



Revista Ciencia Unemi

E-ISSN: 2528-7737

ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro

Ecuador

Zanzzi Díaz, Fabricio

Riesgo Laboral ¿Abuso o Descuido?: Evidencias desde la ausencia de control estatal en  
el diagnóstico médico complementado con Rayos X

Revista Ciencia Unemi, vol. 5, núm. 8, diciembre, 2012, pp. 9-20

Universidad Estatal de Milagro

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663864003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Riesgo Laboral ¿Abuso o Descuido?:

## Evidencias desde la ausencia de control estatal en el diagnóstico médico complementado con Rayos X

### Resumen

*La presente investigación -sin precedentes en territorio ecuatoriano- se realizó a partir de una exhaustiva revisión teórica documental, muy escasa en Suramérica, y analizando el caso Ecuador centrado en la Ciudad de San Francisco de Milagro, por tratarse de una ciudad intermedia. Tuvo por objetivo establecer si hay evidencia suficiente sobre un sesgo a favor de la protección radiológica de los operarios propietarios de equipos de rayos X, en perjuicio de la seguridad de los operarios contratados. La evidencia estadística encontrada parece sugerir que son los primeros quienes no se protegen tanto como los segundos, de la radiación ionizante resultante del proceso que complementa el diagnóstico clínico en la medicina. Si parece evidenciarse el poco control estatal, el insuficiente cumplimiento de la norma legal vigente y la escasa aplicación de medidas preventivas. Se espera que esta investigación, motive a las autoridades de salud pública a poner en práctica las sugerencias ofrecidas para esta ciudad, en otras ciudades intermedias donde el problema muy posiblemente se estaría presentando, y que las instituciones latinoamericanas de educación superior la repliquen en sus áreas geográficas de influencia.*

**Palabras clave:** riesgo laboral, evidencia, sesgo administrativo.

### Abstract

*This research (without precedents in Ecuadorian territory) was carried out by means of an exhaustive documental theoretical revision. It focused on Milagro as an example of a mid-sized town. The objective was to find enough evidence of a bias in favor of the radiological protection from X-ray machines for self-employed workers (owners of small medical centers) at the expense of the safety of their employees. The statistical evidence suggests that self-employed workers are not protected as much as their employees against the ionizing radiation resulting from the clinical diagnosis process applied in medicine. It appears to be evidence that state control is slight, there is insufficient compliance with the current legal norm and preventive measures are rarely applied. It is hoped that this research will motivate public health authorities to apply the suggestions offered here in other mid-sized Latin American towns and cities where the problem could well be existent, and also prompt other Latin American universities to replicate the study in their areas of influence and compare results.*

**Key words:** labor risk, evidence, administrative bias.

**Recibido:** octubre, 2012  
**Aceptado:** noviembre, 2012



Ec. Fabricio Zanzzi  
Díaz, PhD<sup>1</sup>

pzanzzi@espol.edu.ec

<sup>1</sup> Fabricio Zanzzi Díaz, Economista, Máster y PhD en Economía, trabajó como docente y coordinador del Departamento de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Universidad Estatal de Milagro hasta el año 2011. Actualmente labora como docente en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

## 1. INTRODUCCIÓN

Se planteó la necesidad [1] de realizar una investigación, que tuvo por objetivo establecer si en el territorio ecuatoriano el personal directivo de las organizaciones dedicadas al cuidado de la salud, estuviera ejecutando de manera sesgada en perjuicio de los operarios contratados [2], las medidas de control que eviten la afectación negativa de las radiaciones ionizantes en su salud, debido al uso de los equipos de Rayos X. Se basó el análisis en la evidencia empírica hallada para la ciudad de Milagro, pues al ser una ciudad intermedia (ignorada por el Estado central, en favor de atender a las grandes ciudades, pero con el tamaño suficiente para desarrollarse), podría ser un ejemplo de lo que estaría replicándose en otras ciudades latinoamericanas.

El conocimiento de las propiedades de las radiaciones permite la aproximación a sus posibles efectos sobre la materia viva. Así, esta investigación aportará información útil a los especialistas en Trabajo Social y Salud Ocupacional, para diseñar programas de vigilancia que conlleven al mejoramiento de las condiciones de salud y vida de los ciudadanos.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Aproximaciones al uso de la radiación ionizante y los rayos X en la medicina

En el campo de la medicina, las radiaciones (niveles bajos) se usan para el diagnóstico, dada su capacidad para permitir ver órganos y estructuras anatómicas sin necesidad de recurrir a la cirugía. Así mismo, para el tratamiento de enfermeda-

des, debido a su capacidad (niveles intensos) para destruir células. Según Sánchez (2008) *"El uso de la radiación en medicina, con fines terapéuticos o de diagnóstico, constituye sin duda uno de los aspectos más destacados del beneficio que éstas suponen para la humanidad"* [3]; sin embargo, en su desarrollo también se causaron daños a individuos ocupacionalmente expuestos, atribuibles a los niveles de radiación recibida, lo cual ha creado en el público la idea que la radiación es intrínsecamente peligrosa, con independencia de su tipo, los niveles recibidos y los motivos por los que se la recibe. *"Además, a nivel popular, suele desconocerse que radiación y radiactividad forman parte de la naturaleza y de nuestro propio cuerpo, siendo vistas en general como un nefasto invento del hombre"*.

La aplicación de la radiación es hasta ahora insustituible en variados ámbitos de la medicina, agricultura, industria, las ciencias de la tierra, biología, entre otras. Los Rayos X -al usarse para el diagnóstico- penetran en el cuerpo del individuo (paciente) proyectando al salir una semi sombra en una lámina, que resultará con áreas más claras y oscuras que conformarán las imágenes que permiten observar sus órganos internos, que serán interpretadas por el médico. Sin embargo, siguiendo a Sánchez, no hay que olvidar que estas *"radiaciones ionizantes pasan desapercibidas y como 'no se sienten' en el momento de su interacción con el ser viviente, generan una falsa sensación de seguridad"*.

Tal utilización conlleva riesgos para todos los involucra-

dos, pero más para el operario del equipo, por su tiempo de exposición. Por tal razón, es necesario que su uso, incluso en el área medicinal, esté normado y orientado hacia la protección de la vida, asegurando un balance entre el beneficio y los riesgos, que debieran ser minimizados para el personal -ocupacional o accidentalmente- expuesto de forma permanente.

A consecuencia de todo ello, es necesaria la protección adecuada que no limite, innecesariamente, el variado uso beneficioso de la radiación y las sustancias radiactivas.

### 2.2. Sugerencias internacionales sobre control, prevención y protección radiológica

Previo al análisis del caso ecuatoriano, será de mucha utilidad revisar las recomendaciones de las agencias internacionales especializadas en temas radiológicos.

En 1928 nace el Comité Internacional de Protección Ante los Rayos X y el Radio, que desde 1950 pasó a denominarse Comisión Internacional de Protección Radiológica [4] (ICRP, por sus siglas en inglés), que se preocupa de emitir recomendaciones técnicas basadas en los más recientes conocimientos científicos acerca de los efectos de la radiación, a fin de orientar a las autoridades nacionales sobre regulaciones y el control en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Su Sistema Internacional de Protección Radiológica [5] es usado por muchos países como base para sus legislaciones, directrices y programas académicos relativos a este tema [6], lo que es relevante a la investigación que

se presenta, puesto que las actividades relacionadas con la radiación constituyen un importante asunto de salud pública. Ha publicado más de cien informes y recomendaciones desde su año de creación.

En 1929 se crea el Comité Consultivo de EEUU Para la Protección Ante los Rayos X y el Radio [7] (USACXRP, por sus siglas en inglés) antecesor de su actual Consejo Nacional de Protección Contra la Radiación y Mediciones (NCRP), que básicamente controla y

emite recomendaciones sobre protección radiológica en Norteamérica. Emitió su primera recomendación en 1931.

Otra organización internacional importante en el área de la radiación es el Comité Científico de Naciones Unidas Sobre los Efectos de la Radiación Atómica [8] (UNSCEAR, por sus siglas en inglés) fundada en 1955. Únicamente ha emitido quince publicaciones hasta la fecha actual, todas muy importantes. También existe la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus

siglas en inglés) dependiente de la ONU, sin embargo está orientada hacia la seguridad internacional, la verificación y la ciencia [9].

Luego, a lo largo del planeta cada país ha creado sus propias organizaciones de control y aprobado normativas respecto de la protección radiológica, entre ellos España, de donde se extrae y a continuación se presenta sus sugerencias elaboradas para el público en general y trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes [10]:

Tipo de exposición	Límites establecidos por la Directiva Europea 96/29 (Eurotom, 1996) y Reglamento protección radiológica (MINECO, 2000)
Dosis Efectiva	1mSv
Cristalino	15 mSv
Piel	50 mSv

**Cuadro 1.** Límites de dosis anuales para la exposición de los miembros del público (en mSv)

**Fuente:** Centro Nacional de Dosimetría del Ministerio de Sanidad y Consumo de España

De igual manera, se muestra una clasificación y los límites sugeridos de dosis para los trabajadores expuestos:

Tipo de exposición	Límites establecidos por la Directiva Europea 96/29 (Euratom, 1996) y Reglamento protección radiológica (MINECO, 2000)
Exposición homogénea cuerpo entero o Dosis Efectiva (suma de la dosis por exposición externa y la dosis comprometida a 50 años por incorporaciones durante el periodo)	100 mSv en 5 años(*) 50 mSv máximo
Cristalino	150 mSv
Piel, manos, antebrazos, tobillos	500 mSv
Mujeres en edad de procrear	Igual que a los hombres
Mujeres gestantes (dosis al feto)	1 mSv total
Trabajadores Categoría A	Si es probable que reciban una dosis efectiva superior a 6mSv al año, o dosis equivalente superior a 3/10 de los límites para cristalino, piel y extremidades
Trabajadores Categoría B	Si no es probable que reciban una dosis efectiva superior a 6mSv al año, o dosis equivalente superior a 3/10 de los límites para cristalino, piel y extremidades
Estudiantes y aprendices mayores de 18 años	Igual que a los trabajadores, categoría A o B, según corresponda
Estudiantes y aprendices mayores de 18 años	6 mSv / año dosis efectiva 50 mSv (cristalino) y 150 mSv (piel y extremidades)
(*) En promedio no se deberán superar los 20mSv al año.	

**Cuadro 2.** Límites de dosis anuales para la exposición de los miembros del público (en mSv).

**Fuente:** Centro Nacional de Dosimetría del Ministerio de Sanidad y Consumo de España

### 3. BREVE EXPLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA UTILIZADA

La presente investigación es de tipo descriptiva bajo la modalidad de campo con un diseño no experimental transeccional, y busca hallar evidencia empírica acerca si la seguridad radiológica se aplica sin sesgos en Ecuador. Las unidades de análisis son los centros de salud en los que se utilizan equipos de Rayos X para complementar el diagnóstico clínico de los pacientes.

La primera parte del análisis aclara la elección de la ciudad de Milagro para la ejecución de esta investigación, como posible reflejo de lo que pudiera estarse replicando en otras ciudades de Ecuador y Latinoamérica; la segunda parte sintetiza la

exigencia legal para el caso ecuatoriano; una tercera parte del análisis contiene la sistematización matemática de los datos obtenidos, que evidencian las conclusiones a las que los métodos estadísticos han contribuido a llegar; y, en una cuarta parte se interpreta de manera global los resultados.

Para no comprometer legalmente a los operarios o a los administradores de los centros de salud participantes, la administración de la información privada por parte de nuestros investigadores es confidencial [11]. El instrumental para la recolección de datos estuvo conformado por encuestas a los operarios de los equipos de Rayos X, y entrevistas confidenciales para la detección de especificidades.

Para la agrupación y sistematización del análisis numérico que busca descubrir posibles regularidades, se siguió lo sugerido por Fasio, Pascual y Suárez (2002) [12], es decir, para comparar y determinar si son o no estadísticamente significativas las diferencias entre porcentajes de muestras o grupos poblacionales (operarios propietarios/empleados, en este caso) de diferentes tamaños, se utilizó el Método de Prueba de Hipótesis de Diferencia Entre Dos Proporciones Poblacionales. Obviamente, la Hipótesis Nula será que NO existe diferencia entre las dos proporciones poblacionales a un determinado nivel porcentual de significancia. En síntesis, se debió ejecutar los pasos [13]:

a.- Establecer la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) que NO existe diferencia entre dos proporciones poblacionales a un determinado nivel porcentual de significancia.

$$H_0: (p_1 - p_2) = 0; \text{ ó } H_0: p_1 = p_2.$$

b.- Establecer la Hipótesis Alternativa ( $H_A$ ) que SÍ existe diferencia entre dos proporciones poblacionales, en este caso  $p_1$  y  $p_2$ , a un determinado nivel porcentual de significancia.

$$H_A: p_1 \neq p_2.$$

c.- Ejecución de la Estadística de Prueba, para  $H_0: p_1 = p_2$ , mediante formulación:

$$Z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad \hat{p}_i = \frac{x_i}{n_i} \quad \hat{q}_i = (1 - \hat{p}_i) \quad \hat{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} \quad \hat{q} = (1 - \hat{p})$$

Donde:

**p1:** proporción para el caso de “empleados”.

**p2:** proporción para el caso de “propietarios”.

**x1:** observaciones para el caso de “empleados”.

**x2:** observaciones para el caso de “propietarios”.

**n1:** muestra total en “empleados”.

**n2:** muestra total en “propietarios”.

**Zcalculado:** Valor Z a comparar en los siguientes pasos.

d.- Elección del área de Rechazo de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), de acuerdo al nivel de significancia elegido y si la prueba será de una o dos colas. En nuestro caso será de dos colas, al nivel de 10%.

e.- Decisión de Rechazo o No Rechazo de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), de la siguiente manera:

Si  $(Z_{\text{calculado}} > Z_{\text{prueba a nivel de significancia} / 2} \text{ ó } Z_{\text{calculado}} < -Z_{\text{prueba a nivel de significancia} / 2})$ , entonces se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia es estadísticamente significativa.

#### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LO OBSERVADO EN SAN FRANCISCO DE MILAGRO

Este apartado consta de cuatro partes: análisis de la elección de Milagro, análisis de la exigencia legal, análisis estadístico, e interpretación de los resultados.

##### 4.1. ¿Por qué se decidió aclar el análisis en San Francisco de Milagro?

Porque es una ciudad intermedia y, por consiguiente, presenta ciertas ventajas para iniciar una campaña territorial de salud pública. Con sus 150 000 y 200 000 habitantes [14] es la cuarta ciudad, no-capital-provincial, más grande de la República [15]. Sus principales actividades son el comercio, los servicios y la agricultura [16].

Milagro es una ciudad intermedia desde varias ópticas, ya sea por el número de habitantes, en lo que se acoge el intervalo desde los 20 000 hasta los 250 000 habitantes, según variados estudios analizados por Michellini y Davies (2009) [17]. En ellas es menos dificultoso tomar acciones para prevenir errores, que en las ciudades grandes vienen cometiendo los administradores estatales dedicados al control [18], y que pueden además funcionar como un espejo para aquellos de las ciudades más pequeñas. Por otro lado, según Rodríguez y Villa (1998) "las ciudades intermedias presentan la ventaja de estar comprendidas usualmente en un solo municipio, por lo que tienen un gobierno de la ciudad. Disponen de lo que llamaremos gobierno local-global" [19], por tanto a su interior se pudieran tomar con mayor velocidad decisiones políticas

que mejoren las condiciones de vida de los ciudadanos.

Además, en Milagro se cumplen otras condiciones

*"A nivel popular, suele desconocerse que radiación y radiactividad forman parte de la naturaleza y de nuestro propio cuerpo, siendo vistas en general como un nefasto invento del hombre"*

para ser considerada ciudad (inter)media, como son [20]: no ser capital nacional, tener influencia fuerte en los microterritorios cercanos, actuar como centro servidor de bienes y servicios especializados y culturales para otros municipios, poseer agencias estatales y redes de infraestructura local-regional-nacional y acceso a las internacionales, ser nodos hacia

niveles superiores, ser centros gobernables/gestionables sin los problemas de las megaciudades.

La importancia de esta investigación radica en la posibilidad que lo que esté ocurriendo en San Francisco de Milagro pudiera estar sucediendo en otras ciudades latinoamericanas pequeñas o intermedias, pues el sector estatal de jurisdicción nacional suele dirigir sus mayores esfuerzos a atender casi siempre con mayor agilidad a las grandes ciudades [21].

##### 4.2. ¿Cuál es la exigencia legal en el caso Ecuador?

En Ecuador, la organización encargada del control de las radiaciones ionizantes, incluidos los rayos X, es la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN) del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) [22] y la norma legal que enmarca tales actividades está cimentada en la Constitución de la República del Ecuador [23], la Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica [24], el Reglamento de Seguridad Radiológica [25] (RSR), y el Reglamento para el Trámite de Establecimiento de Infracciones en el Uso Indebido de Radiaciones Ionizantes [26]. De estos cuerpos legales, el tercero y el cuarto se centran más en lo relativo a esta investigación: en la regulación de la gestión ocupacional y en la gestión sancionatoria, respectivamente; sin embargo sólo se consideró al tercero, por cuanto el cuarto se encuentra en el ámbito de la justicia y, por tanto, fuera del alcance de nuestra observación.

La norma legal ecuatoriana -el RSR- permite las siguientes dosis máximas:



Para irradiación	Órgano	Dosis Máxima
Externa	Personas general (no trabajadores)	Hasta 10% de lo permitido a los trabajadores.
	La tiroides de las personas en general (no trabajadores) con menos de 16 años de edad.	150 mrem / año.
	Mujeres en edad reproductiva.	1.25 rem / trimestre
	Mujeres en estado de gravidez.	1 rem durante su estado.
	Cuerpo entero, gónadas, médula ósea.	5 rem / año 2 rem / trimestre
	Hueso, piel de todo el cuerpo, tiroides.	30 rem / año 15 rem / trimestre
	Manos, antebrazos, pies, tobillos.	75 rem / año 40 rem / trimestre
	Los demás órganos.	15 rem / año 8 rem / trimestre
	Interna	Si se incorporase radionucleidos en proporciones conocidas, la suma de las fracciones de las cantidades incorporadas calculados en base a los valores de la tabla (irradiación externa) no deberán ser mayores a uno.
Si se mezclara radionucleidos determinados en proporciones desconocidas, el máximo permisible será el correspondiente al radionucleido de menor valor permisible de incorporación.		
Sin perjuicio de lo anterior, se acepta que en un trimestre, el personal incorpore material radiactivo en cantidad de hasta la mitad de los límites anuales fijados, exceptuándose el personal femenino en edad reproductiva, para quienes está limitada la incorporación del material radiactivo a la cuarta parte de los límites anuales fijados.		
Está prohibido el trabajo de menores de 18 años en áreas de radiación.		

**Cuadro 3.** Dosis máxima permitida por la norma legal ecuatoriana  
Fuente: Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador

Así también, en el RSR se establecen medidas preventivas relativas a la protección personal, prevención personal, protección del lugar, caracterización del operario, exámenes de salud, salud de parientes, administración de desechos/residuos, mantenimiento de equipos y control de calidad, especialmente en sus artículos 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 18, 19, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 66, 68, 76, 77, 79, 80, 114, 115, por lo que se puede, con facilidad, concluir que el marco legal vigente sí permite la adopción de adecuados niveles de control, prevención y protección radiológica en Ecuador. Sin embargo, tal anhelo no se cumple [...] y tampoco se conoce centros de salud ni operarios sancionados por no cumplir con la norma legal.

#### 4.3. Sistematización e interpretación de resultados y

**análisis del sesgo o descuido**  
Cooperaron en esta investigación 20 operarios [27] de máquinas de rayos X. Al requerir información a la institución de control estatal ecuatoriana [28] se dijo que tal información de controles realizados era confidencial y que no se había detectado mayor problema relacionado con la radiación ionizante en Milagro; sin embargo, en las varias visitas realizadas [29] a sus instalaciones, se mencionó que sus funcionarios sólo controlaban unos pocos operarios en esta ciudad. Además, al parecer sus registros no estaban actualizados. En cualquier caso, sus datos hubieran servido para confrontar con los resultados de la presente investigación, por lo que se considera que no se ha perdido mucho en cuanto a la validez de las conclusiones.

Debido a que la perspectiva general brindada (sólo 1 de cada 10 operarios cum-

ple con todo el RSR, y sólo 2 de cada 10 toma todas las medidas de prevención), mostró que las medidas de seguridad radiológica estaban marcadas por la ausencia del control estatal, lo cual pudiera desembocar en una afectación a la salud de los operarios de las máquinas de Rayos X, se consideró necesario el testeo estadístico mediante el Método de Prueba de Hipótesis de Diferencia Entre Dos Proporciones Poblacionales, para detectar si tal descuido se pudiera deber al abuso operario Propietario/Empleado (empleador/ empleado) o al abuso dada la asimetría de información del operario Capacitado/No-Capacitado, causada porque los profesionales poseen conocimientos especializados bioradiológicos y los no profesionales, no lo tienen.

Una vez corridas las pruebas estadísticas se obtuvo los siguientes resultados:

Grupo de preguntas	Pregunta	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa debido a...
1. Protección personal	¿Mandil desechable?	Conocimientos
	¿Chaleco a veces?	Propiedad
	¿Ni guantes, collarín o mascaril de plomo?	Ninguna
	¿Manipula materiales con pinzas?	Conocimientos
	¿Manipula materiales con guantes?	Ninguna
	¿Manipula materiales sin guantes ni pinzas?	Ninguna
2. Prevención personal	¿Consulta de Control Dentro de Sala Rayos X?	Ninguna
	¿Si Dosimetría Personal Men?	Ninguna
	¿Hacen marca de 1 año?	Ninguna
	¿No Dosimetría Lectura Directa?	No calculado
	¿Hasta 3m de Distancia al Involúcr?	Ninguna
	¿Hasta 3m de distancia de la bodega fuente radiactiva o no tiene bodega?	Ninguna
3. Protección lugar	¿Perciben en sala il lumín?	Propiedad
	¿Nunca verificó los instrumentos de control?	Ninguna
	¿Si Señalizado y desancado?	Propiedad
	¿Sito blindado?	Propiedad
	¿Si Pantallas Protección?	Propiedad
	¿Si mampara de protección?	Ninguna
4. Caracterización operario	¿Si materiales en recipientes blindados?	Ambar
	¿Pared protegida con lámina de plomo o cemento, ladrillos y plomo?	Propiedad
	¿Largo de más de 3m?	Ninguna
	¿Ancho de más de 3m?	Ninguna
	¿Alto de más de 2m?	Ambar
	¿Área de más de 1m?	Ninguna
5. Test salud	¿Ordenes de más de 40m?	Ambar
	¿Capacitación formal Directa?	Ninguna
	¿Capacitación formal Indirecta?	Propiedad
	¿Tiempo contratado de hasta 5 años?	Propiedad
	¿Nunca chequea arterial?	Ninguna
	¿Nunca escuchen de sangre?	Ninguna
6. Salud parientes	¿Si problemas de salud?	Ninguna
	¿Último examen hace 2 meses?	Conocimientos
	¿Si enfermedad crónica?	Ninguna
	¿Cuál?	Ambar
	¿No tuvo problemas de salud antes de entrar?	Ninguna
	¿Está peor luego de entrar?	Ambar
7. Administración desechos/residuos	¿No tiene pérdida de cabello luego de entrar?	Ninguna
	¿Si se considera persona sana?	Ninguna
	¿Si tiene parientes malformación física/intelecto?	Ninguna
	¿Si tiene familiares con enfermedad crónica?	Propiedad
	¿Cuáles?	No calculado
	¿Si familiar con enfermedad desde que entro?	Conocimientos
8. Mantenimiento equipos	¿Cuál?	Ambar
	¿Si familiar con cáncer?	Conocimientos
	¿Perciben en?	Propiedad
	¿Lanzan residuos a basura normal e inodoro?	Ninguna
	¿Si utiliza camapas extractores de gases?	Ninguna
	¿Nunca revisan fugas de máquinas?	Ninguna
9. Control de calidad	¿Nunca calibran máquinas?	Ninguna
	¿Nunca o al menos una vez al año dan mantenimiento a máquinas?	Ninguna
	¿Si agenci evaluación?	Ninguna
	¿Evaluación desde hace 1 año o más?	Ninguna
	¿Si asesor calificado?	Ninguna
	¿Desde hace dos años o más?	Conocimientos
Todos		

Cuadro 4. Resultados de prueba estadística de diferencia de proporciones

De allí que aunque en la mayoría de las preguntas -29- no pudiera encontrarse diferencia significativa alguna, estadísticamente, que muestre si se hubiere producido descuido o abuso del tipo operario Propietario/Empleado o abuso del tipo operario Capacitado/NoCapacitado, se ha decidido mostrar e interpretar las pruebas estadísticas para las diferencias del primer tipo, ya que en 10 preguntas fueron significativas y ellas pertenecen en gran número a los grupos de protección y prevención radiológica, que son los más importantes para los fines de salud pública que persigue esta investigación. Las pruebas estadísticas del segundo tipo no se muestran aquí por motivos de espacio.

En el apartado “Breve explicación metodológica” se describió conceptual y matemáticamente la ejecución de esta prueba estadística [30]. Aquí, se presenta el análisis de los resultados obtenidos [31], cuando  $\alpha = 0,10$  y por tanto a dos colas  $Z_{prueba} = \pm 1,645$ .

En la primera categoría de preguntas, de protección personal, nótese el bajo nivel cuando, tanto propietarios como empleados utilizan mandil en un 55% de casos. Lo mismo ocurre en los demás aspectos. Aun así, únicamente en una pregunta se presentó diferencia significativa entre la categoría operario empleado y la categoría operario propietario, correspondiendo ésta al uso de chalecos, lo que al contextualizarse se puede afirmar que pu-



dieran ser reemplazados con los mandiles, y en ella no se presenta significancia, según lo observado en el **Cuadro de resultados 5**.

Categoría	Mandil siempre	Chaleco a veces	Ni Gafas, collarín o mandil de plomo	Manipula materiales con pinzas	Manipula materiales con guantes	Manipula materiales sin guantes ni pinzas	Consola de Control Dentro de Sala Rayos X
Empleado	56%	78%	22%	78%	0%	22%	22%
Propietario	55%	100%	36%	82%	9%	9%	27%
$Observ_{Emp} = 5$	7	2	7	0	2	2	2
$Observ_{Prop} = 6$	11	4	9	1	1	3	
$Z_{pruebas} = \pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$
$Z_{calculado} =$	0,04517389	-1,64804411	-0,68657153	-0,22473329	-0,92803234	0,81819282	-0,25949965
Decisión:	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.

Cuadro de resultados 5. Operarios, diferencias empleado/propietario en su protección personal

En cuanto a las medidas preventivas utilizadas en los centros de salud que son atendidos por empleados o por sus propietarios, se puede notar niveles bajos de preocupación, pues sólo 4 de cada 10 operarios utilizan servicios de dosimetría para detectar los niveles de radiación recibida por ellos. Lo mismo se puede observar en los demás aspectos. Aun así, únicamente se observa una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de “permanencia en el sitio” de radiación y en la “señalización” del lugar. En los demás aspectos (bodega de materiales, certificación de los instrumentos de control, etc.) no parece haber diferenciación en el trato, incluso en el servicio de dosimetría personal, que es quizá, el indicador más importante para controlar las probabilidades de afectación negativa futura en el largo plazo, como lo muestra el **Cuadro de resultados 6**.

Categoría	Si Dosimetría Personal. Más	Ilum. menos de 1 año	Hasta fin de distancia al irradiar	Hasta fin de el área de la bodega fuera de radiación o no tiene bodega	Permanece en sitio 6 horas	Nunca se ha verificado los instrumentos de control	Si Señalizado y demarcado
Empleado	44%	22%	56%	44%	22%	22%	89%
Propietario	45%	18%	73%	55%	0%	36%	9%
$Observ_{Emp} = 4$	2	5	4	2	2	8	
$Observ_{Prop} = 5$	2	8	6	0	4	1	
$Z_{pruebas} = \pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$	$\pm 1,845$
$Z_{calculado} =$	-0,04617309	0,22473328	-0,80088728	-0,44848867	1,84804411	-0,88867163	3,68867416

Cuadro de resultados 6. Operarios, diferencias empleado/propietario medidas preventivas personales.

La protección del lugar es el aspecto en el que se da la mayor cantidad de diferencias, estadísticamente significativas, en el trato operario empleado/propietario. Ocurre en 7 de 11 ocasiones. Esto es muy importante debido a que la “protección” aquí es contra las “fugas” de radiación hacia otras áreas físicas del edificio o hacia viviendas contiguas ajenas a la actividad de diagnóstico radiológico, lo que pudiera afectar negativamente la vida de terceros. Nótese en el **Cuadro de resultados 7**, que los aspectos sin diferencias significativas corresponden al uso de la mampara de protección, el largo, el ancho y el área (m<sup>2</sup>) del espacio físico destinado a esta actividad; mientras que los aspectos más importantes, como el blindaje y el alto de las paredes, sí presentan diferencias significativas.

Categoría	Si está obligado contra lugar al lugar	Si no tiene protección	Si tiene protección	Si no tiene protección	Si tiene protección	Si no tiene protección	Si tiene protección	Si no tiene protección	Si tiene protección	Si no tiene protección	Si tiene protección	Si no tiene protección
Prevalencia	40%	40%	38%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
Observados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z calculado	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$
Z calculado	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000	-0,0000000
Decisión	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.

Cuadro de resultados 7. Operarios, diferencias empleado/propietario en protección del lugar

En la caracterización del operario, aspecto clave por su naturaleza para definir si, estadísticamente, se pudieren o no presentar abusos o descuidos, se encontró diferencias significativas entre aquellos operarios que han recibido capacitación formal indirecta [32] y en la experiencia (tiempo contratado) ganada en éste ámbito profesional. Ver **Cuadro de resultados 8**. Nótese que la falta de capacitación en los empleados es notoria. Este

es uno de los aspectos más definitorios en los resultados de esta investigación.

En la estadística de salud del operario no se presentan mayores complicaciones, si se trata de hallar evidencia estadística que muestre un posible descuido o abuso, pues el único aspecto con diferencia significativa es la percepción (dato subjetivo) del operario respecto de si su salud está “ahora” peor que antes de iniciar la utilización de las máquinas de

Rayos X. Esta información entra en contradicción con las respuestas obtenidas en la siguiente pregunta: la percepción de sí mismo como “persona sana”, como lo muestra el **Cuadro de resultados 9**. Aun así, los porcentajes globales de los operarios que nunca se realizan, por lo menos, un chequeo médico son muy bajos; pudieran estar acumulando daños que sólo serían verificables e irreversibles en el largo plazo.

Categoría	Capacitación formal Directa?	Capacitación formal Indirecta?	Tiempo contratado de hasta 5 años
Empleado	0%	44%	100%
Propietario	18%	91%	64%
Observados	0	4	9
Observados	2	10	7
Z calculado	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$	$\pm 1,645$
Z calculado	-1,34839972	-2,2558779	2,02259959
Decisión	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.	Se rechaza hipótesis nula, por tanto la diferencia entre las proporciones es significativa.

Cuadro de resultados 8. Operarios, diferencias empleado/propietario en su caracterización

Categoría	Nunca chequeo médico	Nunca examen de sangre	Si problema de salud	Último examen hace 2 meses	Si enfermedad crónica	No tenía problema de salud antes de entrar	Está peor luego de entrar	No tiene pérdida de cabello luego de entrar	Si se considera persona sana
Empleado	67%	33%	11%	11%	0%	100%	0%	100%	100%
Propietario	55%	36%	9%	9%	18%	91%	100%	91%	91%
Observ <sub>empleado</sub>	6	3	1	1	0	9	0	9	9
Observ <sub>propietario</sub>	6	4	1	1	2	10	11	10	10
Z <sub>observ<sub>empleado</sub></sub>	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846	± 1,846
Z <sub>observ<sub>propietario</sub></sub>	0,66048188	-0,1413607	0,14982219	0,14982219	-1,34839972	0,82983234	-4,47213084	0,82983234	0,82983234
Decisión:	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	Se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia es significativa.	Se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.	No se rechaza la hipótesis nula, por tanto la diferencia no es significativa.

Cuadro de resultados 9. Operarios, diferencias empleado/proprietario en exámenes de salud

En la estadística de salud del pariente del operario no se han presentado diferencias significativas, sin embargo no pudiera esto ser considerado definitivo, para serlo sería necesario un seguimiento médico de largo plazo y eso no está al alcance de esta investigación ni forma parte de sus objetivos. En cuanto a la administración de desechos por parte del operario tampoco se presentaron diferencias significativas; sin embargo el porcentaje de aspectos como el “uso de campanas extractoras” es muy bajo.

En los aspectos relacionados con el mantenimiento de la calidad tampoco se han presentado diferencias significativas; aun así el análisis de dichos porcentajes y su afectación negativa a la salud no deberían ignorarse, pues la falta de calibración, la revisión de fugas y de mantenimiento de las máquinas, no llega al 50%, y sólo alrededor de ese porcentaje tienen asesores de radiación y al menos una vez tuvieron una inspección de una agencia evaluadora.

#### 4.4. Interpretación global de los resultados numéricos

Como conclusión estadística de la corrida de Pruebas de Hipótesis de Diferencias Entre Dos Proporciones Poblacionales se pudo observar que, si

bien las diferencias fueron más frecuentes y significativas en el tipo operario Empleado/Propietario que en el tipo operario Capacitado/NoCapacitado, no se ha podido encontrar evidencia estadística sobre algún descuido por parte de los operarios “propietarios o empleadores” en desmedro de los operarios “empleados”, sino más bien la evidencia parece indicar que los primeros descuidan las normas de protección sobre sí mismos más que los segundos.

## 5. DISCUSIÓN Y LIMITACIONES DE LO INVESTIGADO

### 5.1. Población de estudio muy pequeña

Debido a que en la ciudad de Milagro el número de operarios de máquinas de Rayos X es, para fines de metodología estadística, relativamente pequeño se vuelve difícil el cálculo de pronósticos con un nivel de certeza aceptable, aun cuando el método matemático siempre podrá adaptarse al número de observaciones. Sin embargo, contar con un cálculo pudiera ser mejor que contar con ninguno si se revisa el problema desde una perspectiva administrativa preventiva.

Esta limitante se pudiera reducir a medida que se replique este estudio en otras ciudades intermedias y se logre acumular un buen nivel de validez

externa.

### 5.2. Efectos de radiación ionizante y malformaciones de los individuos

Como ya se ha mencionado, en Suramérica las investigaciones relacionadas con las enfermedades ocupacionales son muy reducidas, por lo que nuestra investigación pone al descubierto varios aspectos hasta ahora no tratados por la academia. Ahora bien, el ámbito de aplicación de esta investigación no pretendió llegar hasta el establecimiento de una relación certera radiación-malformaciones, sino únicamente “abrir los ojos” de la comunidad académica sobre un problema que quizá antes no se había visibilizado, pues está enmarcado en la esfera del control estatal y la posible afectación en la salud de las personas [33].

En ambos casos -control estatal y causalidad médica- su propia naturaleza vuelve difuso el estudio descriptivo del problema.

## 6. COMENTARIOS FINALES DESTACADOS

Luego de haber levantado información de campo, ejecutado encuestas y entrevistas a operarios de máquinas de Rayos X, y haber utilizado herramientas estadísticas de uso frecuente en el ámbito académico, para analizar toda la información

con un equipo humano interdisciplinario; a continuación se presentan conclusiones y sugerencias para este caso:

### 6.1. Conclusiones

1. De acuerdo a la data, no parece haber evidencia suficiente sobre un descuido selectivo por parte de los operarios propietarios en desmedro de los operarios contratados (o empleados), sino todo lo contrario: al parecer los propietarios (que además suelen ser los administradores del centro de salud) se protegen menos que los empleados (conforman el 45% de la muestra). Sin embargo, sí se presentaron diferencias significativas de este tipo operativo empleado/propietario en las variables: permanencia en el sitio, blindaje, alto de las paredes, experiencia adquirida, etc., e incluso en la formación académica superior (donde 7 de cada 10 operarios la han recibido).

2. Por otro lado, así como la institución estatal de control no llega, sino sólo a aproximadamente 5 centros de salud de Milagro que utilizan máquinas de rayos X para el diagnóstico clínico (dato confirmado, pues sólo el 25% de los operarios dice haber tenido alguna vez contacto con alguna agencia evaluadora), los operarios tampoco han procedido con la contratación voluntaria de servicios privados de dosimetría personal -con fines de control preventivo- sino sólo en el 50% de los casos. Y es que los operarios de las máquinas de Rayos X adolecen de un casi total desconocimiento en temas radiológicos, lo cual los deja en casi indefensión [34]; en cambio los propietarios de tales máquinas conocen un poco más a profundidad sobre los efectos negativos de su uso para su salud.

3. Del análisis de los porcentajes se deduce que el sector salud, en cuanto al diagnóstico radiológico, de esta ciudad intermedia -San Francisco de Mi-

lagro- no está siendo controlado como se debiera por el estado, lo cual en el futuro pudiera ocasionar daños irreversibles en su población y en la de otras ciudades más pequeñas para las que actúa como centro referencial y de operaciones. Hay que poner atención en esto, pues el problema podría estar repitiendo en otras ciudades intermedias latinoamericanas, y no ser público ni notorio debido a un mejor control observado en las ciudades grandes. Ya que tal carencia de control se evidenció desde un inicio de la investigación se procedió a complementarla con la verificación del cumplimiento de las sugerencias de los organismos internacionales especializados.

4. El riesgo laboral de afectación biológica negativa, sobre el organismo del operario, está en función de la falta de control por parte de la autoridad estatal a la aplicación de la norma legal vigente, el Reglamento de Seguridad Radiológica (RSR), es de fácil comprensión e incluso refiere las enfermedades consideradas de derivación profesional (Art.129).

### 6.2. Sugerencias

1. La intervención social con fines preventivos, ya sea a través de los profesionales del Trabajo Social o los de Salud Ocupacional, debiera no ignorar la posible gestación presente de este posible mal futuro, enfocándose en el cumplimiento de la norma legal vigente en sus respectivos países.

2. Se espera que esta investigación sea replicada en otras ciudades intermedias de América del Sur, a fin de registrar y evidenciar este posible descuido de las autoridades estatales de control, ya que al ser los efectos visibles en el ser humano, sólo luego de muchos años de exposición radiológica, no es buena idea no intentar evitar un daño que será después irreversible.

3. Sería buena idea, también, que los estudios futuros cuen-

ten con un mayor número de operarios de máquinas de Rayos X participantes, a fin de mejorar los niveles de validez externa de las conclusiones a las que se pudiera llegar.

4. De igual manera, se debería hacer campañas permanentes de comunicación -aún mínimas- sobre los efectos de la radiación ionizante, tal como se hace con la prevención en salud de las drogas, el alcohol o el racismo, pues el daño progresivo no es fácil de detectar sino hasta cuando ya está en etapa avanzada.

5. Es necesario que las instituciones de educación superior y los institutos de investigación, llamen la atención del Estado hacia este problema social no sólo para las grandes ciudades sino también en las pequeñas e intermedias, pues debe estar más pendiente de su labor de control al ser temas de desconocimiento general.

### Agradecimiento:

Fabrizio Zanzzi agradece con gran afecto a Alonso Ortiz por su colaboración (especialmente, en la síntesis teórica física) en esta investigación y en el texto de este informe escrito, además de la asistencia prestada en la supervisión de las actividades ejecutadas por todos los intervinientes. Agradece, también a Miguel Reinoso por su exhaustiva revisión final enmarcada en la física. Así mismo, deja constancia del reconocimiento al valioso aporte de Isabel Leal en la elaboración del programa académico solicitado; a la cooperación de Edwin León en la sugerencia estadística; a la ayuda prestada por Julio Naranjo para lograr una comprensión del marco legal específico; al consejo experto de Serafín Abad en la técnica radiológica; y con especial aprecio a Diana Pilco, Jerry Plúas y Jerson Zúñiga, por cumplir con excelencia las actividades encomendadas en el marco de la salud pública.

## Referencias Bibliográficas

### Bibliografía consultada

1. Centro Nacional de Dosimetría del Ministerio de Sanidad y Consumo de España.
2. Commission of the European Communities (1992). Publication Nro. EUR 14320 EN.
3. Consejo de Seguridad Nuclear de España.
4. Directiva Europea 96/29 (Euratom, 1996).
5. Fassio, A.; Pascual, L. y Suárez, F. (2002). ¿Cuál es el proceso de construcción de nuevas variables? A. Fassio (ed.), Introducción a la metodología de la investigación aplicada al saber administrativo. Argentina: Ediciones cooperativas. Bs As, Argentina.
6. Gallego, E. (2002). Riesgos por exposición a radiaciones ionizantes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
7. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1998). Metodología de la investigación. (2da Ed.). México: D.F. McGraw-Hill / Interamericana Editores.
8. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC (2011). Proyección de población por áreas y años calendario para provincias y cantones. Período 2001 - 2010. Quito.
9. Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical "Leopoldo Izueta Pérez" (INHMTLP).
10. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection in Occupational Health. Manual for Occupational Physicians (1987). Safety Series n° 83. IAEA, Vienna.
11. Jordán, R.; Simioni, D. (1998) compiladores. Ciudades intermedias de América Latina y el Caribe, propuestas para la gestión urbana. Santiago, Chile: Comisión Económica Para América Latina y El Caribe - CEPAL y el Ministerio de Relaciones Exteriores de Italia.
12. Uop, J. (1999) director. Ciudades intermedias y urbanización mundial. Lleida, España: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
13. Mendenhall, W. (1990). Estadística para administradores. (2da Ed.) México: Grupo Ed. Iberoamericana.
14. Registro oficial Nro. 449, de octubre 20 de 2008. Constitución de la República del Ecuador. Asamblea Constitución del Ecuador (2008).
15. Registro Oficial Nro. 729 de abril 23 de 1984. Reglamento para el Trámite de Establecimiento de infracciones en el Uso Indebido de Radiaciones Ionizantes.
16. Registro Oficial Nro. 798 de marzo 23 de 1979, y ley reformativa publicada en el Registro Oficial No. 984 de julio 22 de 1992. Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.
17. Registro Oficial Nro. 891 de agosto 08 de 1979. Reglamento de Seguridad Radiológica.
18. Reglamento protección radiológica (MINECO, 2000).
19. Rodríguez, J.; Villa, M. Distribución espacial de la población, urbanización y ciudades intermedias, hechos en su contexto. Ciudades intermedias en América Latina y el Caribe CEPAL y Ministerio degli Affaire Esteri Cooperazione Italiana. Santiago: 25-68.
20. Sánchez, H. (2008). Medidas de prevención para evitar efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de graduación de Especialista.
21. Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA).
22. Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN)
23. U.S. Department of Energy. Guide-book for the Treatment of Accidental Internal Radionuclide Contamination of Workers.
24. Zanzi, F. (2007). La división territorial político-administrativa con base en la participación ciudadana. Milagro, Ecuador: Universidad Estatal de Milagro.
25. Zanzi, F. (2008). Milagro socioeconómico en cifras. Ecuador: Universidad Estatal de Milagro.

### Recursos electrónicos consultados

1. Agencia Internacional de Energía Atómica. Desde <http://www-pub.iaea.org>
2. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Desde <http://www.icrp.org>
3. Comité Científico de Naciones Unidas Sobre los Efectos de la Radiación Atómica. Desde <http://www.unscear.org/unscear/index.html>
4. Consejo Nacional de Protección Contra la Radiación y Mediciones. Desde <http://www.>

5. [ncrponline.org/AboutNCRP/Our\\_Mission.html](http://ncrponline.org/AboutNCRP/Our_Mission.html)
6. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. Biblioteca digital, sección ciencias. Desde [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec\\_6.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_6.htm).
7. Ministerio de Electricidad y Energías Renovables del Ecuador. Desde el MEER, [http://www.meer.gov.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=65%3Asubsecretaria-de-control-investigacion-y-aplicaciones-nucleares&catid=25%3Adependencias&Itemid=1](http://www.meer.gov.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=65%3Asubsecretaria-de-control-investigacion-y-aplicaciones-nucleares&catid=25%3Adependencias&Itemid=1)

### Notas

- [1]. Esta investigación se derivó de un programa investigativo cuyas conclusiones sugieren que dado el caso de Milagro en las ciudades intermedias del Ecuador pudiera estarse repitiendo el no cumplimiento de las medidas de seguridad radiológica en perjuicio de los operarios.
- [2]. Debido a pruebas previas se decidió no considerar en esta investigación a los pacientes ni al personal directivo o administrativo de las organizaciones de salud, por cuanto no resultaron con una significativa exposición a los Rayos X si se parte del supuesto de que dichos individuos no se encuentran con reiterada frecuencia en el lugar de emisión.
- [3]. Sánchez, Héctor (2008). Página 20.
- [4]. Fue fundada por la Sociedad Internacional de Radiología y aunque mantiene su sede en el Reino Unido, su secretaría científica se encuentra en Suiza.
- [5]. Información tomada del website de la ICRP, [www.icrp.org](http://www.icrp.org), en febrero 02 de 2011.
- [6]. Dos de los países que han incorporado sus recomendaciones en su normativa legal son España y Colombia.
- [7]. La U.S. Advisory Committee on X Ray and Radium Protection (USACRPP) fue reemplazada por la NCRP en 1964 por el Congreso Nacional de los Estados Unidos de América. Información tomada del website de la PNCR, [http://www.ncrponline.org/AboutNCRP/Our\\_Mission.html](http://www.ncrponline.org/AboutNCRP/Our_Mission.html), en febrero 02 de 2011.
- [8]. Fue fundada por la Asamblea General de la ONU, que delegó a 21 países para asignar científicos al estudio de la energía atómica. Información tomada del website de la UNSCEAR, <http://www.unscear.org/unscear/index.html>, en febrero 02 de 2011.
- [9]. La IAEA fue fundada en 1957 y conocida como la Agencia "Átomos Para la Paz", su sede está en Viena, Austria. Esta información fue tomada de su website, <http://www-pub.iaea.org>, en marzo 18 de 2011.
- [10]. Gallego, Eduardo (2002). Página 31.
- [11]. Es muy probable que sin esta garantía legal no hubiere sido posible recabar la información que ha permitido culminar la investigación exitosamente: Asamblea Constituyente del Ecuador (2008). Constitución de la República del Ecuador. Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro. 449, de octubre 20 de 2008. Art. 362 "La atención de salud... los servicios de salud... garantizarán... la confidencialidad de la información de los pacientes..."; Art. 66 Num11 y Num20 "... en ningún caso se podrá exigir... datos referentes a su salud" y los ciudadanos tienen "... derecho a la intimidad personal...", respectivamente.
- [12]. Fassio, Adriana; Pascual, Lilliana; Suárez, Francisco (2002).
- [13]. En caso de requerirse mayores detalles sobre el método, remitirse a Mendenhall, William (1990). Página 260.
- [14]. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) o de la Municipalidad de la ciudad.
- [15]. Sólo superada por Manta, Eloy Alfaro (Durán) y Quevedo, según: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC (2011).
- [16]. Zanzi, Fabricio (2008). Página 86.
- [17]. Michelini, Juan; Davies, Carina (2009). Página 8.
- [18]. Uop, Joseph (1999) director.
- [19]. Rodríguez, Jorge; Villa, Miguel, En Jordán, Ricardo; Simioni, Daniela (1998) compiladores. Página 49 y 147.
- [20]. Caracterización obtenida de Uop, Josep (1999) director. Páginas 42 a 44.
- [21]. Zanzi, Fabricio (2007). Página 22.
- [22]. La Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica cumplió -hace poco- 50 años administrando la energía nuclear.
- [23]. Publicada en el Registro Oficial Nro. 449 de

- octubre 20 de 2008.
  - [24]. Publicada en el R.O. Nro. 798 de marzo 23 de 1979, y su ley reformativa en el R.O. No. 984 de julio 22 de 1992.
  - [25]. Publicado en el Registro Oficial Nro. 891 de agosto 08 de 1979.
  - [26]. Publicado en el Registro Oficial Nro. 729 de abril 23 de 1984.
  - [27]. No existe en Ecuador una base de datos estatal que determine el número exacto de centros de salud con equipos de rayos X en cada ciudad, por consiguiente nuestro equipo investigativo realizó un levantamiento directo de tales datos hallando para Milagro la cantidad de 35 operarios, aproximadamente. Debido a que el costo marginal de analizar su información no resultó significativo, se consideró no aplicar muestra, sino administrar el instrumental investigativo a todos los operarios que así lo desearan. En un inicio participaron 25, pero hasta el final del proceso permanecieron 20, los demás abandonaron la iniciativa por descuidos u otros motivos personales.
  - [28]. La institución de control es la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN) del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). Tenía unos pocos operarios (aproximadamente 5) registrados y bajo su control periódico, quizá por recortes presupuestarios o por los cambios que se están produciendo a nivel estatal. El resultado de esta investigación se les hará llegar con fines de retroalimentación y beneficio ciudadano.
- Al conocer que había otras dos instituciones que contaban con los equipos para realizar estudios radiológicos se procedió a visitarlas para pedir su colaboración: se conoció que en la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA), ubicada en Guayaquil, se presta el servicio a muy pocos operarios de Milagro; y, en el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical "Leopoldo Izueta Pérez" (INHMTLP), ubicado en Guayaquil, se presta el servicio a casi igual número de operarios. En las tres instituciones podían repetirse los nombres de varios de los operarios bajo su estudio dosimétrico.
- [29]. Entre abril y diciembre de 2010.
  - [30]. Hay que recordar que en esta prueba la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) refiere que NO existe diferencia entre dos proporciones poblacionales a un determinado nivel porcentual de significancia. Se representa de la siguiente manera:  $H_0 : (p_1 - p_2) = 0$ ; o  $H_0 : p_1 = p_2$ . La Hipótesis Alternativa ( $H_A$ ) refiere que SÍ existe diferencia entre dos proporciones poblacionales, en este caso  $p_1$  y  $p_2$ , a un determinado nivel porcentual de significancia. Se representa así:  $H_A : p_1 \neq p_2$ .
  - [31]. Nótese que la sumatoria, en muchas ocasiones, no llegan al 100%. Eso se debe a que se consideró para esta prueba bidimensional sólo la mejor o peor alternativa de respuesta de los operarios encuestados.
  - [32]. En Ecuador no se pudo encontrar programas académicos de ejecución periódica en temas radiológicos, sino sólo programas de otras profesiones con dictado de materias como radiología u otras materias que contenían temas relacionados con la radiología, la afectación radiológica o los cuidados/protección/prevenición radiológica. A estos se les ha denominado "Capacitación formal indirecta" en esta investigación.
  - [33]. Las conclusiones de las investigaciones médicas no son lo suficientemente concluyentes en la específica causalidad entre radiación ionizante y los daños genéticos en los individuos. En temas específicos como el Cáncer la incidencia está más aclarada. Las medidas son preventivas.
  - [34]. Paradójicamente, esto tuvo una pequeña ventaja para quienes ejecutamos la investigación: los operarios estuvieron muy deseados de que analicemos sus casos y les entregáramos un informe dosimétrico al final. Adicionalmente, se entregó este informe a cada uno de los operarios participantes y durante el tiempo que duró la investigación se entregó a las organizaciones de salud con máquinas de Rayos X folletera informativa y se realizó una campaña informativa en los medios de comunicación de la ciudad, sobre los cuidados respecto de la radiación ionizante.