

Resumen publicado en *Health Physics* acerca de los hallazgos del estudio del NCI sobre el pronóstico de riesgo de cáncer por la prueba nuclear Trinity

Información sobre la prueba Trinity

En 1945 se realizó la primera prueba en el mundo de un arma nuclear, que se llamó prueba Trinity. Hace poco, un equipo de investigadores del Instituto Nacional del Cáncer (NCI), que forma parte de los Institutos Nacionales de la Salud (NIH), completó un estudio para calcular las dosis de radiación y el intervalo del exceso de riesgo de cáncer por esta prueba. Se calcularon las dosis de radiación recibidas en cada condado del estado de Nuevo México. El equipo del NCI también hizo un cálculo aproximado de la cantidad de casos de cáncer que se podrían haber presentado en el pasado y en el futuro por la exposición a la radiación. Estos datos se publicarán en la edición de octubre de 2020 de la revista *Health Physics*.

El gobierno de los Estados Unidos llevó a cabo la prueba nuclear Trinity al comenzar la mañana del 16 de julio de 1945, al final del Proyecto Manhattan, en el sur de la zona central de Nuevo México. La prueba Trinity sirvió de estudio de viabilidad para las bombas atómicas que, apenas 3 semanas después, se arrojaron en Hiroshima y Nagasaki para culminar la Segunda Guerra Mundial.

Para responder a la preocupación constante de la comunidad de Nuevo México sobre los posibles efectos perjudiciales de la prueba nuclear, el Congreso de los Estados Unidos solicitó que se investigara la exposición a la radiación y los posibles efectos de la prueba Trinity.

Cálculo de la dosis de radiación

La detonación nuclear expuso a la población de Nuevo México a distintos niveles de radiación por la lluvia radioactiva, según el lugar donde vivían en el estado, la cantidad de tiempo que las personas se quedaron en las estructuras de protección durante los meses justo después de la prueba y la cantidad de radiación que ingresó al cuerpo por el consumo de alimentos y agua contaminada. El equipo de investigación del NCI tuvo en cuenta cada uno de estos factores.

En los días apenas después de la prueba Trinity, el personal del Proyecto Manhattan midió la radiación emitida por la lluvia radioactiva que se acumuló en el suelo. Estos datos se analizaron luego y la Oficina de Apoyo Nuclear del Servicio Meteorológico (WSNSO) en Las Vegas (Nevada) usó estos datos para crear un mapa del patrón de la lluvia radioactiva que se publicó en 1987. Con este mapa de la contaminación, los investigadores del NCI calcularon la dosis de radiación recibida por la población de Nuevo México en el momento de la prueba Trinity.

A diferencia de los datos de contaminación del suelo, había pocos datos sobre la alimentación habitual de la población de Nuevo México entre 1940 y 1950 que eran necesarios para hacer un cálculo aproximado de las dosis recibidas. Para representar la exposición interna (por el consumo de alimentos contaminados), los investigadores del NCI reconstruyeron dietas típicas con la información que obtuvieron de 13 grupos de enfoque y 11 entrevistas individuales en las que participaron adultos mayores que vivían en estas comunidades de Nuevo México entre los años cuarenta y los años cincuenta, y que aún viven allí.

Además, los investigadores emplearon modelos matemáticos para estudiar la física de la radioactividad, la lluvia radioactiva y el desplazamiento de la lluvia radioactiva en el ambiente para calcular las dosis a las que las personas en Nuevo México se podrían haber expuesto durante el año después de la prueba, cuando se recibió la mayoría de la exposición.

Los investigadores llegaron a la conclusión de que la exposición a la radiación solo fue mucho más alta que la radiación de fondo en pequeñas áreas geográficas cercanas al sitio de la detonación que estaban en la dirección del viento.

Cálculo del riesgo de cáncer

No había fuentes completas para los datos sobre la cantidad de casos de cáncer en Nuevo México antes de la prueba ni durante los 20 años después. El Registro de Tumores de Nuevo México comenzó a recopilar datos parciales recién en 1966. Como faltaban estos índices de cáncer para Nuevo México, los investigadores usaron los índices de incidencia de cáncer del programa de Vigilancia, Epidemiología y Resultados Finales (SEER) del NCI, una red de registros oncológicos en los Estados Unidos que se estableció en 1973.

Los investigadores juntaron los datos de incidencia del cáncer (un valor inicial teórico) con la información sobre la dosis de radiación. Los datos sobre la dosis de radiación se prepararon para múltiples órganos según los datos derivados de otras poblaciones expuestas a la radiación, de acuerdo con la sensibilidad de cada órgano a la exposición a la radiación. Se hicieron cálculos estimativos para los últimos 75 años del intervalo de exceso de casos de cáncer (casos de cáncer por encima del valor inicial teórico que se esperaban sin la prueba Trinity) que se hubiesen presentado en los cuatro grupos étnicos principales que vivían en Nuevo México en el momento de la prueba (es decir, blancos, hispanos, indígenas americanos y afroamericanos) para los distintos grupos de edad y en cada condado del estado.

Los datos parecen indicar que quizás ya se presentaron varios cientos de casos, sobre todo de cáncer de tiroides, durante los 75 años desde la prueba, y que se prevén pocos casos en el futuro que no hubiesen ocurrido sin la exposición a la lluvia radioactiva de la prueba Trinity. Se calcula que la mayoría del exceso de riesgo de cáncer ocurrió u ocurrirá en las personas que vivían en los condados de Guadalupe, Lincoln, San Miguel, Socorro y Torrance en 1945. La incertidumbre en la aproximación de la dosis fue significativa y tuvo un efecto importante en la incertidumbre general de estos cálculos. Es probable que la mayoría de los cánceres que ocurrieron u ocurrirán en la población que vivía en Nuevo México en 1945 sean cánceres que no están relacionados con la exposición a la lluvia radioactiva de Trinity. Por último, con los datos disponibles, no es posible identificar con certeza a las personas con cánceres cuya causa podría ser la exposición a la radiación.

Hay limitaciones para calcular la dosis y los pronósticos de riesgo debido a varios factores, como por ejemplo: las personas mayores que participaron en los grupos de enfoque 70 años después de la prueba no recordaban con exactitud lo que comían cuando eran niños, el número de participantes del grupo de enfoque fue pequeño, la posibilidad de diferencias entre las experiencias de las personas entrevistadas en el grupo enfoque y las experiencias de todas las personas que vivían en aquel momento, y la falta de índices de cáncer en Nuevo México para el período en estudio. Por lo tanto, hay mucha incertidumbre acerca de estos cálculos de las dosis de radiación y el número de casos de cáncer atribuibles a la prueba, y no es posible hacer cálculos sólidos.

Agradecimientos

Esta tarea no hubiese sido posible sin el apoyo de docenas de expertos e historiadores locales, y los defensores comunitarios en Nuevo México, en especial los integrantes del Consorcio Tularosa Downwinders y Las Mujeres Hablan, la muy importante participación de las personas mayores de todas partes del estado, los centros de personas mayores que abrieron sus puertas al equipo de investigación, los dirigentes de Tribal y Pueblo que accedieron a participar en las entrevistas y los grupos de enfoque que informaron sobre los patrones alimenticios.

El Programa de Investigación Intrainstitucional del Instituto Nacional del Cáncer financió este proyecto con fondos adicionales del Instituto Nacional de Alergias y Enfermedades Infecciosas (NIAID). Agradecemos al Consejo de Revisión Institucional Tribal del Suroeste por su revisión minuciosa y la aprobación del protocolo del estudio y las versiones definitivas de los artículos de publicación.

Investigación adicional

El equipo de investigación del NCI, junto con colaboradores externos, realizaron una revisión bibliográfica amplia de los informes publicados sobre poblaciones diversas expuestas a distintas fuentes de radiación. El propósito era determinar los efectos intergeneracionales (es decir, desenlaces adversos del embarazo y enfermedades genéticas o de segunda generación) pero no encontraron pruebas de estos efectos. Por último, evaluaron la distribución del plutonio sin fisiónar (que no se dividió) de la detonación y sus posibles repercusiones.

Publicaciones

Las publicaciones sobre el estudio de la prueba Trinity son gratuitas. El público las podrá solicitar o consultar en inglés en el sitio web del estudio: <https://dceg.cancer.gov/trinity>. Como se menciona en la introducción al grupo de los seis trabajos publicados en *Health Physics*, los autores esperan que el análisis y los datos del estudio sean de gran valor para todos los interesados en los efectos que tuvo la prueba nuclear Trinity en la salud.

A continuación, se incluyen descripciones breves de las seis publicaciones sobre el estudio Trinity.

Methods and Findings on Diet and Lifestyle Used to Support Estimation of Radiation Doses from Radioactive Fallout from the Trinity Nuclear Test (Métodos y hallazgos sobre la dieta y el estilo de vida que se usaron para los cálculos estimativos de las dosis de radiación de la prueba nuclear Trinity), por la doctora Nancy Potischman y colegas

En la primera publicación de esta serie, la doctora Potischman y sus colegas presentan los métodos y un resumen de los datos principales recopilados sobre la dieta, el tipo de construcción de la vivienda, el tiempo al aire libre durante los meses del verano a distintas edades y los hábitos de lactancia materna en los años cuarenta. Para ayudar a los investigadores que luego calcularían el intervalo de las posibles dosis de radiación que la población de Nuevo México recibió como resultado de la prueba Trinity, la doctora Potischman y los coautores debían entender la dieta tradicional de los años cuarenta, porque la forma principal de exposición interna a este tipo de radiación es mediante el consumo de alimentos y agua contaminados por la lluvia radioactiva. La doctora Potischman y sus colegas empezaron por estudiar la bibliografía médica para identificar los alimentos y los patrones alimentarios que eran habituales en Nuevo México en los años cuarenta en distintos grupos étnicos.

Primero los investigadores hicieron un estudio piloto pequeño con personas que vivían en Nuevo México entre 1940 y 1950 con el propósito de diseñar un método para recopilar los datos. En el estudio definitivo se realizaron 13 grupos de enfoque y 11 entrevistas individuales con personas mayores de 70 años que vivían en Nuevo México en el momento de la prueba. Los grupos de enfoque incluyeron charlas con personas de los cuatro grupos étnicos principales de Nuevo México.

A partir de estas charlas, los investigadores calcularon la cantidad y la frecuencia con que las personas de cada grupo étnico y edad comían determinados alimentos de forma habitual. Los alimentos que consumían incluyeron carne, productos lácteos frescos, plantas, frutas y, por supuesto, agua potable. El equipo aprendió acerca de los materiales de construcción de las viviendas, la lactancia materna (que se

descubrió que era muy común), la cantidad de tiempo que las personas pasaban al aire libre (en el verano en particular), y las formas en que las comunidades obtenían el agua potable.

Uno de los alimentos de más interés para los científicos fue la leche. La leche fresca puede ser una de las fuentes principales de yodo 131 (I-131 o yodo radioactivo), un componente de la lluvia radioactiva. Esto ocurre porque las vacas comen el pasto contaminado del terreno adonde cayó la lluvia radioactiva. La radioactividad en el pasto, en especial por el I-131, se suele concentrar en la leche vacuna que luego pasa a los lácteos frescos. Cuando las personas consumen la leche contaminada, el I-131 se acumula en la tiroides. Sin embargo, la cantidad de I-131 disminuye rápido y casi desaparece por completo en el plazo de 2 meses, o sea que si hay una exposición significativa en la tiroides es solo por poco tiempo.

Por otra parte, los investigadores descubrieron que el índice de consumo de leche fue mucho más bajo en las personas que vivían en las regiones montañosas y mucho más alto en los niños de 11 a 15 años que vivían en las llanuras rurales. Pero los niños más jóvenes recibieron las dosis más altas debido a que la tiroides es más pequeña en los niños. La carne, que transfiere mucha menos radioactividad, no se consumía mucho en los meses del verano en la mayoría de las comunidades, y quienes la consumían, lo hacían en poca cantidad. La mayor parte del agua para beber y cocinar provenía de pozos, que en general estaban cubiertos para protegerlos contra la contaminación. Muchas viviendas eran de adobe, lo que protegía mejor contra la radiación que las estructuras de madera.

Antes del estudio, había muy pocos datos publicados sobre la alimentación a mediados de los años cuarenta. Ahora, estos datos recopilados por el equipo de investigación son los mejores datos que hay sobre la alimentación de Nuevo México para evaluar la dosis de radiación. Los investigadores destacaron que los datos no representan a personas específicas, sino para que representen comportamientos usuales de cada grupo étnico y grupo de edad.

The Methodology Used to Assess Radiation Doses from the First Nuclear Weapons Test (Trinity) to the Populations of New Mexico (Metodología utilizada para evaluar las dosis de radiación de la primera prueba de armas nucleares [Trinity] recibida por las poblaciones de Nuevo México), por el doctor André Bouville y sus colegas

En la segunda publicación, redactada por el doctor Bouville y sus colegas, se describen los métodos usados para calcular las dosis de radiación que recibió la población de Nuevo México en 1945 por la prueba nuclear Trinity.

Calcularon la cantidad de radioactividad depositada en el suelo por 63 de los isótopos radioactivos más importantes que produjo la detonación. Para identificar los lugares adonde la lluvia radioactiva se depositó en el estado de Nuevo México, los científicos se basaron sobre todo en un mapa de depósitos radioactivos creado por la Oficina de Apoyo Nuclear del Servicio Meteorológico en Las Vegas (Nevada) y usaron mediciones directas de la emisión de radiación en el suelo recopilada por el Proyecto Manhattan en los días que siguieron a la prueba.

Los autores explicaron las estrategias de modelos para 13 maneras distintas de posible exposición de los habitantes. Entre estas, se incluyeron las siguientes: exposición a la lluvia radioactiva depositada en las horas y días posteriores a la detonación, inhalación de partículas radioactivas que cayeron al suelo o el polvo contaminado por la radiación, consumo de agua contaminada y consumo de nueve tipos comunes de comida.

No es posible hacer un cálculo confiable de las dosis de radiación internas recibidas en el pasado a partir de mediciones tomadas hoy en día. Por este motivo, los investigadores crearon modelos matemáticos para cada vía de exposición. Luego aplicaron estos modelos a grupos de población según las siguientes características: hombres y mujeres; cuatro grupos étnicos (blancos, hispanos, indígena americanos y afroamericanos); siete grupos de edad (antes de nacer o en útero, 0–1 año, 1–2 años, 3–7 años, 8–12 años, 13–17 años; adultos); tres tipos de ambiente geográfico (llanuras, montañas, combinación de llanuras y montañas); dos densidades de población (rural; urbana). En el análisis se incluyeron todos los condados de Nuevo México.

Para establecer modelos de exposición aplicables a cada grupo de población, los científicos usaron la información sobre alimentación y vivienda que la doctora Potischman y sus colegas obtuvieron en su estudio, además de los datos de informes y publicaciones sobre el movimiento de la lluvia radioactiva en el medio ambiente. Los autores también consideraron otros asuntos importantes sobre la exposición: la cantidad de radioactividad acumulada en la leche materna de las madres que amamantaban, y el transporte comercial de la leche vacuna de una a otra parte del estado. Este último factor fue importante para las personas que vivían, por ejemplo, en un área de exposición baja pero conseguían leche de una granja lechera o una tienda que recibía la leche de un área de exposición alta. Nuevo México, al igual que otros estados, desplazaba la leche de las áreas de consumo bajo a las áreas de consumo alto, aunque este movimiento comercial de los alimentos era más limitado en los años cuarenta que hoy en día.

Por último, los autores describen los métodos por los que calcularon la incertidumbre de cada dosis interna y externa.

Estimated Radiation Doses Received from the 1945 Trinity Nuclear Test (Dosis estimada de radiación recibida por la prueba nuclear Trinity de 1945), por el doctor Steven Simon y sus colegas

La publicación del doctor Simon y sus colegas presenta un cálculo aproximado de las posibles dosis de radiación a órganos específicos que las personas en Nuevo México recibieron por la prueba Trinity. Se informa sobre los hallazgos de los modelos de exposición descritos por el doctor Bouville y sus colegas que usaron los datos de alimentación y de otro tipo que se mencionan en la publicación de la doctora Potischman. Los investigadores calcularon las dosis recibidas en cinco órganos o tejidos con el mayor riesgo de cáncer por exposición radioactiva (tiroides, médula ósea activa en la leucemia, colon) tanto para hombres como mujeres de los cuatro grupos étnicos en todos los grupos de edad y en todos los condados. Se incluyeron datos para un órgano más, el pulmón, porque les interesaba conocer la probabilidad de cáncer de pulmón por la inhalación de los residuos radioactivos.

El equipo de investigación estudió el patrón de la lluvia radioactiva, los datos sobre la alimentación y los tipos de vivienda, y los modelos de la dosis para calcular la exposición durante el año después de la prueba Trinity, cuando se recibió la mayor parte de la dosis. Calcularon la dosis de exposición externa, que es la exposición recibida mientras se depositaba la lluvia radioactiva y, sobre todo, la lluvia radioactiva depositada en el suelo. También calcularon la dosis de la exposición interna, que es la exposición por el consumo de alimentos contaminados, incluso la leche materna y el agua potable, y por la inhalación del aire y polvo contaminados.

El equipo evaluó la dosis en cada uno de los cinco órganos por exposición externa e interna y demostró el aporte de cada categoría de alimento al total de dosis de radiación interna recibida. El proceso para calcular la dosis fue largo. Se hicieron más de 120 millones de cálculos para determinar las dosis en los órganos de todos los grupos de población en todos los condados de Nuevo México.

Salvo por la dosis en la tiroides, la mayor fuente de exposición por radiación externa fue la lluvia radioactiva en el suelo. El consumo de la leche vacuna fresca aportó la dosis de exposición interna más

grande en la tiroides, que fue el órgano que recibió las dosis más altas. Por lo común, el segundo aporte más grande a la dosis de exposición interna fue el consumo de vegetales de hoja en cultivo durante el momento en que se depositaba la lluvia radioactiva. En comparación, comer frutas y otros vegetales e inhalar la lluvia radioactiva fueron factores de exposición menos importantes para la dosis.

Debido a que el patrón de la lluvia radioactiva de Trinity tuvo variaciones considerables en las distintas partes del estado, el cálculo de las dosis en los órganos también fue diferente. Las dosis más altas se recibieron justo al noreste del lugar de la detonación y cerca del centro de la nube radioactiva de Trinity que se desplazó hacia el noreste.

Los autores destacan que hay muchas incertidumbres acerca de los resultados de la evaluación de algo que ocurrió hace tanto tiempo. Explican estas incertidumbres mediante cálculos estimativos de límites superiores e inferiores de dosis (es decir, un intervalo de incertidumbre) que son valores entre los que piensan que está la dosis real.

En su mayor parte, las exposiciones fueron más altas en los blancos e hispanos (más que nada por el lugar donde vivían), similares o más bajas en los afroamericanos, y más bajas en los indígenas americanos cuyas comunidades estaban en áreas del estado fuera del centro del patrón de la lluvia radioactiva. Recalcan que no es posible derivar la dosis para una persona específica porque no hay suficiente información para esto.

En los hallazgos se indica que la exposición a la radiación solo fue mucho más alta que la radiación de fondo en pequeñas áreas geográficas cerca del sitio de detonación que estaban en la dirección del viento. Aunque la mayoría de los condados tuvieron dosis de exposición externa de menos de 1 mGy (unidad de dosis absorbida), las dosis de exposición externa más altas en cualquier persona en uno o dos condados fueron de 100 mGy, después de tomar en cuenta la protección de las viviendas y la cantidad de tiempo que la gente solía pasar al aire libre en el verano. Las dosis de exposición más altas se habrían presentado en los condados de Tarrant y Guadalupe. En comparación, la dosis de radiación externa natural de fondo en Nuevo México es de 2 a 3 mGy por año, o sea entre 140 y 210 mGy de por vida para la mayoría de los adultos.

El doctor Simon y sus colegas también compararon las dosis recibidas de la prueba Trinity, la prueba de Nevada, y la lluvia radioactiva mundial (es decir, de las pruebas nucleares en otros países). En promedio, las dosis de exposición externas para todo el estado, grupos de edad y poblaciones para las tres fuentes fueron muy parecidas: 1,6 mGy (Trinity), 2,5 mGy (Nevada) y 1,1 mGy (mundial).

Por último, se compararon los patrones de lluvia radioactiva, que fue la base para el cálculo de la dosis, con un conjunto de datos independientes, que fueron placas de película radiográfica distribuidas en todo Nuevo México antes de la prueba Trinity. El doctor Simon y sus colegas hallaron que los datos de las placas de película radiográfica coincidían con los datos del patrón de lluvia radioactiva reconstruido, lo que dio más confianza a los investigadores sobre el patrón que usaron para el estudio.

Se incluyen cuadros detallados con los mejores cálculos aproximados de la dosis en cada uno de los cinco órganos para los siete grupos de edad, los cuatro grupos étnicos y en los 31 condados.

Projected Cancer Risks to Residents of New Mexico from Exposure to Trinity Radioactive Fallout
(Pronóstico de los riesgos de cáncer para los habitantes de Nuevo México en 1945 por la exposición a la lluvia radioactiva de Trinity), por la doctora Elizabeth Cahoon y sus colegas

La doctora Cahoon y sus colegas calcularon los posibles intervalos de exceso de riesgo de cáncer en todo el estado (es decir, el número de casos fuera de los casos normales esperados) que tal vez fueron a causa de

la exposición a la prueba de Trinity. Para este propósito, la doctora Cahoon y sus colegas se basaron en los cálculos de la dosis en los órganos que el doctor Simon presentó en su publicación. Llegaron a la conclusión de que era probable que algunos casos de exceso de riesgo de cáncer se debieron a la exposición a la lluvia radioactiva de Trinity pero el número es muy impreciso. Los casos de exceso de riesgo se limitarían a quienes estaban vivos en el momento de la prueba de Trinity ya que la exposición para quienes nacieron en los años posteriores sería demasiado pequeña para determinar casos adicionales. Además, los investigadores reconocen que, con el conocimiento científico y los datos disponibles en la actualidad, es casi imposible derivar la causa de cáncer o de otra enfermedad de una persona específica o decir con certeza que la radiación fue la causa principal.

Un problema importante para calcular y hacer proyecciones del número de casos de exceso de riesgo fue en parte que no había un registro de cáncer en Nuevo México antes de la prueba nuclear ni durante los 20 años después. El Registro de Tumores de Nuevo México se inició en 1966, pero aun así, pasaron varios años antes de que se completará un censo anual de los cánceres que surgían en todo Nuevo México. Por este motivo, no es posible saber con certeza si los índices de cáncer cambiaron en Nuevo México en las primeras décadas después de la prueba en comparación con los años anteriores a la prueba. Los investigadores se vieron obligados a calcular el índice de cáncer de fondo (valor inicial) que existía antes de la prueba de Trinity para cada uno de los cuatro grupos étnicos. Para esto, usaron los datos del registro de SEER del NCI de 1975 a 2015 y otras fuentes de datos históricas.

Los investigadores usaron el valor inicial estimado del índice de cáncer (el índice de casos de cáncer antes de la prueba de Trinity) y los datos de sensibilidad de cada órgano a la radiación, que determinaron mediante estudios de otras poblaciones expuestas a la radiación, como los sobrevivientes a las bombas atómicas en Japón.

Los autores indicaron que los tipos de cáncer y el porcentaje de cánceres atribuibles a la lluvia radioactiva de Trinity variaron según el condado en que vivía la población en 1945, en un patrón similar al patrón geográfico de la contaminación por la radiación. Se calculó que el mayor número de casos de exceso de cáncer se presentó en las personas que vivían en los cinco condados que recibieron los niveles más altos de exposición a lluvia radioactiva: Guadalupe, Lincoln, San Miguel, Socorro y Torrance.

Los autores señalan que calcularon el posible exceso de casos de cáncer según la reconstrucción de la dosis más detallada hasta la fecha y que usaron métodos epidemiológicos de eficacia comprobada. Sin embargo, también reconocen que hay muchas incertidumbres en cuanto al cálculo de las dosis y otros factores que forman parte de los modelos. En consecuencia, el cálculo del exceso de riesgo de cáncer relacionado con la radiación es impreciso. Por este motivo, los autores incluyen un intervalo de incertidumbre, que son valores entre los que piensan que está el número real de excesos de cáncer. La incertidumbre del intervalo indica que es improbable que el número de posibles cánceres a causa de la prueba Trinity sea cero, pero también es improbable que sea mayor que el límite superior que la doctora Cahoon y sus colegas describen en la publicación (alrededor de 1000 casos para todos los tipos de cáncer en los últimos 75 años). Según el tipo de cáncer, el cáncer de tiroides tenía la mayoría de los casos atribuibles a la exposición a la radiación. Esto es porque la tiroides es el órgano del cuerpo donde se concentran más derivados radioactivos, que en este caso fue el I-131 (yodo radioactivo).

The Likelihood of Adverse Pregnancy Outcomes and Genetic Disease (Transgenerational Effects) from Exposure to Radioactive Fallout from the 1945 Trinity Atomic Bomb Test (Probabilidad de desenlaces adversos del embarazo y enfermedad genética [efectos intergeneracionales] por la exposición a la lluvia radioactiva de la prueba de la bomba atómica de Trinity en 1945), por el doctor John Boice

La publicación del doctor Boice examinó los datos de desenlaces adversos del embarazo después de la exposición a la radiación y las pruebas de inicio de enfermedades genéticas (es decir, en la segunda generación o en generaciones posteriores) que podrían afectar a los descendientes.

El doctor Boice examinó los informes publicados de estudios de incidencia de cáncer en otras poblaciones de Nuevo México expuestas a la radiación por distintas fuentes. Entre estas poblaciones se encuentran las que vivían cerca de establecimientos como el Laboratorio Nacional Los Álamos y la fábrica de uranio en Grants (Nuevo México). El doctor Boice estudió los casos de cáncer en las generaciones sucesivas de varios grupos, como los ex militares y los científicos que participaron en la prueba Trinity. También analizó los efectos intergeneracionales en otras poblaciones diversas expuestas a la radiación, que incluyó a quienes vivían en áreas con una concentración natural alta de radiación de fondo o cerca de centros nucleares. Además, en el análisis se examinaron los efectos intergeneracionales en los siguientes grupos: descendientes de sobrevivientes de cáncer que eran niños, adolescentes o adultos jóvenes que recibieron radioterapia; descendientes de sobrevivientes de la bomba atómica en Japón; descendientes de trabajadores expuestos a radiación.

El doctor Boice llegó a la conclusión de que no hay pruebas que indiquen que hubo efectos intergeneracionales como resultado de la exposición a la lluvia radioactiva de la prueba Trinity ni tampoco de cualquier otra exposición a la radiación en la historia. Las conclusiones relacionadas con la prueba Trinity se fundamentaron en tres motivos principales: Primero, en todos los estudios integrales de gran escala de poblaciones expuestas, no se demostraron efectos genéticos en los niños cuyos padres estuvieron expuestos. Segundo, las dosis aproximadas de Trinity, según la publicación sobre el cálculo de dosis, son más bajas que las dosis recibidas de acuerdo con otros estudios de poblaciones, como los sobrevivientes de las bombas atómicas en Japón, en los que no se observaron efectos intergeneracionales. Tercero, no hubo pruebas de aumentos en los índices de cáncer en los científicos, militares y profesionales que participaron en la prueba Trinity y en otras pruebas de armas nucleares. Estas personas recibieron dosis mucho más altas que los habitantes de Nuevo México que se encontraban en la dirección del viento cerca del sitio de la prueba Trinity.

Los hallazgos generales de este informe coincidieron con los artículos científicos publicados, en los que se señala que los efectos intergeneracionales no ocurren o, como mucho, son tan poco frecuentes que no se observan efectos definitivos. Por este motivo, se piensa que los efectos intergeneracionales de la prueba Trinity son sumamente improbables.

Accounting for Unfissioned Plutonium from the Trinity Atomic Bomb Test (Método para calcular el plutonio sin fisión de la prueba Trinity de la bomba atómica), por el señor Harold Beck y sus colegas

En la publicación del señor Beck y sus colegas se calcula la cantidad, la distribución y las repercusiones del plutonio sin fisión de la prueba Trinity que se acumuló en la dirección del viento cerca del sitio de la prueba Trinity. Como Trinity fue la primera prueba nuclear, hubo limitaciones de diseño que hicieron que la transformación del plutonio en la explosión nuclear (por fisión o separación de los átomos de plutonio) no fuera muy eficaz. Por lo tanto, la mayor parte del plutonio en el dispositivo no pasó por fisión nuclear y solo se convirtió en parte de la lluvia radioactiva. El plutonio sin fisión primero se evaporó en el calor intenso de la bola de fuego de la prueba. Al enfriarse después, formó partículas que se depositaron en la dirección del viento cerca del sitio de la prueba con el resto de los desechos radioactivos que surgieron de la explosión. La cantidad de plutonio sin fisión que contaminó Nuevo México ha sido un tema de

preocupación para los habitantes del estado, en particular, para quienes viven cerca del sitio de la prueba.

Con los datos publicados sobre las mediciones de muestras de suelo recogidas a lo largo de muchos años después de la prueba, el señor Beck y sus colegas calcularon la distribución geográfica del plutonio sin fisurar en todo el estado. Llegaron a la conclusión de que era probable que el 80 % del plutonio sin fisurar se había acumulado dentro del estado de Nuevo México, en su mayor parte, en un área pequeña de 30 a 100 km en la dirección del viento cerca del sitio de la prueba. En la publicación, el señor Beck y sus colegas presentan un mapa de la acumulación derivada del plutonio en 1945 que se parece a la forma y las características del mapa de lluvia radioactiva presentado por el doctor Simon y sus colegas creado con las mediciones históricas de la lluvia radioactiva.

El señor Beck y sus colegas calcularon que incluso en las áreas donde cayó la mayor cantidad de plutonio sin fisurar, la concentración de plutonio en la capa superior del suelo (es decir, la capa con mayor probabilidad de contaminar a las personas que estaban cerca) fue más baja que la concentración de 1977, que requería tomar medidas de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Esto significa que la concentración en la superficie del suelo estaba por debajo de la concentración para la que se exige actuar para proteger la salud. Además, el señor Beck y los coautores de la publicación explican que, a lo largo de los años siguientes, la concentración de plutonio en la superficie del suelo disminuyó por los procesos naturales continuos que pasan la contaminación a capas del suelo más profundas.

Los investigadores concluyeron que las cantidades que se acumularon al comienzo en cada sitio fueron menores a las cantidades para las que normalmente la EPA exige medidas de descontaminación y que, por lo tanto, es improbable que causaran riesgos de salud significativos a la población que vivía en la dirección del viento. Debido a que las concentraciones en la superficie del suelo son alrededor del 30 % de las que existían justo después de la detonación, los investigadores concluyeron que el plutonio de hoy es mucho menos peligroso que décadas atrás.