterior. Si la tasa de re-llamado es mayor, seguramente se detectarán más canceres, pero el precio es que se incrementan los falsos positivos. Los puntos azules en la segunda gráfica no están en el mismo orden horizontal como se encontraron en el gráfico previo. Los técnicos radiólogos de México están mezclados de forma aleatoria con los radiólogos expertos.

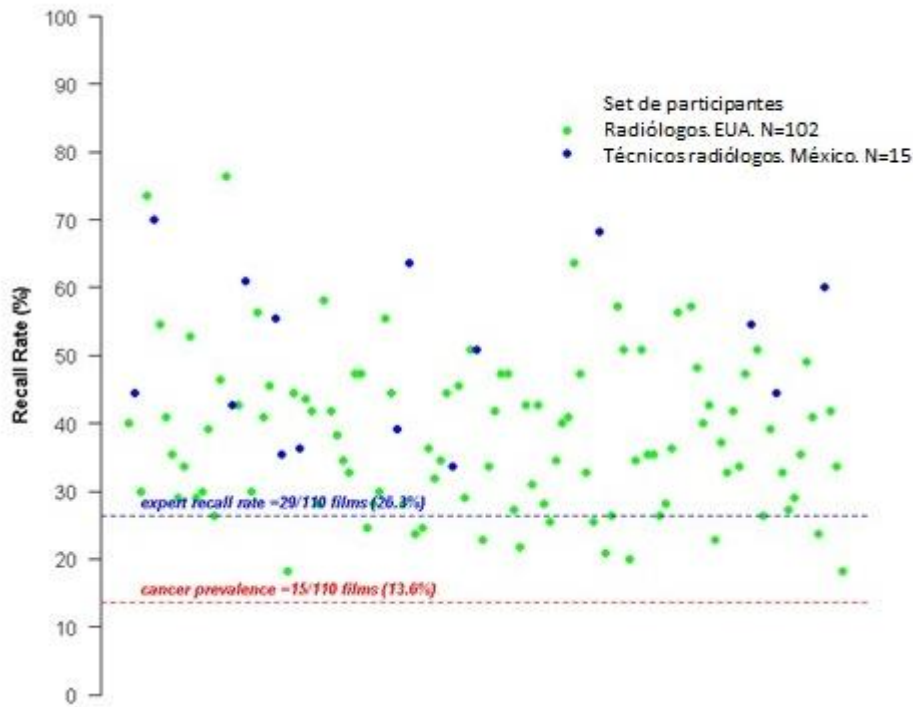


Figura 4. Tasa de re-llamado de radiólogos expertos y de técnicos radiólogos posterior a una capacitación de 6 meses.

Diagnóstico situacional de escuelas de técnicos radiólogos

Se analizaron 27 escuelas en 15 estados de la Republica (ver tabla 8). De éstas 3 escuelas contaban en su curricula con una unidad didáctica de mama. La duración de los programas de estudio varió entre 2 y 3 años. En su mayoría, las escuelas están avaladas por la Secretaría de Educación Pública, sin embargo, algunas de ellas se encuentran incorporadas a las Universidad Autónoma del Estado al que pertenecen.

Tabla 8. Número de escuelas de técnico radiólogos por estado de la República

Estados	Número de escuelas
Baja California	1
Chiapas	1
Chihuahua	3
Durango	1
Hidalgo	1
Jalisco	2
Nayarit	3
Nuevo León	3
Puebla	1
San Luis Potosí	1
Sinaloa	2
Sonora	1
Tabasco	1
Tamaulipas	1
Veracruz	3
Distrito Federal	2
Total	27

Aspectos éticos de la investigación

El presente estudio fue creado con el propósito de llevar a cabo un entrenamiento a técnicos radiólogos de 12 estados de la República. Cada uno de los técnicos viajó a la Ciudad de México y permaneció durante 6 meses recibiendo dicho entrenamiento. Todos ellos recibieron una beca para su manutención y transporte en la ciudad de México. Adicionalmente el proyecto cubrió los gastos generados

por el traslado de cada uno de los técnicos de su sitio a la ciudad de México y a su estado, al terminar el estudio.

Inicialmente, se estableció comunicación telefónica con cada uno de los técnicos radiólogos invitados para participar en este entrenamiento. Una vez que aceptaron participar se realizaron todas las actividades para su traslado a la Ciudad de México. Una vez que inició el estudio, se le solicitó su consentimiento verbal a cada uno de ellos. La presente investigación fue clasificada como “sin riesgo” debido a que se trata de un estudio que no incluye preguntas sensibles ni coloca a los participantes en posición de vulnerabilidad.

Limitaciones y recomendaciones del estudio

La capacitación se llevó a cabo en un centro de tamizaje, por lo que el número de casos de cáncer de mama que los técnicos radiólogos pudieron revisar fue muy bajo y a la vez, la mayoría de las mastografías que revisaron fueron normales, lo cual pudo afectar su desempeño en la evaluación final. Por lo anterior, sería recomendable que en un próximo estudio de investigación, valorar diferentes programas de aprendizaje.

Otro punto a destacar es que los técnicos realizaron sus prácticas de lectura con mastografías digitales y el examen se llevó a cabo con mastografías analógicas, lo cual, pudo tener efecto negativo en la interpretación de las mismas.

Los Radiólogos tienden a oponerse a la idea de que personal no Radiólogo interprete mamografías. En algunos casos existe la objeción, de que personal no médico "no debería estar haciendo el trabajo que tradicionalmente han realizado los médicos". Adicionalmente, existe la preocupación de que el personal entrenado realice interpretaciones de forma independiente. Sin embargo, es necesario contar con evidencia científica para tomar decisiones a este respecto en el futuro.

Aún no se conoce cuál sería el mejor perfil ni periodo del entrenamiento. En relación al perfil, los técnicos radiólogos son una buena opción, ya que están bajo la supervisión de un médico radiólogo de tal forma que al terminar el programa y regresar a su centro laboral continuarán desarrollando su trabajo con un mayor conocimiento. Sin embargo no existe ninguna razón para pensar que otros profesionales de la salud como médicos generales, residentes pudieran participar en un estudio similar. Con respecto al periodo de entrenamiento, se requiere conocer el tiempo necesario para que el personal sea capaz de conocer la anatomía de la mama y distinguir una mamografía normal de una con sospecha de cáncer. Este estudio nos permitirá evaluar los alcances de un programa de 6 meses en los técnicos radiólogos.

¿Cómo establecer la confianza en el público y en los radiólogos? Nuestro compromiso como investigadores es contar con evidencia científica para la toma de decisiones y el presente trabajo muestra los resultados de un estudio que no se había llevado a cabo en México.

Derivado de la discusión previa, con el objeto de garantizar la ética, los egresados recibieron información sobre aspectos de gestión de calidad, y ya se encuentran en sus centros laborales desempeñando sus labores habituales bajo la supervisión de un radiólogo.

Conclusiones

En comparación con radiólogos expertos de Estado Unidos, los técnicos radiólogos mexicanos posterior a una capacitación de 6 meses, obtuvieron porcentajes similares de sensibilidad, pero con un alto porcentaje de falsos positivos.

Se requiere llevar a cabo más estudios de investigación para evaluar diferentes metodologías de entrenamiento y su impacto en el desempeño en las lecturas de mastografías para entender los elementos que contribuyen a una lectura aceptable.

Referencias bibliográficas

1. Friedenber g RM. The role of the supertechnologist. *Radiology*. 2000 Jun;215(3):630-633. PubMed PMID: 10831676. Epub 2000/06/01. eng.
2. van den Biggelaar FJ, Nelemans PJ, Flobbe K. Performance of radiographers in mammogram interpretation: a systematic review. *Breast*. 2008 Feb;17(1):85-90. PubMed PMID: 17764941. Epub 2007/09/04. eng.
3. Flobbe K, Bosch AM, Kessels AG, Beets GL, Nelemans PJ, von Meyenfeldt MF, et al. The additional diagnostic value of ultrasonography in the diagnosis of breast cancer. *Archives of internal medicine*. 2003 May 26;163(10):1194-1199. PubMed PMID: 12767956. Epub 2003/05/28. eng.
4. Pauli R, Hammond S, Cooke J, Ansell J. Radiographers as film readers in screening mammography: an assessment of competence under test and screening conditions. *Br J Radiol*. 1996 Jan;69(817):10-14. PubMed PMID: 8785616. Epub 1996/01/01. eng.
5. EUSOMA. Available from: <http://www.eusoma.org/>.
6. Cataliotti L, De Wolf C, Holland R, Marotti L, Perry N, Redmond K, et al. Guidelines on the standards for the training of specialised health professionals dealing with breast cancer. *Eur J Cancer*. 2007 Mar;43(4):660-675. PubMed PMID: 17276672. Epub 2007/02/06. eng.
7. Key TJ, Verkasalo PK, Banks E. Epidemiology of breast cancer. *Lancet Oncol*. 2001 Mar;2(3):133-140. PubMed PMID: 11902563. Epub 2002/03/21. eng.
8. Knaul FM, Nigenda G, Lozano R, Arreola-Ornelas H, Langer A, Frenk J. [Breast cancer in Mexico: an urgent priority]. *Salud publica de Mexico*. 2009;51 Suppl 2:s335-344. PubMed PMID: 19967291. Epub 2010/01/09. *Cancer de mama en Mexico: una prioridad apremiante*. spa.
9. Martinez-Montanez OG, Uribe-Zuniga P, Hernandez-Avila M. [Public policies for the detection of breast cancer in Mexico]. *Salud publica de Mexico*. 2009;51 Suppl 2:s350-360. PubMed PMID: 19967293. Epub 2010/01/09. *Políticas publicas para la deteccion del cancer de mama en Mexico*. spa.

10. Tabar L, Vitak B, Yen MF, Chen HH, Smith RA, Duffy SW. Number needed to screen: lives saved over 20 years of follow-up in mammographic screening. *J Med Screen*. 2004;11(3):126-129. PubMed PMID: 15333270. Epub 2004/08/31. eng.
11. Programa de acción cancer de mama 2007-2012. In: salud Sdpypdl, editor. Mexico, DF: Secretaría de Salud; 2008.
12. Wivell G, Denton ER, Eve CB, Inglis JC, Harvey I. Can radiographers read screening mammograms? *Clinical radiology*. 2003 Jan;58(1):63-67. PubMed PMID: 12565207. Epub 2003/02/05. eng.
13. Pauli R, Hammond S, Cooke J, Ansell J. Comparison of radiographer/radiologist double film reading with single reading in breast cancer screening. *J Med Screen*. 1996;3(1):18-22. PubMed PMID: 8861046. Epub 1996/01/01. eng.
14. Hillman BJ, Fajardo LL, Hunter TB, Mockbee B, Cook CE, Hagaman RM, et al. Mammogram interpretation by physician assistants. *AJR Am J Roentgenol*. 1987 Nov;149(5):907-912. PubMed PMID: 2890288. Epub 1987/11/01. eng.
15. Haiart DC, Henderson J. A comparison of interpretation of screening mammograms by a radiographer, a doctor and a radiologist: results and implications. *Br J Clin Pract*. 1991 Spring;45(1):43-45. PubMed PMID: 1931542. Epub 1991/01/01. eng.
16. Bassett LW, Hollatz-Brown AJ, Bastani R, Pearce JG, Hirji K, Chen L. Effects of a program to train radiologic technologists to identify abnormalities on mammograms. *Radiology*. 1995 Jan;194(1):189-192. PubMed PMID: 7997550. Epub 1995/01/01. eng.
17. van den Biggelaar FJ, Flobbe K, van Engelshoven JM, de Bijl NP. Pre-reading mammograms by specialised breast technologists: legal implications for technologist and radiologist in The Netherlands. *Eur J Health Law*. 2009 Sep;16(3):271-279. PubMed PMID: 19788004. Epub 2009/10/01. eng.

18. Anderson ED, Muir BB, Walsh JS, Kirkpatrick AE. The efficacy of double reading mammograms in breast screening. *Clinical radiology*. 1994 Apr;49(4):248-251. PubMed PMID: 8162681. Epub 1994/04/01. eng.
19. Secretaría de Salud del Distrito Federal. Red de Mastógrafos del Distrito Federal 2012 [cited 2012]. Available from: http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/index.php?option=com_content&task=view&id=155&Itemid=257#metas.
20. American College of Radiology. *Glosary of Statistical Terms*. Reston, VA: American College of Radiology; 2003. Disponible en: <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PDF/QualitySafety/Resources/BIRADS/MammoGlossary.pdf>.
21. Cantor SB, Kattan MW. Determining the area under the ROC curve for a binary diagnostic test. *Med Decis Making*. 2000 Oct-Dec;20(4):468-470. PubMed PMID: 11059479. Epub 2000/11/04. eng.
22. Park SH, Goo JM, Jo CH. Receiver operating characteristic (ROC) curve: practical review for radiologists. *Korean J Radiol*. 2004 Jan-Mar;5(1):11-18. PubMed PMID: 15064554. Pubmed Central PMCID: 2698108. Epub 2004/04/06. eng.
23. Faraggi D., Reiser B. Estimation of the area under the ROC curve. *STATISTICS IN MEDICINE*. 2002;21:3093–3106.
24. Akobeng AK. Understanding diagnostic tests 2: likelihood ratios, pre- and post-test probabilities and their use in clinical practice. *Acta Pædiatrica*. 2006;96:487–491.
25. Deeks JJ, Altman DG. Diagnostic tests 4: likelihood ratios. *BMJ*. 2004;329:168–169.
26. Stata 12.1 ed. Texas, USA: StataCorp; 2011.