

# MEMORIA TÉCNICA ARN 2022

## CONTENIDO

### TOMO 1

#### PARTE I

#### Presentaciones y trabajos expuestos en Congresos, Seminarios, Reuniones, Simposios y Conferencias

GENDER EQUALITY IN THE NUCLEAR WORKPLACE. <i>Advancing Women in Safeguards</i> Acosta, G.M. and Renedo, F.L.	3
DESCENT OF THE PARANÁ RIVER. SAFETY MEASURES FOR ATUCHA NPPS Benito, J.A.	11
CHALLENGES TO FACE FOR SOME COUNTRIES TO IMPLEMENT A CIRCULAR ECONOMY Canoba, A.C.	31
THE APPLICATION OF THE ICRP SYSTEM TO NORM IN INDUSTRIAL PROCESSES Canoba, A.C.	41
VALORIZATION OF NORM RESIDUES: CHALLENGES TO FACE FOR SOME COUNTRIES TO IMPLEMENT A CIRCULAR ECONOMY Canoba, A.C.	65
LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ICRP A LOS PROCESOS INDUSTRIALES ASOCIADOS CON NORM Y LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA EN RELACIÓN A LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL Canoba, A.C.	79
ISSUES IN THE IMPLEMENTATION OF NEW RADON DOSE COEFFICIENTS Canoba, A.C.	107
POSICIÓN DEL FORO SOBRE GESTIÓN DE RADIONUCLEIDOS NATURALES Canoba, A.C.	117
EL ACCIONAR REGULATORIO ANTE EL HALLAZGO DE FUENTES HUÉRFANAS Cateriano, M.; Lodise, V. y Alonso, M.T.	135
EARLY CONCEPTION OF AN UNATTENDED MONITORING SYSTEM FOR SPENT FUEL TRANSFERS TO DRY STORAGE AT ATUCHA 1 NUCLEAR POWER PLANT Díaz, G.; Villamayor, R.; García Fraga, V.; Moreira, M.; Dias, F.; Bonino, A.; Fernandez Moreno, S. and Vaz de Araujo, A.M.	145
INICIATIVAS DE LA ARN PARA PROMOVER LA DIVERSIDAD DE GÉNERO EN EL SECTOR NUCLEAR Y LAS SALVAGUARDIAS Di Giorgio, M.	157
IRPA TASK GROUP WOMEN IN RADIATION (WiR) <i>Una perspectiva de género para el fortalecimiento de la protección radiológica</i> Di Giorgio, M.	167
UNA MIRADA DESDE LA AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR DE ARGENTINA Di Giorgio, M.	175

RADIOLOGICAL EMERGENCIES RESPONSE AND INFORMATION TO THE PUBLIC: TWO CHALLENGES, ONE COMMITMENT Duarte, M.L. and Truppa, W.A.	185
EJERCICIO VIRTUAL DE APLICACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA NUCLEAR CNA-2021 EN CONTEXTO DE PANDEMIA Esperanza, V.; Rodríguez, M.; Barone, M.; Truppa, W.; Segato, A. y Cateriano Rodriguez, M.	197
DEALING WITH THE PRESENCE OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN CONSUMER GOODS Ermacora, M. and Canoba, A.C.	207
VERIFICACIÓN DE LA NORMA 10.6.1 “SISTEMA DE GESTIÓN PARA LA SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES Y PRÁCTICAS” EN INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS CON CICLOTRÓN Espósito, M.; Maggiolo, A. y Rabi, G.	227
PARTICIPATION OF LATIN AMERICAN NUCLEAR MEDICINE CENTRES IN A STRATEGY TO SUPPORT INDIVIDUAL ON-SITE MONITORING OF INTERNAL EXPOSURE TO I-131 Galarza, M.C.; Puerta, N. and Cabitto, M.	233
DESAFÍOS INESPERADOS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA <i>Sucesos globales presentan retos nuevos para nuestra profesión</i> González, A.J.	239
FUSION: DO THE IAEA SAFETY STANDARDS APPLY? González, A.J.	331
CODES OF CONDUCT ON RADIATION & NUCLEAR SAFETY & SECURITY: GENESIS & PROSPECTIVE González, A.J.	361
PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA EXPOSICIONES OCUPACIONALES A LA RADIACIÓN IONIZANTE: GÉNESIS, EVOLUCIÓN, CONSOLIDACIÓN Y DESAFÍOS González, A.J.	431
PERSPECTIVAS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA SITUACIONES DE EXPOSICIÓN EXISTENTES González, A.J.	507
A BASE DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES: DESAFIOS FUTUROS González, A.J.	561
EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A BAJAS DOSIS Y BAJAS TASA DE DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE: ATRIBUCIÓN DE EFECTOS EN LA SALUD, INFERENCIA DE RIESGOS E IMPUTACIÓN DE DAÑO González, A.J.	647
COMPARACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES Y LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES: DOS UNIVERSOS DIFERENTES Touzet, R. and González, A.J.	797

## TOMO 2

ORIGINS AND FUTURE OF RADIATION PROTECTION González, A.J.	809
RESPONDING TO THE REGULATORY SAFETY CHALLENGES FOR NEW REACTOR TECHNOLOGIES González, A.J.	883

RADIOACTIVITY IN GOODS SUPPLIED FOR PUBLIC CONSUMPTION OR USE: TOWARDS A SYNTHESIS OF AN INTERNATIONALLY HARMONIZED REGULATORY FRAMEWORK González, A.J.	931
IMPUTABILIDAD LEGAL DE DAÑO EN LA SALUD POR EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN: UN DESAFÍO IRRESUELTO González, A.J.	975
RADIATION CONCEPTS González, A.J.	1027
ATTRIBUTION OF EFFECTS VIS-À-VIS INFERENCE OF RISK González, A.J.	1093
INTERNATIONAL SAFETY REGIME González, A.J.	1117
ACCIDENTS González, A.J.	1157
HEALTH RISKS OF IONIZING RADIATION González, A.J.	1229
EVOLUCIÓN DEL PARADIGMA DE PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE Y LA SEGURIDAD DE FUENTES DE RADIACIÓN González, A.J.	1315
ARGENTINIAN REGULATORY CRITERION PROPOSAL FOR MISSION TIME IN EVENTS TREES FOR L1 PSA FOR NEW NUCLEAR POWER REACTORS Carlin Llorente, F.J. and Torano, P.N.	1433
MONITOREO EN INSTALACIONES DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR EN ARGENTINA López Canton, F.; Martiri, L.; Michelli, M.V. y Saavedra, A.	1443
DEVELOPMENT AND APPLICATION OF INDICATORS FOR THE ASSESSMENT OF RADIATION SAFETY SYSTEMS IN RADIOPHARMACEUTICALS PRODUCTION FACILITIES WITH CYCLOTRON Maggiolo, A.; Espósito, M.; and Rabi, G.	1449
ENFOQUE GRADUADO EN EL CONTROL REGULATORIO DE LAS INSTALACIONES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR EN ARGENTINA Martiri, L.; López Canton, F. y Saavedra, A.	1453
DESARROLLO PRELIMINAR DE UN MODELO TERMOHIDRÁULICO DE UNA FACILIDAD EXPERIMENTAL TIPO PWR POR MEDIO DEL CÓDIGO TRACE5 Messiga, J.P.; Troparevsky, M.I. y Corzo, S.F.	1467
DETERMINACIÓN DEL POLIMORFISMO GENÉTICO INDUCIDO POR RADIACIONES IONIZANTES EN LA PLAGA TUTA ABSOLUTA Yusef, M.V.; López, S.N.; Michelin, S.C. y Solís, A.	1479
REGULATORY CONTROL AT THE CONSTRUCTION STAGE OF A RADIOPHARMACEUTICALS PRODUCTION FACILITY WITH CYCLOTRON IN THE CONTEXT OF COVID-19 PANDEMIC Rabi, G.; Maggiolo, A. y Espósito, M.	1483
REGULATORY FRAMEWORK ADOPTED BY THE NUCLEAR REGULATORY AUTHORITY OF ARGENTINA FOR THE LICENSING OF THE ARGENTINE CENTER OF PROTON THERAPY AND PROGRESS ACHIEVED Rabi, G. and Martiri, L.	1495
FORESEEING REGULATORY STRATEGIES TO STRENGTHEN OCCUPATIONAL RADIATION PROTECTION Rojo, A.M.	1503

ENHANCING GENDER EQUALITY IN NUCLEAR SECURITY REGULATION Roston, V.	1517
THE ARGENTINE SUPPORT PROGRAMME. <i>PAST, PRESENT AND FUTURE</i> Serrano Bentancour, A.; Acosta, G.M.; Díaz, G. and Villamayor, R.	1525
ARGENTINE EXPERIENCE IN THE LICENSING OF CAREM 25 PROTOTYPE REACTOR Torano, N. and Ibarra, V.	1535
RESPUESTA RADIOLÓGICA E INFORMACIÓN PÚBLICA. <i>DOS DESAFÍOS, EL MISMO RETO</i> Truppa, W.A.; Vazquez, M.; Cateriano, M.; Rodríguez, M.; Segato, A.; Pailos, E.; Esperanza, V.; Barone, M.; Brulc, B.; Perl, M.; Porchia, B.; Arias, M.; Duarte, M.L. y Navarro, N.	1545
INTEGRACIÓN DE LA RESPUESTA RADIOLÓGICA EN EL DESARROLLO DE LOS PLANES DE EMERGENCIA Truppa, W.A.; Vazquez, M.; Cateriano, M.; Rodríguez, M.; Segato, A.; Pailos, E.; Esperanza, V.; Barone, M.; Brulc, B.; Perl, M.; Porchia, B. y Arias, M.	1557
MARCO NORMATIVO REGULATORIO. <i>BASES Y EVOLUCIÓN</i> Valentino, L.	1563
CAPACITACIÓN VIRTUAL: CONCEPTOS BÁSICOS EN INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS Y NUCLEARES. ADAPTÁNDONOS A NUEVOS ESCENARIOS Y NECESIDADES Vázquez, M.; Di Giorgio, M.; Discacciatti, A.; Puerta Yepes, N.; Rearte, J.; Gossio, S.; Truppa, W.A.; Rodríguez, M.; Martínez, X.; Zyngiel, A.; Cascon, A.; González Redondo, H.; Poccioni, C.; Pérez de Antueno, M.; Ovejero, M.; Cuiulli, J.M.; Núñez, C.; Ruiz, E.; y Portas. M.	1601
SAFEGUARDS IMPLEMENTATION IN ARGENTINA DURING COVID-19 PANDEMIC Villamayor, R.; Díaz, G.; García Fraga, V. and Giordano, L.	1611

## PARTE II

### Resúmenes de publicaciones en revistas científicas y técnicas

SPECTRAL LINE SHIFT OF BALMER AND PASCHEN IONS BY SELF-CONSISTENT METHODS Aguiar, J.C. and Di Rocco, H.O.	1621
LEGAL IMPUTATION OF RADIATION HARM TO RADIATION EXPOSURE SITUATIONS González, A.J.	1622
IMPUTACIÓN LEGAL DE DAÑO POR RADIACIÓN A SITUACIONES DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN González, A.J.	1623
ETHICAL, LEGAL, SOCIAL AND EPISTEMOLOGICAL CONSIDERATIONS OF RADIATION EXPOSURE González, A.J.; et ál.	1624
MONTE CARLO CALCULATION OF ORGAN AND EFFECTIVE DOSES DUE TO PHOTON AND NEUTRON POINT SOURCES AND TYPICAL X-RAY EXAMINATIONS: RESULTS OF AN INTERNATIONAL INTERCOMPARISON EXERCISE Huet, C.; Eakins, J.; Zankl, M.; Gómez Ross, J.M.; Gossio, S.; et ál.	1625
RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES Vazquez, M.; Puerta Yepes, N.; Taja, M.E.; Cortez, A.E.; et ál.	1626
LISTADO DE AUTORES	1629

## **PARTE I**

**Presentaciones y trabajos expuestos  
en Congresos, Seminarios,  
Reuniones, Simposios y Conferencias**



# Gender Equality in the Nuclear Workplace

*Advancing women in safeguards*

Acosta, G.M. and Renedo, F.L.

Presentado en: 14º Simposio sobre "Salvaguardias Internacionales: Reflexionando sobre el pasado y anticipando el futuro" del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Viena, Austria, 31 de octubre al 4 de noviembre de 2022





# **GENDER EQUALITY IN THE NUCLEAR WORKPLACE**

## *Advancing women in safeguards*

GABRIELA MARÍA ACOSTA  
Nuclear Regulatory Authority  
Buenos Aires, Argentina  
Email: gacosta@arn.gob.ar

FLORENCIA LARA RENEDO  
Nuclear Regulatory Authority  
Buenos Aires, Argentina  
Email: frenedo@arn.gob.ar

### **Abstract**

Despite the international efforts to promote gender equality and to improve its balance in the nuclear sector, women remain underrepresented, particularly in leadership positions. This state of affairs, deepened by the absence or low visibility of female role models, also affects the field of nuclear safeguards.

At the national level, the Nuclear Regulatory Authority (ARN) of Argentina – organization dedicated to the regulation and control of the nuclear activity in the areas of radiological and nuclear safety, physical protection and nuclear security, and safeguards and nonproliferation - has carried out a series of actions to address the issue. This paper describes the recent efforts of the ARN in gender and diversity affairs and focuses on the project designed in 2021 with the support of CRDF Global within the framework of the program “Building Networks among Women to Share Best Practices and Experience Working in Nuclear Security and Nonproliferation”.

The project was aimed at enhancing the visibility of women in nonproliferation (with a focus on safeguards) and their concrete contributions at the national and international level; inspiring young women to enter and/or remain in the nonproliferation field; and encouraging the promotion of women at different levels of management and leadership positions. It consisted of a virtual panel discussion -titled “Argentine Women in Nuclear Nonproliferation. Representation and Leadership”-, in-depth interviews with female Argentine leaders in the subject, a series of exchanges with specialists from the nuclear sector, and the development of a manual of female role models.

As a result of a collaborative work with ARN’s key partners, the project highlighted the value and contributions that women make to safeguards and nonproliferation, possible career pathways to pursue, the past and current barriers/challenges women face in the nuclear sector, and ideas to address them.

### **1. INTRODUCTION**

The Nuclear Regulatory Authority (ARN) is an autarchic agency within the jurisdiction of the National Presidency with federal competence to regulate and control the nuclear activity on radiological and nuclear safety, physical protection, safeguards and nuclear nonproliferation matters. It also advises the State powers on issues under its responsibilities.

In 1997, the ARN was created by the National Nuclear Activity Act (Law No. 24.804) as an independent entity of any organization dedicated to the use or the promotion of nuclear energy in any of its forms, with the ultimate goal of protecting the people and the environment from the potential harm of ionizing radiations. As national authority in safeguards, the ARN has the goal of ensuring that nuclear activities are carried out exclusively for peaceful purposes.

The ARN is provided with sufficient authority, competence and financial and human resources to fulfil its assigned responsibilities [1]. ARN has 371 employees, 80% devoted to technical and regulatory activities and 20% to administrative and support areas. The agency’s workforce is 44% female, 51% of them have a job profile related to the regulatory branches while the remaining 49% perform their jobs in administrative areas. In safeguards, women represent 10% of the staff, including inspectors, analysts and referents. As it can be concluded, women are still underrepresented in this area.

## 2. GENDER POLICIES AT ARN

Despite the efforts to promote gender equity and improve balance in the nuclear field -through initiatives such as UN Women [2], International Atomic Energy Agency [3], and Nuclear Energy Agency [4][5]- women remain underrepresented, particularly in leadership positions. This situation, evidenced in international forums on disarmament and nuclear nonproliferation, is fed back and deepened by the absence or low visibility of female role models [6][7].

Argentina has a strong commitment to gender equity and to the political, social and economic empowerment of women, being a priority on the public policy agenda and in foreign policy [8]. Argentina also recognizes the fundamental role of women as agents of change to achieve sustainable development [9].

The Argentine nuclear sector is characterized by its maturity and high level of development, but also by a long journey in terms of gender equality and equity. As an example, female professionals have been pioneers in holding relevant and leadership positions and in exercising key roles for more than thirty years in the field of national and regional safeguards and nonproliferation. Despite this, the current figures show that out of a total of 9,469 (100%) people working in the Argentine nuclear sector, only 2,137 (27%) are women. Also, the data shows a strong vertical segregation, because only 20% to 25% of the leadership positions (executive positions, directorships and management) are headed by women [10].

Although in recent years concrete steps have been taken towards gender equality and equity in the Argentine nuclear sector, including regulation, there is still much work to be done in terms of representation, participation and equal opportunities.

To this end, the ARN is working in coordination with the [National Ministry of Women, Gender and Diversity](#) for the signing of a Framework Cooperation Agreement that will allow the ARN to develop an institutional framework on gender, equity and diversity policies, develop tools to deal with and prevent situations of gender violence and design and implement a comprehensive training plan on gender perspective, diversity and gender-based violence and harassment. The consolidation of these objectives is aligned with the ARN's Strategic Plan 2021-2025[11].

ARN's strong commitment to gender equality can be seen in a number of actions. Since 2019, the ARN Delegation-Commission for Equal Opportunities and Treatment (CIOT, for its acronym in Spanish) has been working to improve labor relations and promote actions for equal opportunities and treatment in the institution. Within this framework, it stands out the Protocol of Action, Guidance, Approach and Eradication of Gender Violence in force for the whole National Public Administration of Argentina. ARN staff conducted training on Law 27.499 – “Micaela Law”, on mandatory gender training for all the employees of the three branches of government; in addition, training has been provided on gender-related topics related to the Access and Permanence of Travesties, Transsexuals and Transgenders in the National Public Sector, and on gender violence awareness, among others.

It is important to note that the ARN expresses its commitment to gender equality in the various forums in which it participates, through its statements and the active contribution of its agents in conferences, symposiums and workshops, and also by promoting such events. It is worth highlighting that ARN encourages well qualified women to participate and be represented at the national and international level. As an example, numerous female members of international regulatory committees<sup>1</sup>.

Regarding gender initiatives, the ARN has established and strengthened links with different organizations, associations and institutions to achieve gender equality at national and international level. In this regard, the ARN maintains active participation in activities associated with Women in Nuclear (WiN) Argentina and WiN Global, the Nuclear Energy Agency (NEA) Task Group on Improving Gender Balance, the

---

<sup>1</sup> Currently, they contribute to the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) and the International Commission on Radiological Protection (ICRP); they serve on the 5 Safety Standards Committees of the International Atomic Energy Agency: the Radiation Safety Standards Committee - RASSC-, Nuclear Safety Standards Committee -NUSSC-, Waste Safety Standards Committee -WASSC-, Transport Safety Standards Committee -TRANSCC-, and Emergency Preparedness and Response Standards Committee - EPreSC and the Nuclear Security Guidance Committee -NSGC-; and participate in other expert groups such as the Standing Advisory Group on Safeguards Implementation -SAGSI-, the International Nuclear and Radiological Event Scale Advisory Committee -INES AC- and the International Expert Group on Nuclear Liability -INLEX-.

International Gender Champions Impact Group on Gender Equality in Nuclear Regulatory Agencies, and the International Atomic Energy Agency. It is also involved in gender activities at the bilateral level with key partners.

### 3. PROJECT “NONPROLIFERATION. WOMEN, LEADERSHIP AND NETWORK IN ARGENTINA”

As part of the activities on gender issues and considering the singularities of the Argentine experience, the ARN designed a project with the objective of improving the visibility of women in the nuclear nonproliferation field and their concrete contributions at the national and international level, inspiring young women to enter and/or remain in this field, and encouraging a better and greater representation of women at different levels of management and in leadership positions [12]. The ARN executed this project between the months of August and December 2021, with the support of CRDF Global -through Global Affairs Canada-, in the framework of the program "Building Networks Among Women to Share Best Practices and Experience Working in Nuclear Security and Nonproliferation".

To meet the proposed goals, the threefold project included: 1) in-depth interviews to three Argentine leaders in the field of safeguards and nonproliferation, 2) an interactive virtual roundtable titled “Argentine Women in Nuclear Nonproliferation. Representation and Leadership”, 3) and a series of exchanges with specialists from the nuclear sector. The deliberations on the different topics addressed and the conclusions drawn were then reflected in the manual of female role models titled "Nuclear Nonproliferation. Women, leadership and networks in Argentina", which is the result of a collaborative and plural work of representatives of the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials (ABACC), the Directorate of International Security, Nuclear and Space Affairs of the Argentine Foreign Ministry, the ARN, WiN Argentina and WiN Global.

#### 3.1 Interviews

To counteract the female underrepresentation trend, it was considered crucial to recognize the significant role that women play in the Argentine nuclear activity, highlight their stories and professional trajectories, and offer inspirational examples.

Hence, ARN conducted in-depth interviews to the first woman Secretary of ABACC, Ms. Elena Maceiras; to Minister Gabriela Martinic, then Director of International Security, Nuclear and Space Affairs of the Argentine Foreign Ministry and the second woman to hold that position; and to Ms. Sonia Fernández Moreno, ABACC's Planning and Evaluation Officer and Secretary of the Ibero-American Forum of Radiological and Nuclear Regulatory Agencies (FORO), an Argentine pioneer in international safeguards.

Based on their testimony, a journey through a series of topics was proposed: their professional careers, their motivations, successes and challenges, the importance of education, training and mentoring for the development of the profession, the impact on the work of assuming family care responsibilities, their perceptions on gender balance, visibility, representation and leadership of women in the nuclear field and some practical advice. A summary of these interviews was included in the manual under chapter (3) “Women who inspire. Vocation, training and public management”.

#### 3.2 Virtual panel discussion

On October 14, 2021, ARN hosted the panel discussion “[Argentine Women in Nuclear NonProliferation. Representation and Leadership](#)”, in virtual format –due to COVID-19 restrictions-, which was open to the nuclear sector, the academia and the general public.

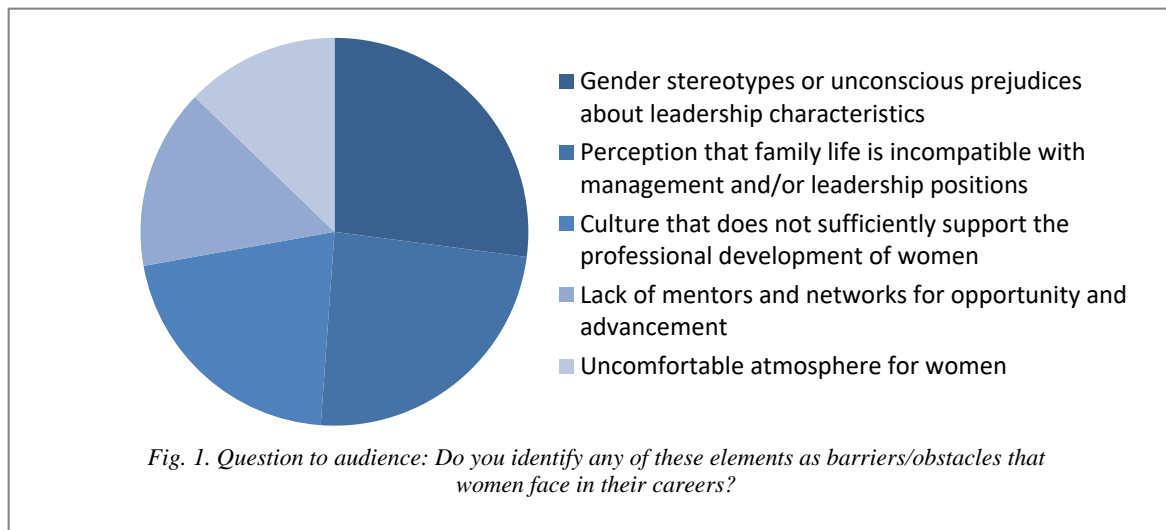
The discussion developed four main axes to address gender balance in the nuclear sector, through the unique stories and experiences of the three convened leaders: 1) Career paths: this panel covered the choice of education and career, the existence (or not) of mentors and role models, and the specific training needed to develop a career in the nuclear sector; 2) Obstacles: the panelists were asked about work-life balance, challenges and opportunities, and obstacles experienced throughout their career; 3) Representation and leadership: some of the topics were women's representation in the industry and in national and international forums, management and leadership in the Argentine nuclear field, gender balance and parity, and leadership experience; 4) Way forward

and practical advice: it discussed the gender initiatives in the nuclear field and networks, and panelists gave advice for institutions and women in nonproliferation.

The event allowed for the interaction among panelists, moderators and the public to carry out surveys to elaborate a qualitative and quantitative diagnosis of gender equality in the nuclear sector. Two of the surveys were aimed at identifying barriers and obstacles faced by women in their careers, and on female leadership; and the third one sought to know the perception of the participants on the representation and visibility of women in the nuclear sector. At the end of the event, a final survey was conducted using the online Word Cloud tool to ask attendees about the topics of their interest. Attendees expressed some of the following key concepts, including: sorority, safeguards, leadership, women’s networks and underrepresentation.

The most outstanding results are those that the attendees identified as barriers or obstacles faced by women in their professional careers, being the three most relevant: gender stereotypes or unconscious prejudices about leadership characteristics (72%); perception that family life is incompatible with management and/or leadership positions (64%); culture that does not sufficiently support the professional development of women (56%) (Fig. 1). A very high perception was positively observed regarding the possibilities of carrying out actions to promote gender equality from each workplace (96%). Nevertheless, there was a lack of knowledge of a key concept in gender mainstreaming, "intersectionality", of which only 20% said to be familiar with.

These results were thoroughly considered and also included in the manual with the corresponding possible actions towards gender equality in the nuclear sector.



It is worth noting that the event was attended by 100 participants<sup>2</sup> (including regulators, nuclear licensees, diplomats, researchers, students); of which 77% identified themselves as women. Based on the number of registrations and participants, the debate was considered to be of general interest and, bearing in mind the participation of decision makers in the event (including the highest authorities and management level staff of the most important nuclear organizations in Argentina) as a useful platform for the discussion of gender issues and the implementation of subsequent concrete actions in the various institutions.

### 3.3 Manual “Nuclear nonproliferation. Women, leadership and network in Argentina” (Fig. 2)

From a series of exchanges between specialists in the nuclear sector, the ARN developed a manual of female role models in safeguards and nonproliferation. It included a diagnosis on women in the Argentine nuclear sector; the gender policies of the ARN (as promoter of the project); the chapter "Professional career in nuclear nonproliferation. A look from the inside", based on the voice of three young professionals with outstanding careers in nonproliferation; a summary of the interviews and the virtual panel; and a discussion of the challenges identified in the exchange process together with suggested actions.

<sup>2</sup> 89 from Argentina, 10 from countries in the region and one international observer.

The manual was written in Spanish, but it is projected to be translated into Portuguese and English to reach a wider regional and international community, and published both online and in print in order to maximize reachability to relevant organizations.

Within ARN, the manual is and will be used as a tool to for promoting gender equality in the workplace and will be shared it in relevant fora as a concrete action towards it.

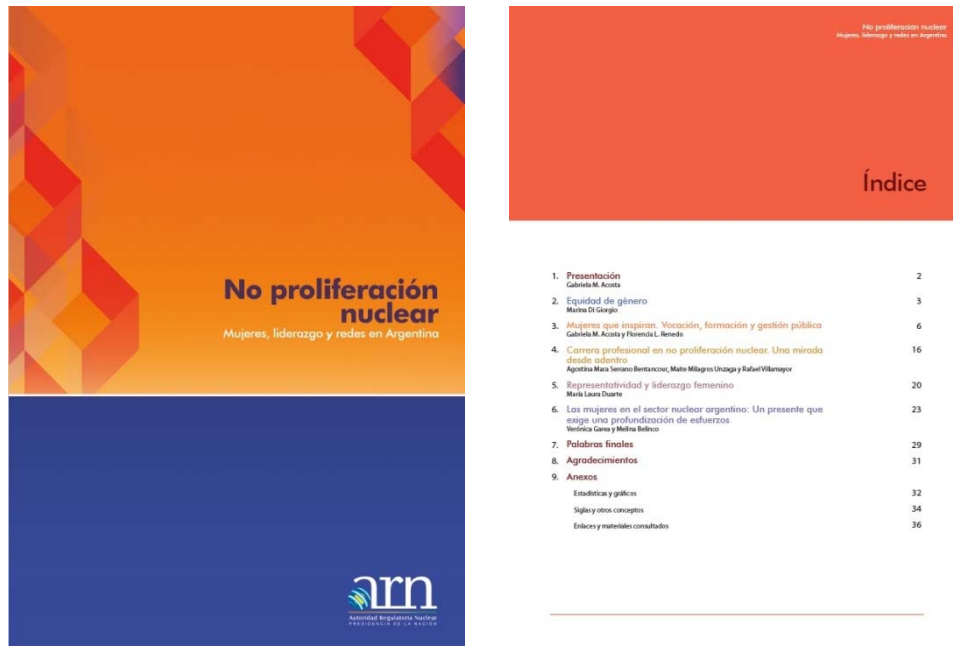


Fig. 2 Manual “Nuclear nonproliferation. Women, Leadership and Network in Argentina”

#### 4. CONCLUSIONS

The Nuclear Regulatory Authority of Argentina -the national authority responsible for safeguards implementation in the country- has a strong commitment to gender equality and equity. In this sense, the ARN promoted the realization of a project that would make it possible to achieve three objectives as follows:

-Increase the visibility of women in safeguards and nonproliferation and their concrete contributions at the national and international level: considering the lack of data is part of the process of invisibility of women and the role they play, a diagnosis of women in the nuclear sector was presented during the virtual discussion. Quantitative data on women's participation in the field was shared together with qualitative information (account of the trajectories of female leaders and their concrete experiences). More detailed information was included in a chapter of the manual which narrates experiences from a first-person perspective.

-Inspire young women to enter and/or remain in the field of safeguards and nonproliferation: the goal was attained by bringing the nuclear and academic community closer to successful female professionals to learn about different possible career paths and to exchange ideas and questions. A specific chapter on possible careers in nuclear nonproliferation was also included in the manual.

-Encourage the promotion of women at different levels of management and leadership positions: it was decided to show concrete female models to emphasize the message that it is possible and desirable to occupy higher positions and achieve a gender-balanced status. To provide possible ways to implement concrete measures towards the goal, it was planned to engage authorities through the roundtable and later with the manual.

In conclusion, the project highlighted the value and contributions that women make to safeguards and nonproliferation, the importance of sustaining human and technical capabilities and developing possible professional careers in these fields, the past and current barriers/challenges for women in the nuclear sector and possible solutions to address them in the immediate future. In this sense, it is hoped that the manual of female models in safeguards and nonproliferation -the first of its kind- will be replicated in other areas of the nuclear activity, stimulate reflection and serve as a tool for collective transformation to achieve gender equality in the nuclear science and technology field in Argentina.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our deepest appreciation to those who contributed to the project “Non-Proliferation. Women, leadership and network in Argentina”, in 2021.

## REFERENCES

- [1] SERRANO BENTANCOUR, A., ACOSTA, G.M., Enhancing SSAC’s capabilities - The Nuclear Regulatory Authority experience, Symposium on International Safeguards: Building Future Safeguards Capabilities. IAEA, Vienna, Austria (2018).
- [2] UNITED NATIONS ORGANIZATION. 17 Sustainable Development Goals (2021). <https://sdgs.un.org/es/goals#goals>
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. La cuestión de género en el OIEA (s.f.). <https://www.iaea.org/es/el-oiea/la-cuestion-de-genero-en-el-oiea>
- [4] NUCLEAR ENERGY AGENCY. Improving the gender balance in nuclear energy (2021). [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_55751/improving-the-gender-balance-in-nuclear-energy/](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_55751/improving-the-gender-balance-in-nuclear-energy/)
- [5] NUCLEAR ENERGY AGENCY. Public Survey. Women in the Nuclear Energy Sector (2021). [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_59676/public-survey-women-in-the-nuclear-energy-sector#toc\\_2](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_59676/public-survey-women-in-the-nuclear-energy-sector#toc_2)
- [6] MYRTTINEN, HENRI. Connecting the Dots: Arms Control, Disarmament and the Women Peace and Security Agenda (2020). <https://doi.org/10.37559/GEN/202/01>
- [7] HESSMANN DALAQUA, R. ET AL. Still Behind the Curve. United Nations Institute for Disarmament Research (2019). <https://unidir.org/publication/still-behind-curve>
- [8] MINISTERIO DE MUJERES, GÉNEROS Y DIVERSIDADES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (s.f.). <https://www.argentina.gob.ar/generos>
- [9] AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR. No proliferación Nuclear – Mujeres, Liderazgo y redes en Argentina (2021). [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_no\\_proliferacion\\_nuclear\\_digital.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_no_proliferacion_nuclear_digital.pdf)
- [10] CAPÍTULO REGIONAL WOMEN IN NUCLEAR AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – WiN ARCAL. Somos potencia – Guía para la inclusión de la perspectiva de género en el sector nuclear de América Latina y el Caribe (2022). <https://cdn.win-global.net>
- [11] AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR. Plan Estratégico de ARN 2021-2025. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/plan\\_estrategico\\_institucional\\_2021-2025\\_vc-corta.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/plan_estrategico_institucional_2021-2025_vc-corta.pdf)
- [12] AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR. No proliferación Nuclear – Mujeres, Liderazgo y redes en Argentina (2021). [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_no\\_proliferacion\\_nuclear\\_digital.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_no_proliferacion_nuclear_digital.pdf)

# Descent of the Paraná river. Safety Measures for Atucha NPPs

Benito, J.A.

Presentado en: Technical Meeting on the Effects of Climate Change on Meteorological and Hydrological Hazards for Nuclear Installations.  
Viena, Austria, 14 al 18 de noviembre de 2022





# **DESCENT OF THE PARANÁ RIVER. SAFETY MEASURES FOR ATUCHA NPPs**

Benito, J.A  
Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

## **ABSTRACT**

The oral presentation made at the technical meeting "Climate Change on Meteorological and Hydrological Hazards for Nuclear Installations" held at the IAEA headquarters in Vienna between November 14 and November 18, 2022, used the document "Descent of the Paraná river Safety Measures for Atucha NPPs" as graphic support. The talk included the reasons of the Paraná River's decline as well as the several models that foresaw the historical decline in the summers of 2021 and 22. It was vital to assess the impact that this unprecedented event would have on the safety of the power plants and, if required, make adjustments because the Atucha UI and UII power facilities are situated on the beaches of the Paraná de las Palmas. The Argentine regulatory body (ARN) put together an interdisciplinary team to review and approve the operator's proposal for changes. The technique had the dual effects of improving supply and enhancing plant safety. The presentation solely discusses the features of the residual heat removal system and the improvements done at the Atucha II Nuclear Power Plant due to time restrictions.

## **RESUMEN**

El documento "Descent of the Paraná river Safety Measures for Atucha NPPs" fue el soporte gráfico de la presentación oral realizada en la reunión técnica "Climate Change on Meteorological and Hydrological Hazards for Nuclear Installations" celebrada en la sede del OIEA de Vienna entre el 14 y el 18 de noviembre de 2022. En la presentación se detallaron las causas del descenso del río Paraná y los distintos modelos que preveían la bajante histórica durante el verano 2021-22. Por la ubicación de las centrales Atucha UI y UII, en las costas del río Paraná de las Palmas, se hizo necesario realizar una evaluación del efecto que este evento extraordinario tendría en la seguridad de las centrales y, de ser necesario, realizar modificaciones a la instalación y la documentación mandataria que correspondan. El trabajo de la ARN consistió en conformar un equipo interdisciplinario para evaluar y autorizar la propuesta de modificaciones realizadas por el operador. El resultado del proceso fue reforzar la seguridad de la central a la vez que se aumentó la disponibilidad. Por cuestiones de tiempo la presentación solo describe las características del sistema de remoción de calor residual y las modificaciones realizadas en la Central Nuclear Atucha II.



## “Technical Meeting on the Effects of Climate Change on Meteorological and Hydrological Hazards for Nuclear Installations”



### Descent of the Paraná river Safety Measures for Atucha NPPs.

Ing. Benito Juan Andrés

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

#### *Descent of the Paraná river Safety Measures for Atucha NPPs. Objective*

- The purpose of the presentation is to discuss the work done by Argentina's regulatory authority (ARN) previous to the Paraná River's severe drop.
- The NPP operator proposed modifying the installation and the mandatory documentation in anticipation of the river's level decline.
- A multidisciplinary team (mechanical, processes, electrical, and I&C) of safety analysts of the regulator evaluated the proposal.

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



*Descent of the Paraná river Safety Measures for Atucha NPPs.*  
*Presentation content*

---

1. Location and general characteristics of the Parana river and Atucha site.
2. Atucha Ull Heat removal systems.
3. Modifications proposed by the operator and safety analysis performed by the regulator.
4. Conclusions

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



***Location and general characteristics of the  
Paraná river and Atucha site.***

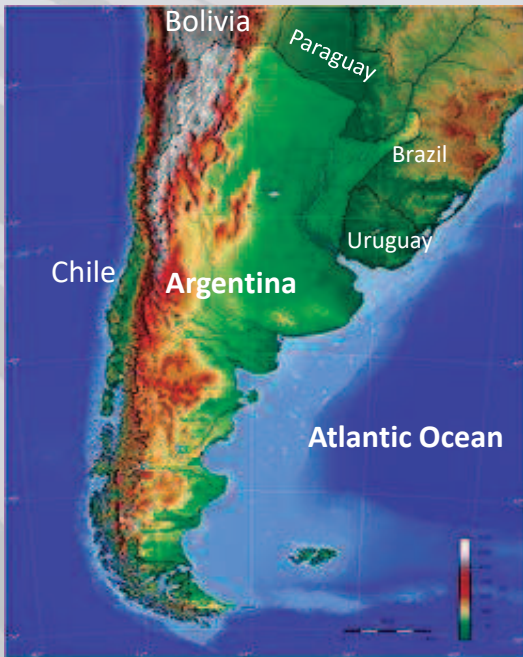
Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

## Location and general characteristics of the Parana river

### Introduction



**Argentina** is located in southeastern South America. It is bordered by Bolivia and Paraguay to the north, Brazil to the northeast, Chile to the west and Uruguay and Atlantic Ocean to the east.

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Location and general characteristics of the Paraná river

### Paraná River

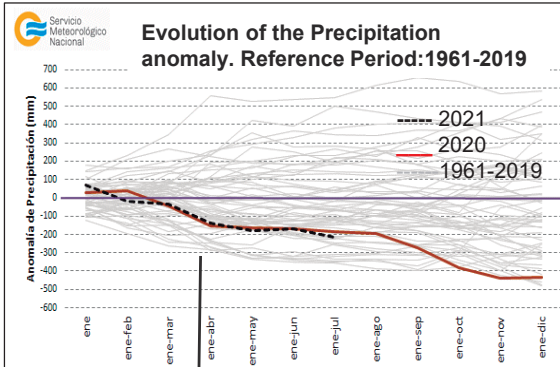


- The Paraná has a colossal flow of 17,000 m<sup>3</sup>/s.
- It has a length of 4,880 kilometers, which makes it the second longest river in South America.
- South America's second-largest basin (behind the Amazon River)

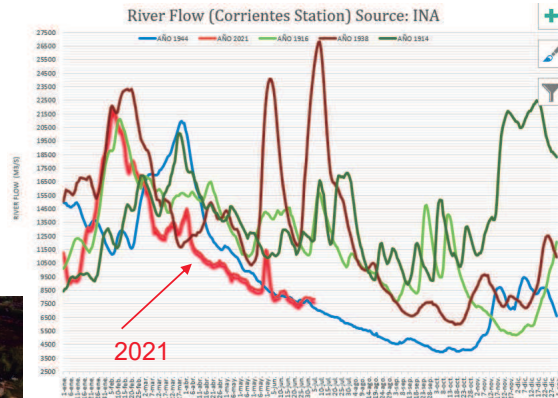
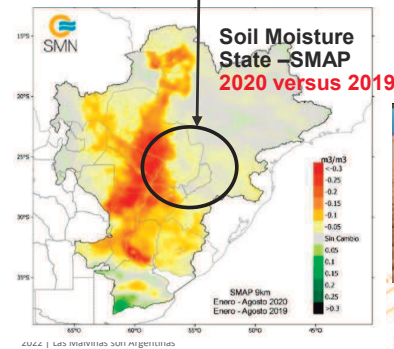
[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## THE LOW WATER OF PARANÁ RIVER CASE. SINCE AUGUST-2019 TO OCTOBER 2022



At the beginning ( middle part of 2019) there was a lack of precipitation in the northern portion of the Paraná River basin (especially in Brazil). As a consequence, there was water retention in the Brazilian dams. Later, the situation was intensified by a lack of precipitation in the Argentine portion of the Paraná River Basin.

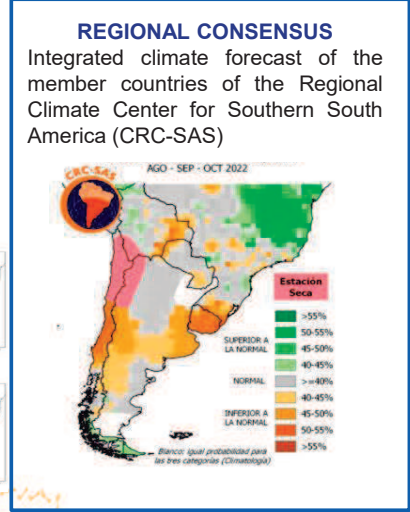
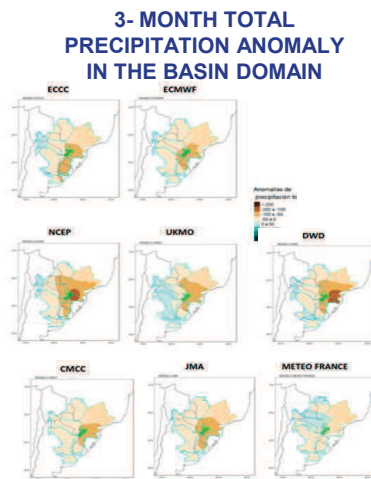
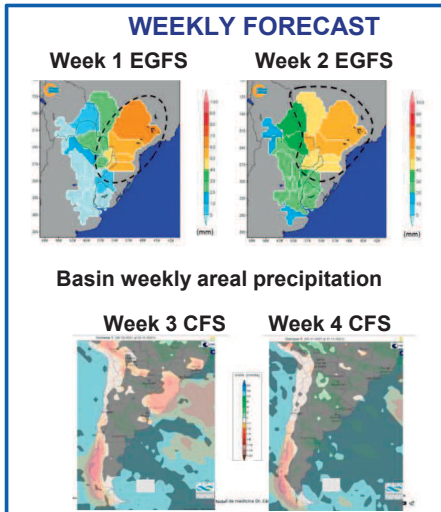


**SMN Argentina**  
Con vos en el tiempo

**Ministerio de Defensa  
Argentina**

### ACTIONS TAKEN BY THE ARGENTINE GOVERNMENT AND INSTITUTIONS

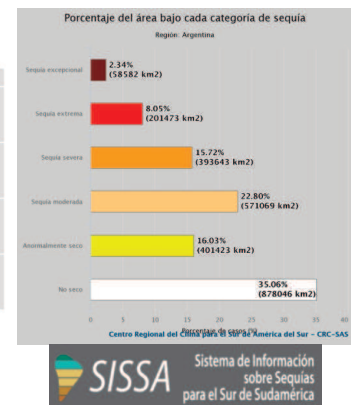
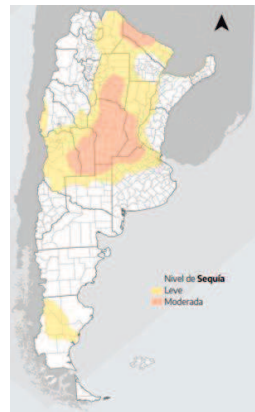
**Creation of the Emergency Management Work Group for the Paraná river basin**, in which national authorities from governing bodies such as the Meteorological Service and the Water Agency and provincial civil protection defense authorities participate. In these work meetings, the National Meteorological Service presented the climate Outlook for decision makers



Given the seriousness of the drought conditions in the productive areas, the specific users look for a **short, concise and clear monthly report**, containing a survey of the **prevailing conditions** and the **climatic predictions for the next 6 months**.

Approach:

To monitor the prevailing drought conditions, we use the **Report of the Drought Board** and the available information from **SISSA (Drought Information System for Southern South America)**.

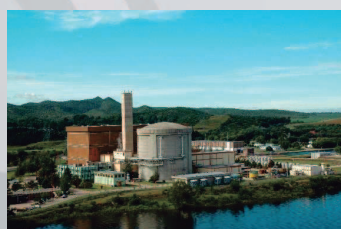


## Location of Argentine NPP

Argentina has **three NPP** in operation:

- ✓ Two of them are PHWR unique designs in the Atucha site, on the coast of the Paraná River.
- ✓ One of them is a CANDU reactor in "Embalse" site.

There is also a prototype SMR (CAREM) under construction in the Atucha site.

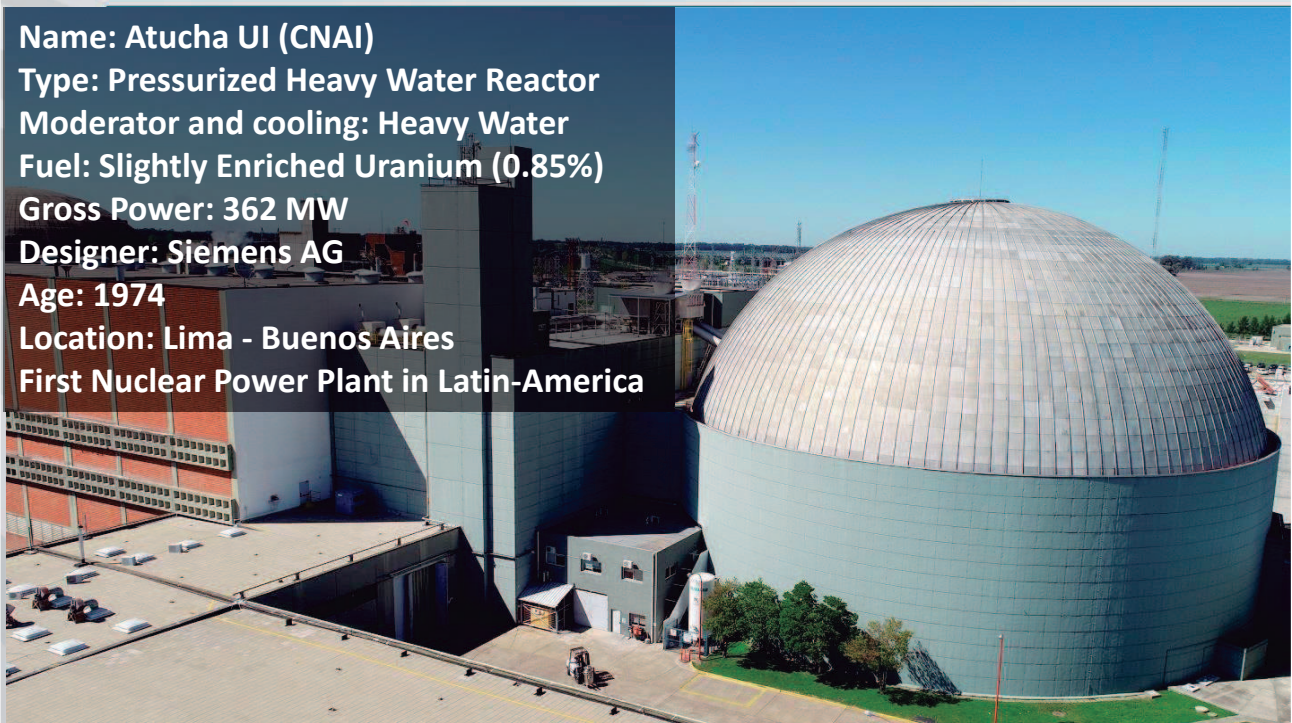


*Location and general characteristics of Atucha multi-unit site*  
*Aerial view of Atucha multi-unit site*



[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)

*Location and general characteristics of Atucha multi-unit site*  
*Atucha multi-unit site*



[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)



*Location and general characteristics of Atucha multi-unit site*  
*Atucha multi-unit site*

**Name:** Atucha UII (CNAII)  
**Type:** Pressurized Heavy Water Reactor  
**Moderator and cooling:** Heavy Water  
**Fuel:** Natural Uranium  
**Gross Power:** 745 MW  
**Designer:** Siemens AG  
**Age:** 2014  
**Location:** Lima – Buenos Aires



[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)



*Location and general characteristics of Atucha multi-unit site*  
*Atucha multi-unit site*



[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)



# Atucha III Heat removal systems.

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

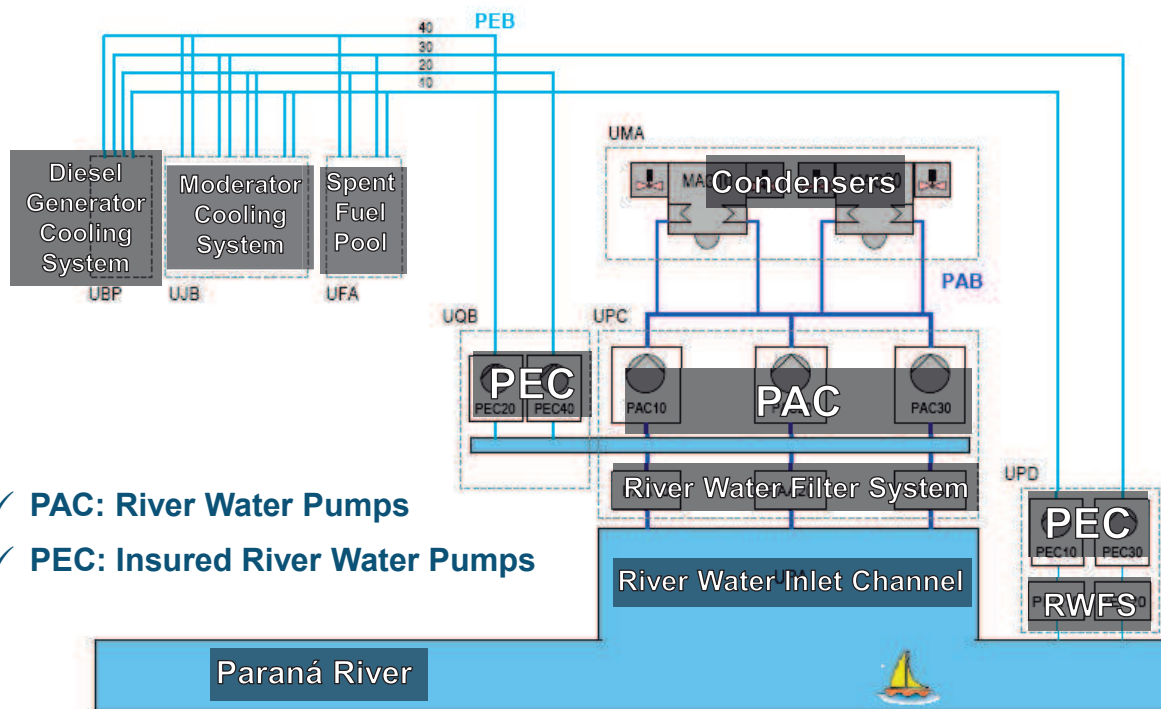
## Atucha III Heat removal systems. Buildings Location



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha Ull Heat removal systems. Flowchart



- ✓ PAC: River Water Pumps
- ✓ PEC: Insured River Water Pumps

[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)

## Atucha Ull Heat removal systems. Main heat removal system

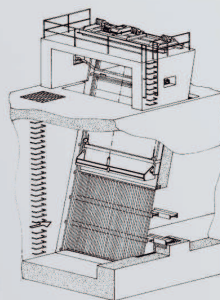


PAC Pump characteristics:

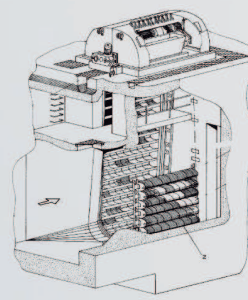
- ✓ Number of bombs: 3
- ✓ Flow of each: 13.3m<sup>3</sup>/s
- ✓ Overall flow: 39.9m<sup>3</sup>/s



✓ River water pumps



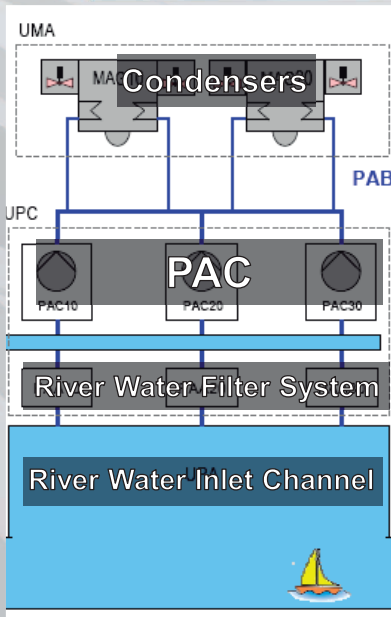
✓ Mechanical Filter



✓ Rotary Filter

[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)

Atucha Ull Heat removal systems.  
Main heat removal system



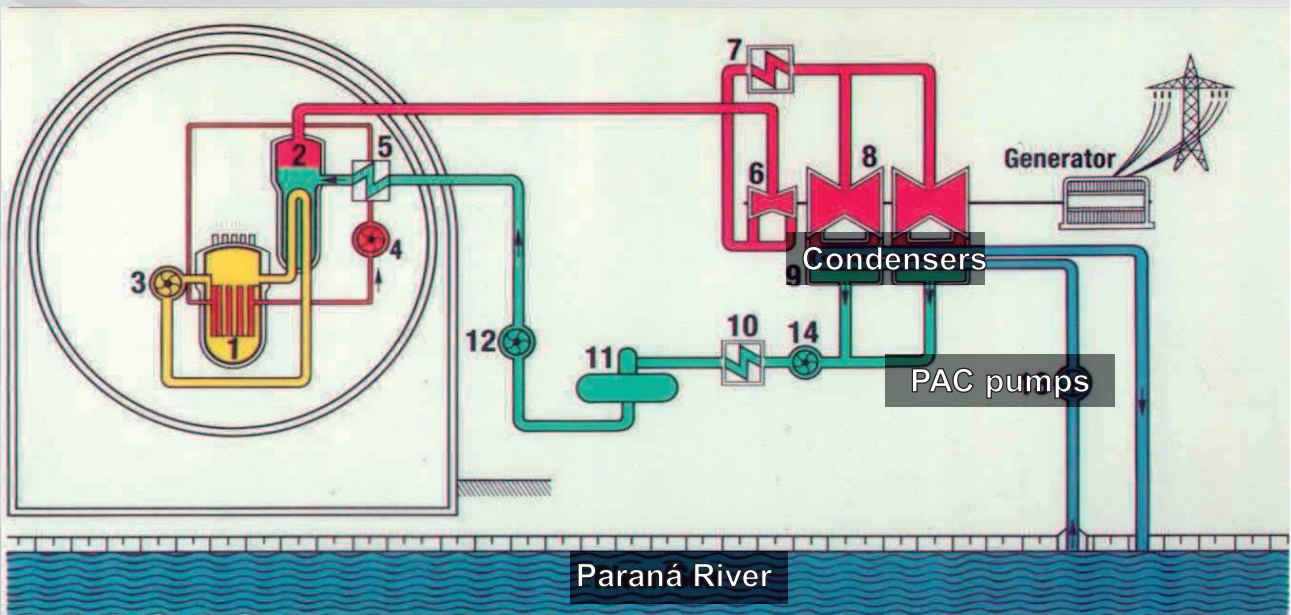
**PAC pumps** function is to cool:

- ✓ Condensers
- ✓ Conventional Refrigeration System
- ✓ Service Refrigeration System

PAC Pumps are **not safety related**, they only affect plant availability.

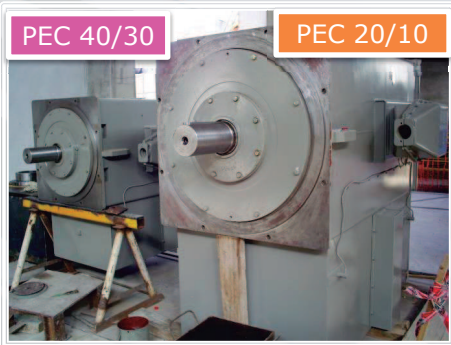


Atucha Ull Heat removal systems.  
Main heat removal system



- |                        |                            |                          |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 Reactor              | 8 LP turbine               | Reactor coolant          |
| 2 Steam generator      | 9 Condenser                | Moderator                |
| 3 Reactor coolant pump | 10 LP preheater            | Main steam               |
| 4 Moderator pump       | 11 Feedwater tank          | Condensate/<br>Feedwater |
| 5 Moderator cooler     | 12 Feedwater pump          | Main cooling water       |
| 6 HP turbine           | 13 Main cooling water pump |                          |
| 7 Moisture separator   | 14 Main condensate pump    |                          |

## Atucha Ull Heat removal systems. Insured River Water System



PEC40/30 Pump characteristics:

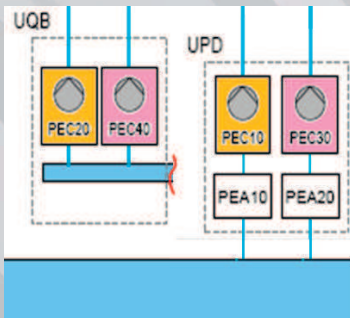
✓ Flow of each: 0.83m<sup>3</sup>/s

✓ PEC20/10 Pump characteristics:

Flow of each: 1.38m<sup>3</sup>/s

PEC 20/40 (UQB) Total flow: 2,22 m<sup>3</sup>/s

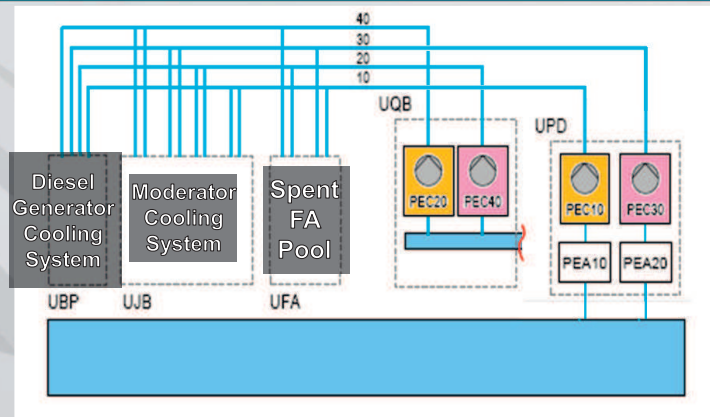
PEC 10/30 (UPD) Total flow: 2,22 m<sup>3</sup>/s



[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)



## Atucha Ull Heat removal systems. Insured River Water System



**PEC pumps** function is to cool:

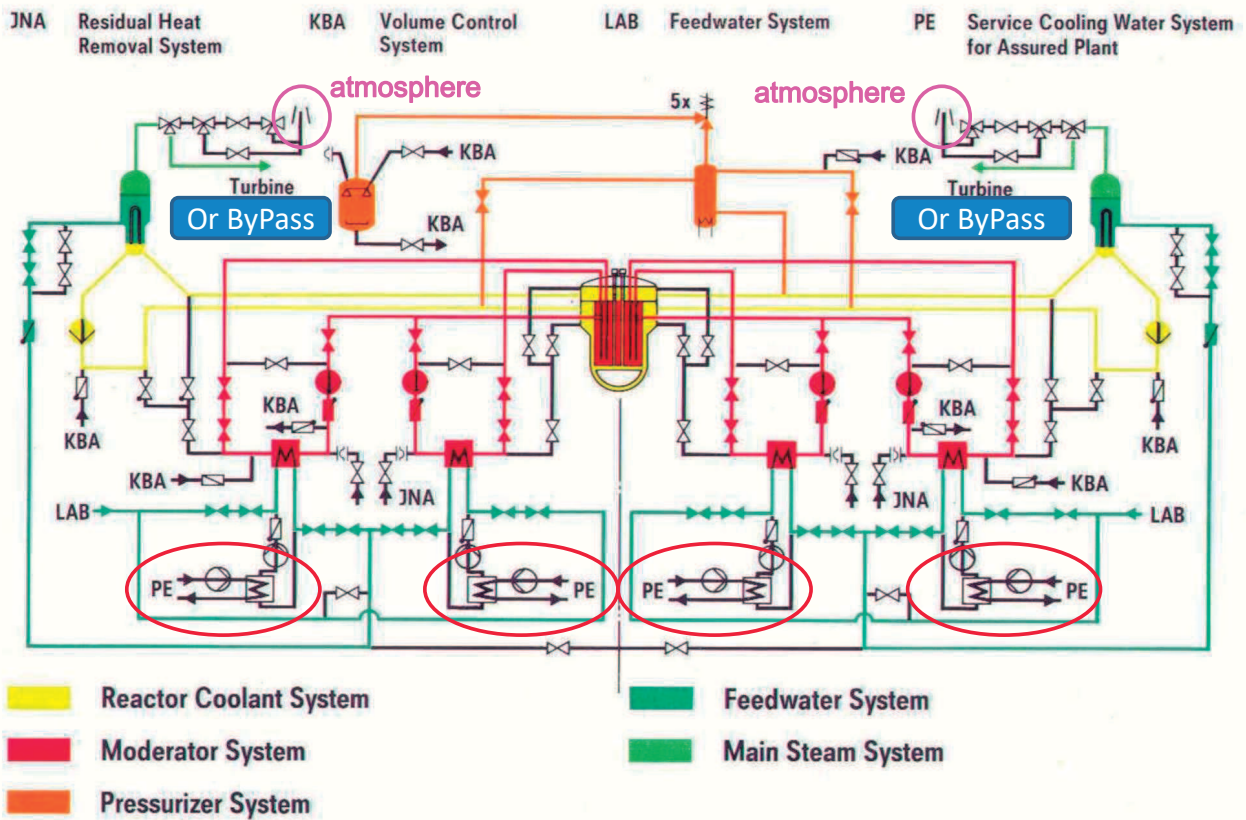
- ✓ Spent FA Pool.
- ✓ Intermediate Residual Heat Removal System
- ✓ Security Component

PEC Pumps are **safety related**

[www.argentina.gob.ar/am](http://www.argentina.gob.ar/am)



## Atucha III Heat removal systems. Moderator Cooling System



## Atucha III Heat removal systems. Diesel Generator Cooling System

A Safety vulnerability was found in the post-Fukushima security assessment.

- River water cools the emergency diesel generator
  - A decrease or increase in that water puts this system in danger.

### Three requirements to increase security

- ✓ Electrical interconnections between CNAI and CNAII.
  - CNAI has three air cooled emergency diesel generator.
- ✓ Adding cooling towers as backup to diesel generators cooling system.
- ✓ Air cooled mobile emergency diesel generator.



# *Modifications proposed by the operator and safety analysis performed by the regulator.*

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

## *Modifications proposed by the operator* *Mainly Proposal*

### *Before*

CNA I:  
Allows the normal operation when the level descends more than 0 m as long as they do not operate in a “anomalous” form.

Turn off the pumps of the assured river water system if the level is less than -1m

CNA II:  
Immediate cold shutdown if the river level value corresponds to 0 m or less

### *After*

The operator wants to implement a modification of the mandatory documentation in both plants:

- Both plants must enter in a cold shutdown if the river level drops below a value of -0.5 m.
- Both plants have to keep the Insured River Water System running until anomalous operation is detected.

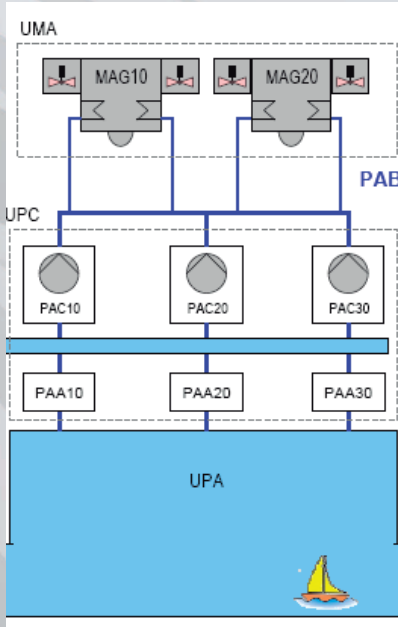
The reference for all the measures of the Parana river level is the normal level in the “Riachuelo” river.

**(The 0m level is not dry river)**



**Safety Analysis Performed by the Regulator**  
*Safety analysis performed by the regulator.*

**PAC pumps**



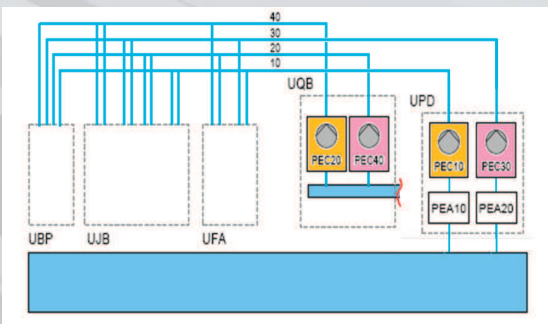
With level of -0.5m

- ✓ The PAC pump curve analysis conclude that pumps still have a reasonable safety margin to operate
- ✓ **Cavitation of the pumps would affect the operation of the plant, but not its safety.**



**Safety Analysis Performed by the Regulator**  
*Safety analysis performed by the regulator.*

*PEC pumps*



- At least two redundancies are needed for power operation (N+2 criteria)
- One PEC pump to operate the plant when it is shut down.

**The operation design basis of PEC pumps is less than -0.5m**

- ✓ The proposed the modification of the mandatory documentation does not change the PEC pumps operating mode.
- ✓ It is appropriate to keep running the pumps when the river level drops below -1 m, allowing the plant to operate with two backup systems for waste heat extraction for a longer period of time.





## *Additional requirements to increase safety*

---

- ✓ Installation of new online river level sensors.
- ✓ Increase in how frequently river water channels are dug up and cleaned.
- ✓ Mount vibration and noise detectors on the pumps to detect abnormal operation (cavitation) in all PEC and PAC pumps.
- ✓ Increase in demineralized water inventory when the river level reaches 0.5m

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## ***Conclusions***

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

## Conclusions

### Subtítulo

- Finally the downspout in the water intake was not as big as expected. it was not necessary to remove any of the site's power stations from service
- Safety improvements were made and the power plant is safe to deal with the Paraná river downspout
- The ARN also evaluated how the operation of the power plants at low river levels could affect the animals and flora. . The temperature increase was negligible.

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Thanks for your attention

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

# Challenges to Face for Some Countries to Implement a Circular Economy

Canoba, A.C.

Presentado en: NORM X Symposium, auspiciado por la Sociedad Holandesa de Protección Radiológica (NVS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Utrecht, Netherlands, 9 al 13 de mayo de 2022



# CHALLENGES TO FACE FOR SOME COUNTRIES TO IMPLEMENT A CIRCULAR ECONOMY

A.C. CANOBA  
Nuclear Regulatory Authority  
Buenos Aires, Argentina  
Email: [acanoba@arn.gob.ar](mailto:acanoba@arn.gob.ar)

## Abstract

The present paper identifies some challenges to face for some countries to implement a circular economy philosophy in the management of NORM residues. It is necessary to have a clear regulatory framework for applying a circular economy and some adaptations could be necessary. Graded approach in regulation is clue. Practical and not contradictory regulatory frameworks need to be established to achieve a circular economy. To apply proper waste management practices is fundamental to know the inventory of industries. Stakeholders and particularly, the public, should be appropriately informed about this for its acceptance. Adequate technology to achieve a circular economy concept is necessary. Economic aspects are also clue.

## 1. INTRODUCTION

Radionuclides from natural origin are ubiquitous and are present in almost all materials on earth. They are in general not of radiological concern. Some human activities, however, have the potential to enhance radiation exposures from handling these materials. NORM is defined as material containing no significant amounts of radionuclides other than naturally occurring radionuclides, that may be raw material or material in which the activity concentrations of the naturally occurring radionuclides have been changed by some process [1].

An integrated and graded approach is recommended for the protection of workers, the public and the environment, where considerations of non-radiological hazard is integrated with the radiological hazard, and the approach to protection is graded so that efforts and resources spent are commensurate with the radiological hazards and risks. The existing knowledge and experience of these industries in the management of industrial hazards should be taken into account.

Many publications have addressed industries that may cause NORM-related radiation exposure of workers, the public and the environment [2-4]. Examples are given below.

- (1) Extraction of rare earth elements;
- (2) Production and use of thorium and its compounds; (not for its fissile or fertile properties);
- (3) Production of niobium and ferro-niobium;
- (4) Mining of ores other than uranium ore;
- (5) Production of oil and gas;
- (6) Manufacture of titanium dioxide pigments;
- (7) The phosphate industry;
- (8) The zircon and zirconia industries;
- (9) Production of tin, copper, aluminium, zinc, lead, and iron and steel;
- (10) Combustion of coal;
- (11) Water treatment;
- (12) Geothermal energy production;
- (13) Cement production and maintenance of clinker ovens;
- (14) Building materials (including building materials manufactured from residues or by-products).

Typical industries involving NORM process a wide range of raw materials with different levels of activity concentration, producing a variety of products, by-products, discharges, residues, and wastes.

A *NORM residue* is defined as material that remains from a process and comprises or is contaminated by NORM. *NORM waste* is defined as NORM for which no further use is foreseen [5].

## 2. MANAGEMENT OF NORM RESIDUES

### 2.1. Characteristics of NORM residues

Diversity of activities generates different NORM residues and wastes. Residues from different origins can vary significantly with respect to their radiological, chemical and physical characteristics [6]. They should be managed in a safe and sustainable manner.

NORM residues can be generated in very large volumes but tend to contain radionuclides at relatively low activity concentrations, as in the case of mining and mineral processing. In some cases, NORM residues contain radionuclides at higher activity concentrations, but normally in smaller volumes, such as scales and sludges.

The level of radionuclides contained in NORM residues are not the only hazard. Other hazards, such as heavy metals, inorganic and organic elements can be found in NORM residues, which can also cause harm to people and the environment. It should be necessary to consider them when planning the management of NORM residues. It is a challenge for regulatory bodies to achieve a consistent integrated approach to protect against these different hazards.

Those residues that are generated in bulk amounts represent a challenge in terms of safe management. Although such residues contain radionuclides at relatively low activity concentrations, they are generated in very large volumes and contain long-lived radionuclides and often other hazardous substances, such as heavy metals.

### 2.2. Steps involved in the management of NORM residues

The general steps in the management of NORM residues are the following [6]:

- (a) Waste prevention (Assessment of the potential for generating different types of residue, based on the design and operation of similar facilities);
- (b) Waste minimization (Measures to control the generation of residues);
- (c) Processing (sorting, characterization, segregation and treatment);
- (d) Clearance, if applicable;
- (e) Reuse and recycling;
- (f) Discharge to the environment;
- (g) Long term management, including disposal (disposal in conventional landfill site, disposal in a facility for NORM residues or a radioactive waste disposal facility).

The industrial processes should be optimized trying to minimize the amount of waste generated. To avoid the need for long-term management of residues, the options of clearance, reuse and recycling, and authorized disposal in conventional landfill sites should be used to the maximum extent possible. Segregation actions facilitate the clearance, reuse and recycling of residues, as well as the conditioning and packaging of other NORM residues for transport and long-term management off the site [6].

*Reuse* can be defined as the reutilization of materials for their original purpose, either in their original form or in a recovered state. *Recycling* is defined the utilization of materials, tools and equipment for other than the original purpose, with or without treatment [6].

Clearance is an essential part of regulation of NORM residues, being a tool that can help to build a regulatory system that is both safe and workable in a transparent manner.

*Clearance* is defined as the removal of regulatory control by the regulatory body of radioactive material/objects within notified or authorized facilities and activities. [5].

In the case of clearance, *generic clearance* of NORM can be applied if measurements in materials are below 1 Bq/g (U / Th decay chain) and 10 Bq/g <sup>40</sup>K [7]. Further control is no longer required.

Clearance may also be granted for specific conditions, (*specific or conditional clearance*), based on dose assessment, taking into account the physical or chemical form of the radioactive material, and its use (reuse or recycling) or the means of its disposal. In the case of residues that might be recycled into construction materials, specific clearance may be applied if the activity concentration in the residues does not exceed specific values derived to meet a dose criterion of the order of 1 mSv in a year for public exposure [7].

### 2.3. NORM residues management and sustainability. Circular economy

*Sustainability* is defined as the capacity of the present generation to meet its own needs without compromising or impairing the ability of future generations to meet theirs. In addition to the protection of natural resources, sustainability involves social concerns regarding social equity and economic development [8].

The principle of preventing an undue burden on future generations regarding NORM residues can be achieved for example, by minimizing the quantity of waste to be disposed and by implementation of other options to avoid the need for long term management of residues, such as clearance, reuse and recycling, and disposal to landfill sites for conventional or hazardous wastes. These tools should be used to the maximum extent possible, subject to meeting relevant regulatory requirements.

With the encourage of waste prevention and implementation of tools as clearance, reuse and recycling, specific sustainable development goals related with the protection of the environment can be addressed. These actions will contribute to minimize the potential impact on aquifers and avoid soil degradation, facts related to UN Sustainable Development Goals 6 and 15 (Clean Water and Sanitation and Life of land).

The implementation of safe reuse, recovery and recycling into other useful products, moving from a linear to a circular economy, allows reducing or eliminating disposal of waste to the minimum possible, addressing UN Sustainable Development Goal 12: Responsible Consumption and Production.

*Circular economy* is a model of production and consumption, which involves sharing, leasing, reusing, repairing, refurbishing and recycling existing materials and products as long as possible. In this way, the life cycle of products is extended. In practice, it implies reducing waste to a minimum. When a product reaches the end of its life, its materials are kept within the economy wherever possible. These can be productively used thereby creating further value. This is a departure from the traditional, linear economic model, which is based on a take-make-consume-throw away pattern. This model relies on large quantities of cheap, easily accessible materials and energy [9]. NORM residues management is clue in circular economy.

Moreover, addressing and balance all risks simultaneously applying a graded approach to residues management, implies that protection takes into account overall well-being, therefore addressing Good Health and Overall Wellbeing (UN Sustainable Development Goal 3).

### 2.4. Aspects needed for the implementation of a NORM management strategy

For the safe management of NORM residues, it is fundamental that a country counts with a legal framework, a regulatory infrastructure, and, for selecting a strategy, the existing national law and policy for safety, for both, hazardous waste and for radioactive waste management, has to be taken into account.

As other authorities may be involved in the control of NORM activities, such as environmental authorities, health and safety authorities, allocation of responsibilities between authorities is clue. In addition, the involvement and assign of responsibilities for the industries is clue.

The policies and strategies should address controls on the generation of NORM residues and stimulate the reuse and recycling of NORM residues, as appropriate, in the context of the circular economy, in favour of strategies that consider the beneficial use of these materials, so that residues can be cleared from further regulatory control.

In developing a strategy, the current national infrastructure has to be carefully assessed in such a way that technical expertise for NORM waste treatment/management is determined as well as analytical services for sampling and measurements. Moreover, dose risk assessment should be performed by applying generic or specific safety assessment, so capacity is also needed in this sense. The necessary technical expertise should be maintained.

Before making any decision, it is fundamental to understand the situation: identify the characteristics of residues and the risk involved. A well-established NORM *inventory* of NORM industries and the corresponding NORM residues and wastes generated by them has to be available and upgraded over time. The inventory has to be analysed applying the defined scope of regulations. NORM inventory means to characterize the different residue streams and items contaminated with NORM, its locations and quantities generated. It implies to assess the radioactivity concentrations (total and nuclide specific), the physical and chemical form of the residues, the content of other hazardous elements, the corresponding dose assessment of workers and the public and the environmental impact assessment. The impacts and risks from non-radiological components should also be assessed.

#### 2.4.1 Aspects involved in the implementation of Reuse and Recycling

Factors to be taken into account for implementing *Reuse and Recycling* in achieving circular economy include an adequate national policy and strategy, clear regulatory dose criteria, technical feasibility, benefits, costs and aspects of social perception.

The regulatory framework needs to have flexibility in terms of the control measures needed for different conditions, based on specific criteria. These different levels could be implemented through suitable regulations that explicitly establish levels of control that are based on NORM residue characteristics and the associated levels of risk. The establishment of suitable criteria is needed, especially for conditional clearance.

Scrap material such as pipes and valves contaminated with NORM residues should be analysed for decontamination where practicable, as candidates for reuse and recycling. Expertise is also needed in this area.

The decision of whether to reuse and/or recycle residues depends not only on factors that are specific to the type of residue and the activities concerned, but also to the national situation within a country. The availability of companies with the adequate technical feasibility needs a strong economic incentive to use NORM residues, and needs to be accepted by the public. All aspects are interconnected.

### 3. SOME ISSUES FOR MANY COUNTRIES TO IMPLEMENT A CIRCULAR ECONOMY

#### 3.1. Issues related with the establishment of policy decisions and appropriate regulatory framework

Some countries need to establish an appropriate policy and regulatory framework to encourage strategies that consider the beneficial use of these materials. The scope of regulations should be clearly defined and flexibility should be applied according to the characterization of residues. Policy actions on prevention, material recovery, and on integrated and graded approach management are needed.

More pragmatic approaches that include the use of some materials for specific purposes and even mixing of these materials, where beneficial use can be demonstrated in the framework of radiation safety, should be considered. Many countries have to adapt their existing framework.

The development of specific clearance levels, can help to avoid too stringent regulations in a safe manner for the reuse or recycling of residues contaminated with NORM. For disposal in hazardous waste landfills, conditional clearance could be implemented in national regulations by means of establishing an activity concentration range or annual total activity and volume for NORM waste to be disposed, based on safety assessment and environmental impact assessment.

In many countries the responsibilities within the different authorities involved are not clear. Addressing this issue is very important in order to implement an adequate regulatory framework.

#### 3.2. Issues related with clarification of established values

The implementation of the radiation protection framework, originally developed for planned exposure situations related to artificial radionuclides, implies differences when applied to activities involving natural radionuclides and therefore, the application of some values is not appropriate.

The interpretation of the 1 Bq/g for radionuclides in the uranium and/or the thorium decay series has been not clear in many countries. Generic clearance values for natural radionuclides (1 Bq/g for radionuclides in the uranium and/or the thorium decay series; 10 Bq/g for K-40) are not related to dose levels but to the worldwide distribution of natural radionuclides in soils.

The fact that a residue exceeds the clearance value does not necessarily mean that it will imply doses above levels as 1 mSv/y (exemption dose criteria for natural radionuclides). Further considerations, in applying graded approach, should be given to the application of the concept of conditional clearance, based on higher specific clearance values developed for particular materials for scenarios and pathways specific to NORM residues; or granted on a case-by-case basis so as to meet a dose criterion of the order of 1 mSv/y.

It is important to avoid automatically classifying materials (by products and/or residues) that exceed the level of 1 Bq/g as radioactive waste. 1 Bq/g is not intended to define what is 'radioactive' and 'non-radioactive' waste. It is more related with the exclusion concept from regulatory control.



### **3.3. Issues related with technical expertise needed**

Specific technical expertise is necessary for implementing a circular economy. For some countries it is a challenge to establish a NORM inventory: representative sampling, measurement techniques, accredited laboratories, dose assessment. This is a clue factor to tackle the management of NORM residues. Moreover, there is a need for operators to be trained in waste sampling and characterization methodology.

Many countries do not have experience in applying tools as conditional/specific clearance: developing scenarios, defining parameters to be used and performing calculations require some specific radiation protection knowledge.

Knowledge in specific subjects, such as decontamination techniques, how to balance decontamination versus waste generation and how to manage NORM residues, including other hazards, needs to be developed.

### **3.4. Technical feasibility issues**

Some countries do not have available technologies for specific solutions. Innovation in technology is necessary. This fact is linked with the implementation of economic tools to encourage innovation and the implementation of policies that promote the adoption of practices that will lead to the profitable valorisation of wastes generated by these industries.

### **3.5. Economic issues**

In some countries, the adoption of techniques for revalorisation of residues is not profitable. It is important to implement cost-benefit analysis regarding the use versus disposal of NORM materials taking into account national and international standards. Economic instruments for the stimulation of the development of technologies for waste valorisation are necessary.

In many countries, the involvement of private companies in the context of economic viability is necessary.

### **3.6. Issues related with risk perception**

The public has fear for radiation and this generates a very negative social perception. It is very difficult for the public to understand that NORM residues are not radioactive wastes and that they can be reused and benefit society, addressing sustainability of natural resources and improving economic development. It is clue to improve communication with the public and to develop educative programmes in this sense. It is important to work in an open and transparent manner to promote public understanding and acceptance.

Moreover, practical and not contradictory regulatory frameworks need to be established to avoid confusion in the public. As an example, clearance of radionuclides of natural origin for materials coming for practices are proposed to be based on a dose of the order of 10  $\mu\text{Sv/y}$  and not on an activity concentration of 1 Bq/g, while exemption of bulk amounts of material is based on dose criterion of the order of 1 mSv/y. The public may be confused due to different criteria applied for the same radionuclides. Aspects like this may affect social acceptance for the use and recycle of NORM residues.

## **4. SOME POSSIBILITIES FOR CIRCULAR ECONOMY**

### **4.1 Beneficial use of by-products from ores**

In some countries, there are some projects in analysis to include all potentially usable resources in ore bodies, not just a single primary target mineral or energetic resource. For example the possible future production of Uranium with other valuable materials such as Vanadium and Molybdenum, produced as by-products, with application in renewable energy and steel industry. In addition, Uranium re-extraction from tailings is under study, mainly from the economic and social viability. Waste mining considerations containing Rare Earth Elements are being analysed for the application of these elements in renewable energy and high technology industries, being the amount of wastes much reduced. [10]

These types of projects could also modify a very negative public perception towards U mining, as the production of critical materials for clean energy projects is achieved.

#### 4.2. Mixing

Although the deliberate dilution of radioactive materials for releasing them from regulatory control is not allowed, the mixing of materials that takes place in normal operations is not subject to this prohibition. The competent authority might authorize, in specific circumstances, the mixing of radioactive and non-radioactive materials for the purpose of reuse or recycling.

#### 4.3. Pragmatic approach

Could a more pragmatic approach for use of materials for specific purposes by demonstration of beneficial use be applied? For example, it is accepted the development of values derived from a dose criteria “on the order of 1 mSv/y” for recycling into construction materials [7]. Considering social, economic and environmental benefits associated with the clearance of materials for a sustainable use of resources, may higher values be accepted?

### 5. CONCLUSIONS

It is important that the system of radiological protection provide an overall appropriate level of human and environmental protection, without unduly limiting desirable human actions and without adversely affecting sustainable development or resulting in unintended consequences.

Regulations should enable the safe and accepted use of NORM residues, avoiding possible future costs and facilitating international trade. Practicability and flexibility in the application of regulations should be implemented, applying an integrated and graded approach. In the context of circular economy, it is necessary to implement policy statements that could stimulate the beneficial use of NORM residues. In that sense, it is important to have a fluid dialogue between authorities, to work in a cooperative and harmonized way, sharing experiences and identifying common problems and good practices to be implemented.

A more pragmatic approach may be introduced in the framework of the application of the principle of justification in a broader sense, not only taking into account radiation protection aspects but also economic, societal, sustainability ones, looking for an overall wellbeing.

Capacity building and programmes in the many different areas related to NORM should be implemented.

Regarding public acceptance for reuse of materials, it is important to implement education programs in radiation protection at society level.

### 4. REFERENCES

- [1] ICRP. *ICRPaedia . ICRP Glossary*. Available from: [http://icrpaedia.org/ICRP\\_Glossary](http://icrpaedia.org/ICRP_Glossary)
- [2] IAEA, *Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Works Involving Minerals and Raw Materials*. Safety Reports Series No. 49, IAEA, Vienna, 2006.
- [3] UNSCEAR. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2008 report to the General Assembly, Annexe B*, 2008.
- [4] ICRP 2019. *Radiological protection from naturally occurring radioactive material (NORM) in industrial processes*. ICRP Publication 142. Ann. ICRP 48(4).
- [5] IAEA Safety Glossary, *Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection*, 2018 Edition, Vienna, 2019.
- [6] IAEA, *Management of Residues Containing Naturally Occurring Radioactive Material from Uranium Production and Other Activities*, Specific Safety Guide No. SSG-60, Vienna, 2021.
- [7] IAEA *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3*, No. GSR Part 3, Vienna, 2014

[8] United Nations General Assembly “48. Sustainable development: managing and protecting our common environment” “2005 World Summit Outcome. 24 October 2005. Web. Retrieved 27 June 2013. < <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N05/487/60/PDF/N0548760.pdf?OpenElement>>

[9] EUROPEAN PARLIAMENT. *News European Parliament. Circular economy: definition, importance and benefits*. Available from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

[10] “Conocer la potencialidad geológica de los elementos críticos es uno de los desafíos que tiene el Estado y la industria” – Panorama Minero. Panorama-minero.com. [https://panorama-minero.com/noticias/conocer-la-potencialidad-geologica-de-los-elementos-criticos-es-uno-de-los-desafios-que-tiene-el-estado-y-la-industria/#:~:text=Los%20de%20sitios%20de%20tierras%20raras,Niquelina%2DEsperanza%20\(Salta\)](https://panorama-minero.com/noticias/conocer-la-potencialidad-geologica-de-los-elementos-criticos-es-uno-de-los-desafios-que-tiene-el-estado-y-la-industria/#:~:text=Los%20de%20sitios%20de%20tierras%20raras,Niquelina%2DEsperanza%20(Salta).). Published 2022. Accessed April 27, 2022.



# The Application of the ICRP System to NORM in Industrial Processes

Canoba, A.C.

Este trabajo fue presentado en nombre de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). La ICRP es una organización que promueve la ciencia de la protección radiológica en beneficio público, proporcionando orientación y recomendaciones internacionales sobre todos los aspectos de la protección contra las radiaciones ionizantes. La ARN integra el Comité 4 de la ICRP, que brinda asesoramiento para la aplicación de estas recomendaciones.

Presentado en: NORM X Symposium, auspiciado por la Sociedad Holandesa de Protección Radiológica (NVS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Utrecht, Netherlands, 9 al 13 de mayo de 2022



# THE APPLICATION OF THE ICRP SYSTEM TO NORM IN INDUSTRIAL PROCESSES

Canoba A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

*acanoba@arn.gob.ar*

## ABSTRACT

The aim of the refresher course is to provide participants an overview of the application of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) system of protection (set in Publication 103, 2007) in the specific case of exposure from Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in industrial processes, which is the subject of the recently issued Publication 142 (2019).

In the first part of the course, the participants are provided with an historical perspective of the evolution of the system of radiological protection, explaining the gradual taking into account of the diverse types of exposure situations and the progressive building of a unified although nuanced approach for all of them on the basis of the ethical and social values as well as on the feedback experience from the practical implementation of recommendations. The system of protection established in Publication 103 is presented: exposure situations, categories of exposure and radiation protection principles.

In the second part of the course, it is explained why the radiological protection in industries involving NORM needs to be implemented using an integrated and graded approach and how this approach should be applied from a practical point of view.

The course will notably address:

- Characteristics of industries involving NORM;
- NORM and exposure situations;
- Application of the radiological protection principles to NORM exposure;
- Protection of the workers, the public and the environment against NORM exposure;
- Radon exposure in industries involved with NORM.

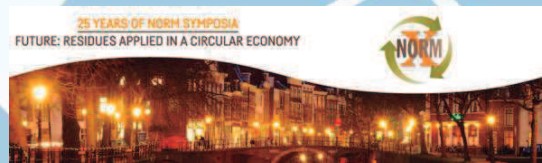




# The application of the ICRP System to NORM in industrial processes

NORM X Symposium  
9-13 May 2022  
Utrecht, Netherlands

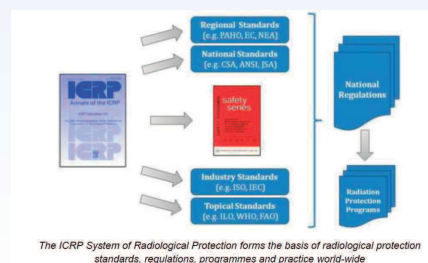
Jean-Francois Lecomte  
IRSN  
Analia Canoba  
ICRP/Committee 4



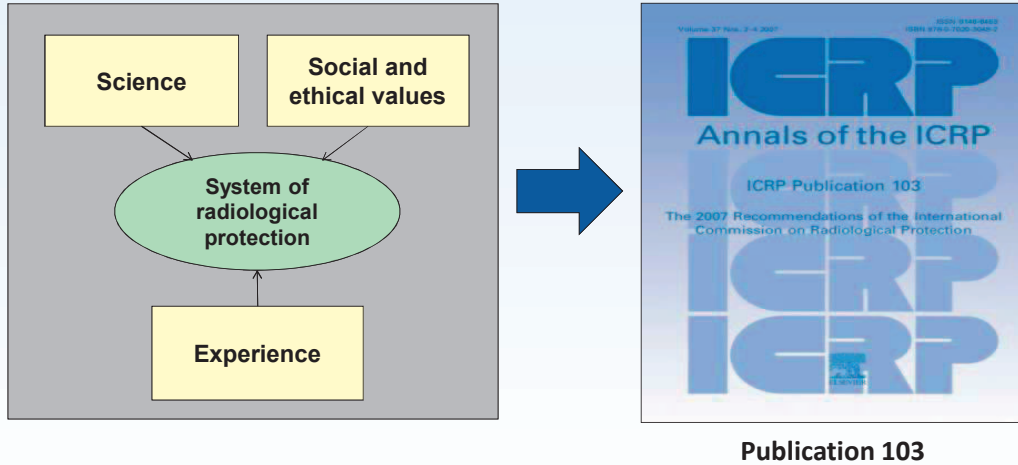
## ICRP Mission

Advance for the public benefit the science of radiological protection, in particular by providing recommendations and guidance on all aspects of protection against ionising radiation.

ICRP recommendations form the basis of radiological protection standards, legislation, programmes, and practice worldwide.



## The three pillars of the system of radiological protection



3

## The ICRP System in Pub 103 (for memory)



4

## The aim of the ICRP System

- Its objective is to contribute to an **appropriate level of protection** against the detrimental effects of ionizing radiation exposure **without unduly limiting** the benefits associated with the use of radiation (Pub 103, §26)
- The system aims primarily to protect human health with the objective to manage and control exposures so that deterministic effects (tissue reactions) are **prevented** and the risks of stochastic effects (cancer) are **reduced** to the extent reasonably achievable (Pub 103, §29)
- The system applies to **all radiation exposure** to any **natural or man-made controllable sources** (Pub 103, §44-45)
- Several issues of General Recommendations: Pub 26 (1977), Pub 60 (1990), Pub 103 (2007)

## Historical perspective

- The system of RP was developed gradually during the 20th century integrating advances in **knowledge** about the effects of radiation, the evolution of the **ethical and social values** as well as the feedback **experience** from its practical implementation
- Until the Second World War the Commission was only dealing with the protection of **medical staffs**
- After the war the focus was on **nuclear energy** and radiological protection developed to protect workers inside nuclear installations and the public outside. This resulted in a coherent and effective regime of radiological protection based on solid concepts, principles and norms (Pub 60)
- The reality of **nuclear accidents** together with the threat of malevolent events and the raising concerns on **natural exposures** and exposure **situations inherited from the past** in the nineties profoundly challenged the Pub 60 system and resulted in the general principles presented in Pub 103

## Main evolutions Pub.103

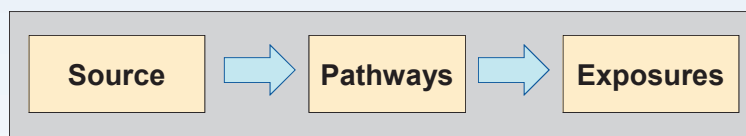
The two main evolutions of the system of protection in Pub. 103 were:

- the removal of the distinction between practices and intervention and the introduction of **3 types of exposure situations** (existing, planned and emergency) with the **generalization of the optimization principle** in connection with **individual dose restrictions** (reference levels and dose constraints) to all controllable exposure situations
- the introduction for the first time in general recommendations of **“the need to account for the views and concerns of stakeholders when optimising protection”**

Pub. 103 has given the general framework and Committee 4 develop applications of this framework for the different exposure situations: Pub. 142 (NORM)

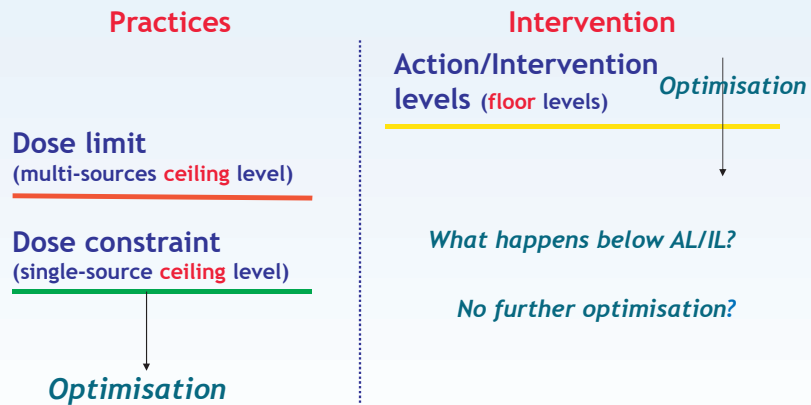
## Definition of an exposure situation

- “The process causing human exposures from **natural** and **man-made** sources.”



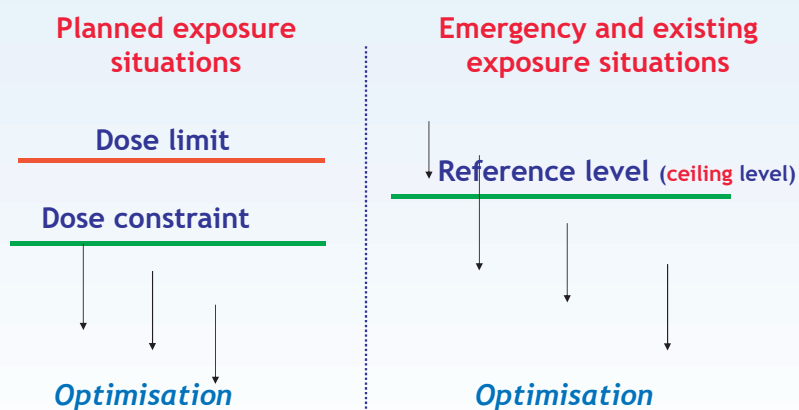
- “Protection can be achieved by taking action at the **source**, or at points in the exposure **pathways**, and occasionally by modifying the location or characteristics of the **exposed individuals**.” ICRP103, § 169

## Pub 60: a two-speed system



9

## Pub 103: a unified approach



## The exposure situations

- **Existing exposure situations** : ...sources that **already exists** when decisions to control them are taken.
- **Planned exposure situations** : ...**deliberate introduction and operation** of sources...
- **Emergency exposure situations** : ...from the **loss of control** of a source.

**Does this distinction make sense in terms of RP?**

## Exposure situations

### Existing

- **Natural sources**: cosmic radiation in aviation and space flights, NORM and radon
- **Man-made sources**: orphan sources, contaminated sites from past activities and contaminated areas after an accident

### Planned

- **Medical facilities**
- **Research, industrial and nuclear installations (including transport)**

### Emergency

- **Loss of control of planned sources**
- **Malicious acts**

*For the three exposure situations all protection actions can be envisaged and prepared – can be planned - in advance*

## The unified approach should be graded: Why?

- **Controllability** of the source
- Approach **proportionate** to the expected **level of risk**
  - **Distribution** of individual doses and its evolution
  - Prospect of **deterministic** effects (mainly depending on the use or not of radionuclides for their **radioactive properties**)
  - Prospect of a radiological **emergency**
  - **Multi-hazard** situation: what is the dominant hazard?
- **Full or partial anticipation** of exposures
- **Benefit**: societal/individual; direct/indirect
- Possible **counterparts** for groups of exposed individuals (in terms of protection): e.g. workers
- **Economic** and **societal** considerations



INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

13

## Graded approach: How?

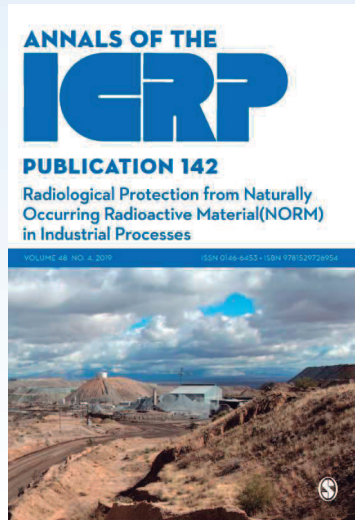
- **Characterisation** at the beginning of the process (ExES + EmES)
- **Justification**
  - Of the introduction of a new activity (or category of) (PES)
  - In making the decision as to whether to take action to avert further exposure (ExES + EmES)
- **Optimisation** (cornerstone of the RP system)
  - According to prevailing circumstances
  - RP may be integrated in conventional health & safety standards
  - Collective protection first and then Individual protection
- **Dose criteria**
  - Dose limit: traditionally only in PES
  - From regulatory perspective, flexibility should be considered to use DL when appropriate in ExES
  - DC/RL: source-related; selected on a case by case basis according to the characteristics of the exposure situation (Pub 103, Table 5: 3 bands)



INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

14

## ICRP Pub 142



## TG 76 on RP from NORM in industrial processes

- Launched in 2007, re-launched in 2013
- Report included in the **Series of C4 reports on Existing ES**: ICRP 111 (Post-accident), 126 (Radon), 132 (Cosmic), TG76 (NORM), TG98 (Contaminated sites)
- Public consultation from Nov 2018 to Feb 2019
- 25 comments received and addressed
- Approved in July 2019 for publication as **Pub 142**
- Publication late 2019



## A wide range of activities

- Mining and extractive industries (other than U mines)
- Production of coal, oil, gas
- Production and use of metals (thorium, niobium, zirconium, titanium...)
- Phosphate industry
- Water treatment
- Cement production
- Building materials
- Etc.

## Uranium and Thorium mining

Not under the scope of Pub 142

- Purpose of extracting materials from ores to be used for their radioactive, fissile, or fertile properties.
- Nuclear fuel cycle
- Managed as planned exposure situation
- Licensed activity

## A cradle-to-grave perspective

Several stages of production involving NORM

- Mineral extraction;
- Mineral processing;
- Fabrication of products;
- Use of products and by-products;
- Reuse and recycling of residues;
- Management of wastes; and
- Dismantling or remediation and rehabilitation.

*Some industries may involve almost all stages, others only some of them*

19

## Exposure pathways

- ✓ External exposure
- ✓ Internal exposure\*
  - ✓ Airborne dust inhalation
  - ✓ Dust ingestion
- ✓ Radon exposure (indoor - underground)

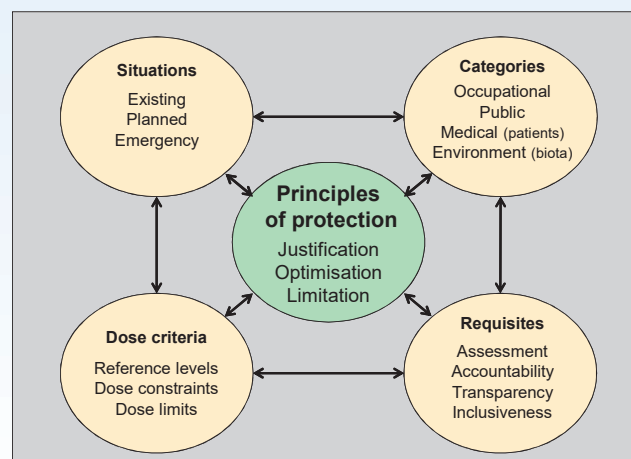
*\*Considerable differences depending on workplace conditions, personal protective equipment worn, the radionuclides involved, and the physical and chemical matrices in which the radionuclides are incorporated*

20

## Some characteristics of industries involving NORM

- **Identified**, very diverse, already on-going, generally big size but **not one sector** in itself
- Relatively **low levels** of radiation exposure involved
- Subject to **authorisation**, not for RP
- Experience in risk management but **poor RP culture**
- Often **multi-hazards** and radiological risk rarely dominant
- NORM cycle
- **Ubiquity, variability** of exposures
- May pose an issue of **environmental contamination**

## The ICRP System of Protection



## Exposure Situations

- **Existing/planned ES is a controversial issue for NORM**
- IAEA/BSS & EU/BSS (NORM managed as planned ES)
- ICRP considers **NORM as existing ES** (Pub 103, § 284, 288), except if NORM is used for its radioactive properties
  - NORM **already exists** and may be deliberately introduced in the industrial process but **not for its radioactive properties**
  - The process in which NORM is concentrated is mainly **incidental**
- There is a room for an **integrated** and **graded approach**
  - Often **multi-hazards** and radiological risk rarely dominant
  - **No real prospect** of emergency leading to tissue reaction
  - Exposure can be anticipated but its level cannot without a **characterisation (Variability)**
  - There are **limited options** for management of residues and waste
  - Potentially **high cost of regulation** in relation to **reduction in exposure**

## Categories of Exposure

Processes involving NORM may lead to:

- **Occupational** exposure, but not for all workers
- **Public** exposure
- **Environmental** exposure

## RP Principles

- **Justification**
  - Of a protection strategy (idem for a new process unless exception)
  - After characterisation
  - National list (on a case by case basis for processes out of the list)
  - Overall benefit: health, economic, societal, ethical aspects. Stakeholder involvement
- **Optimisation**
  - Driving principle to select the most effective actions for protection
  - Implemented in the same way as for other industries
  - The best under prevailing circumstances (options may be more limited)
- **Dose limitation**
  - A priori not relevant
  - May be applied for regulatory purpose when needed



## Optimization of protection

To select the most effective actions for protecting the public, workers and the environment, being the best option under the prevailing circumstances:

- ✓ Assessing all exposures including potential exposures
- ✓ Assessing all risks in an holistic approach
- ✓ Identification of possible protective actions, taking account BAT
- ✓ Selecting reference level as dose criteria based on characterization and circumstances
- ✓ Applying DCRLs for protection of non human species
- ✓ Selection and implementation of the most appropriate option
- ✓ An optimised (graded) approach is applied to NORM industries so that efforts and resources expended on protection are commensurate with the radiological hazards and risks
- ✓ Regular review of the exposure situation.
- ✓ Involvement of Stakeholders along the process



26

## Characterization means

- Raw materials
- Products and by products
- Residues and Wastes
- Workplace: external radiation fields and potential for internal intake. Radon assessment.
- Dose assessment in exposure scenarios (normal operation and maintenance) realistic.
- Discharges
- Conventional protection already in place
- Subject to periodic review according to risk and changes.

27

## Protection of workers

- An approach both **integrated** and **graded** is recommended
- By starting with the **characterisation** of the exposure situation, and integrating, as necessary, specific radiological protective actions to **complement the protection strategy already in place** or planned to manage other workplace hazards
- The approach is then graded
- By selecting a relevant **Reference Level** reflecting the distribution of exposures (not including radon)
  - Less than a few mSv/y (most cases)
  - Above a few mSv/y but very rarely exceeding 10 mSv/y
- By selecting appropriate **protective actions**: 2 series
  - **Collective**: related to workplaces and working conditions
  - **Individual**: related to each worker
- Not all the elements of a radiation protection programme should be required.

28

## Radiological protection measures

- The elements of the radiological protection measures should be **consistent with the hazards**; not imposing unnecessary burdens (graded approach)
- **Integration** of specific radiological protective actions **to complement the protection** strategy already in place to manage other workplace hazards, if necessary
- Includes control of **workplace conditions first** (process, ventilation, shielding), **then individual control** (PPE)
- **Significant** radiological hazards may **need to use some tools** that are typically associated with **radiological protection programmes**
- **Programme: appropriate NORM handling; radiation measurement equipment; detailed working procedures, frequency to perform routine surveys; dose assessment and recording, information about risks and training of workers, health surveillance. (according to risk)**

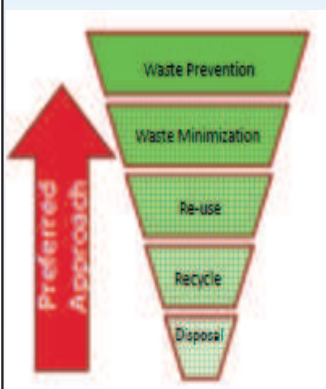
## Protection of the public

- **Characterisation** (who is exposed, when, where, how)
  - Exposure pathways analysis
  - Dose assessment
  - Justification of action
  - Optimisation of protection
  - Involvement of stakeholders
  - Long-term monitoring
- **Optimisation** within a **graded approach** through the control of discharges, waste, recycled residues (including building materials), legacy site
- Selection of a relevant **Reference Level**
  - Generally less than a few mSv/y
- **Stakeholder involvement**

## Control of discharges

- Radiological characterisation of discharges;
- Identification of potential exposure pathways, taking into account the environmental distribution of radionuclides in space and time, as well as radionuclide mobility under ambient conditions;
- Characterization of the natural environment receptor of discharges
- Dose assessments and risk estimation;
- Justification of measures to control discharges;
- Selection of a reference level; and
- Selection and implementation of measures within a protection strategy through an optimisation process (as low as reasonably achievable).
- Waste generation from discharges treatment

## Waste and residues



### Liquid and solid waste

Radioactive and non radioactive pollutants  
Long half life radionuclides: control period  
Small volumes high concentration  
Large volumes low concentration

Should be considered from generation to disposal  
Should be characterized  
Should be managed with other pollutants  
Should be managed applying graded approach  
Some waste could be treated as industrial or hazardous  
Recycling and reuse should be considered (level of exposure, sustainability, economic aspects, technology, public acceptance, etc)



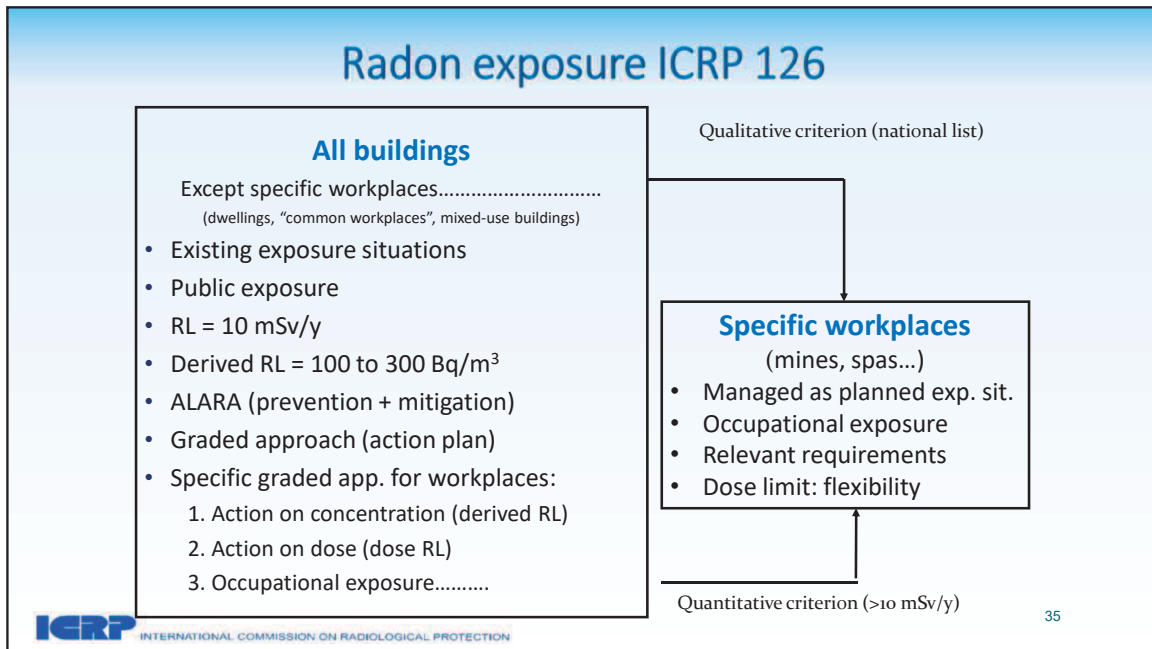
## Protection of the environment

- Source = discharges and residues (dispersion, bioaccumulation, leaching, etc)
- Each case should be evaluated on an individual basis for risk assessment
- **Integrated** approach
  - All hazards: radiological and non-radiological stressors
  - All impacts: human and ecological (non-human species)
- **Graded** approach
  - Generic assessment
  - Specific assessment
  - Detailed Environmental Impact Assessment (EIA) as necessary for justification
- Use of tools (RAP...) and criteria (DCRL...) established by ICRP (Pub 124) **as appropriate**
- **Stakeholder involvement**

## Radon exposure

- Reference to **Pub 126**: integrated approach in all buildings
- Management of radon exposure as far as possible **at the level of the building** whatever its occupants (sources: e.g. soil, building materials and minerals containing NORM)
  - National action plan
  - Unique reference level: 100-300 Bq/m<sup>3</sup>
  - List of building materials at stake + information
- **Graded** approach for workers
  - At the level of the building with RL in concentration (Bq/m<sup>3</sup>)
  - At the level of workers with a RL of the order of 10 mSv/y (real parameters)
  - Occupational exposure:
    - In some activities and facilities (considered by authorities in a national list)
    - When the dose remain > RL after application of radon prevention and mitigation techniques
- Recommendation to manage radon and other radiation **separately** (pragmatism)<sub>34</sub>

## Radon exposure ICRP 126



35

## Main comments received

- The fundamental approach of taking an **integrated** and **graded** approach to radiological protection was **supported** and encouraged by the majority of commenters. Several comments suggested the same approach for protection of the **environment**, what was done.
- The ICRP position considering exposure arising from industries involving **NORM as existing exposure situations** was the subject of many critical comments. Most of the comments considered that such activities are planned exposure situations or should be managed as such (see the explanations above).
- The second largest group of comments related to the treatment of **radon** only by referring to Pub 126. Now the relevant recommendations are included in Pub 142.
- Some **definitions** anticipated the future ICRP general glossary. The definitions have been removed from the report.
- Some comments claimed that using **reference levels** rather than **dose limits** may result in different dose restrictions among industries and create distortion of competition. RLs, like DCs, are relevant and efficient dose criteria for optimisation of the protection.
- Some comments pointed out the inconsistency between the reference level for public exposure, recommended at a few mSv y<sup>-1</sup>, and the reference level for **building materials** recommended at 1 mSv y<sup>-1</sup>. This point has been corrected

36

## Conclusions

- **Any controllable source should be controlled** as appropriate through the implementation of the **3 basic principles** whatever the type of exposure situation (unified approach)
- Exposures resulting from industrial activities involving NORM are controllable, with protection achieved through **justification** of taking protective actions and **optimisation** of protection.
- An **integrated** (consideration of non-radiological hazards) and **graded approach** (not imposing unnecessary measures) is recommended for the protection of workers, the public, and the environment, based on **characterisation** of the exposure situation; optimization of radiological protective actions is applied to complement the protection strategy already in place to manage other hazards.
- The regulatory control should be adapted accordingly. **Pragmatic attitude** is recommended.
- **Stakeholder involvement** is a key point in decision process

Thank you for attention!



# Valorization of NORM Residues: Challenges to Face for Some Countries to Implement a Circular Economy

Canoba, A.C.



# **VALORIZATION OF NORM RESIDUES: CHALLENGES TO FACE FOR SOME COUNTRIES TO IMPLEMENT A CIRCULAR ECONOMY**

Canoba A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

*acanoba@arn.gob.ar*

This presentation identifies some challenges to face for some countries to implement a circular economy philosophy in the management of NORM residues. The implementation of a circular economy for the residues generated in industries related with NORM implies the following aspects: the need of a clear and appropriate regulatory framework (in line with sustainability principles and safety requirements) and based on graded approach, the development of feasible, economically attractive technological innovations and the need to know the inventory of NORM residues and wastes from these industries. Stakeholders and particularly, the public, should be appropriately informed about circular economy practices for its acceptance: communication with the public is key to tackle risk perception and understanding. Some possibilities in order to implement a circular economy are described.





# Valorization of NORM residues: challenges to face for some countries to implement a circular economy

Analía Canoba

International Joint Conference RADIO  
2022

15-19 Agosto 2022  
Poços de Caldas-MG

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

## Some concepts

- **NORM:** Material containing no significant amounts of radionuclides other than naturally occurring radionuclides, that may be raw material or material in which the activity concentrations of the naturally occurring radionuclides have been changed by some process. (ICRP<sub>AEDIA</sub>)
- **NORM Residues:** Material that remains from a process and comprises or is contaminated by naturally occurring radioactive material (NORM). (IAEA Glossary)
- **NORM waste:** Naturally occurring radioactive material for which no further use is foreseen. (IAEA Glossary)

*But not all NORM waste is a radioactive waste!*

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)



## NORM: residues and wastes

Diversity of activities generates NORM residues and wastes. Should be managed in a safe and sustainable manner



Diversity of materials  
Liquid, solid residues and wastes. Also fumes  
Radioactive and non radioactive pollutants  
Long half life radionuclides (long term management)  
In terms of radioactivity: Exempted/Cleared, Very low activity, Low activity, Higher activities  
Small volumes high concentration (scales)  
Large volumes low concentration (tailings)  
Considered from generation to disposal

Sustainability: The capacity of the present generation to meet its own needs without compromising or impairing the ability of future generations to meet theirs

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)



## Residues management and sustainability

Principle of preventing an undue burden on future generations and the environment by:

- minimizing generation and disposal of waste
- minimizing the use of land, potential soil degradation
- minimizing the potential impact on aquifers and the environment,
- encourage the reuse and recycling of material (moving linear to circular economy)
- Analyzing possibilities of conditional clearance
- Addressing and balance all risks simultaneously applying a graded approach.



UN Sustainable Development Goals

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)



## Management of NORM residues needs

### A Legal and Regulatory framework

#### Graded approach

*A graded approach is applied to NORM industries so that efforts and resources expended on protection are commensurate with the radiological hazards and risks. (in applying controls to NORM residues and dose assessment methodology)*

#### Integrated approach

*Other hazards (chemical) with radiological hazard  
The regulations and controls that are already in place for non radiological purpose should be considered and integrated.  
May be several authorities involved in the management of NORM residues: RP, Environment (national, regional, municipal levels)*



## To define a NORM strategy

- Legal framework
- Regulatory infrastructure
- Take into account the existing national law and policy for safety, for hazardous waste and for radioactive waste management.
- Allocation of responsibilities between authorities
- National capabilities
- NORM inventory and characterization (over time)
- NORM segregation and identified different streams
- Stakeholders involvement is clue

*Policies and strategies should be appropriate to the national circumstances*



## Residues characterization

For categorization of residues

- residue streams/items
- quantities
- radioactivity concentrations (total and nuclide specific)
- physical and chemical form of the residue
- other hazardous properties (non-radiological elements)
- dose assessment of workers and the public
- environmental impact from the residues

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



## Management options for NORM residues

**Generic clearance** (1 Bq/g  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  and 10 Bq/g  $^{40}\text{K}$ ),

**Conditional clearance** (A tool that can help to build a regulatory system that is both safe and workable, based on dose assessment),

Reuse/recycle,

Disposal at conventional/hazardous landfill,

Disposal as Radioactive Waste

*Challenge: Long term management of large volume-long half lived radionuclides*

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



## Reuse and recycling

- Options attractive if there is a strong economic incentive to use (NORM) residues: economic viability
- Technical feasibility
- Social acceptability by the public
- Needs an appropriate regulatory framework
- Needs the establishment of a suitable criteria
- Agreement between all Stakeholders



## Regulatory framework (1)

### Scope of regulations

- Implementation of the 1 Bq/g radionuclides of natural origin
  - below 1 Bq/g materials can be cleared/exempted
  - above 1Bq/g not means a radioactive waste
- Above 1 Bq/g not necessarily means doses above 1 mSv/y  
Residues with activity concentration > 1 Bq/g could be still related to irrelevant risks to ionizing radiation
- Exemption of bulk amounts of material, case by case basis, dose criterion of the order of 1 mSv/y.



## Regulatory framework (2)

Protection strategy in line with sustainability principles and safety requirements.

- Taking into account: future of the product, level of exposure, alternatives
- Materials can cause public exposures by direct external gamma radiation and by releasing radon into indoor air (ex building materials)
- Need authorization/approval for a regulatory authority
- Principles of justification (broader sense) and optimization apply.
- A dose criteria for public exposure of the order of 1 mSv per year can apply
- An annual effective dose assessment and comparison with dose criteria
- Provide information on the levels of exposure to the public.
- Not to be implemented for the purpose for bypassing more stringent requirements on the appropriate management of residues but to benefit society and the environment as a whole.

## Some issues

- Many countries do not have clear policy/strategies to manage NORM residues
- The need of an appropriate characterization to determine the NORM inventory and their risks to define the strategy. (activity concentrations and dose estimations). Need labs. for reliable data and RP knowledge for dose.
- A methodology to obtain and maintain upgraded NORM inventory
- Need of technical expertise for NORM waste treatment/decontamination. Balance decontamination vs waste generation
- Technical feasibility for revalorization of residues
- Economic viability (costs involved for implementing options/local market conditions for accepting by-products)
- Public perception
- Generally lack of specific NORM residue management facility for the processing, storage and disposal for NORM residues
- How to manage NORM residues including other hazards.

## Some possibilities

- **A more pragmatic approach for use of materials for specific purposes by demonstration of beneficial use?** Values derived *on the order of* 1 mSv/y for recycling into construction materials: *May be higher values justified* taking into account social, economic and environmental benefits associated with the clearance of materials for a sustainable use of resources?
- **Possibility of mixing low level residues to facilitate the process?**
- **Linked with the justification principle of RP in a broader sense**
- **Making beneficial use of by products. Complete technical development**  
 Examples: possible future production of U with *other valuable materials such as V and Mo*, produced as by-products (renewable energy and steel industry)  
 U reextraction from tailings? (economic and social viability)  
 Waste mining considerations containing REE (renewable energy/high technology industry)  
 Extraction of Th as a by-product of REE production from monazite.  
 U/ Phosphates projects (Brasil)

## Some issues for mining

- ✓ Negative social perception
- ✓ Risk perception to radioactivity
- ✓ Provincial laws against mining
- ✓ Low profit margins
- ✓ Specific Stakeholders attitudes



## Challenges and Expectations

- Clear policies established by the Government are clue for implementing a circular economy.
- Appropriate regulatory framework for residues management in the context of national policies of sustainability and circular economy is needed.
- Specific criteria for reuse and recycle should be established/clarified (in line with sustainability principles and safety requirements)
- Stimulation of technical solutions for the profitable valorisation of wastes generated by industries taking into account RP aspects is needed. Economic instruments are needed.
- The needed of involvement of private companies in the context of economic viability.
- Communication with the public is clue to tackle risk perception and understanding



## Challenges and Expectations (2)

- Need of training and raise awareness of residue generators, service providers and environmental authorities.
- Promotion of beneficiation: making resources better- by product. Laws and perception could be modified if genuine economic resources and the production of critical materials for clean energy projects are achieve.
- Decommissioning activities in the future.
- For promoting an holistic approach in RP with consideration of sustainable development, the justification principle should not only require a scientific and technical rationality, but also consideration of societal and ethical values in the context of overall wellbeing.
- How to value sustainability aspects, e.g. the benefit of protection of the environment, ecosystems services for applying justification in practice?





*The system of radiological protection should provide an appropriate level of human and environmental protection, without unduly limiting desirable human actions and without adversely affecting sustainable development.*

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)



**¡Muchas gracias!**

[acanoba@arn.gov.ar](mailto:acanoba@arn.gov.ar)

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

18



# La aplicación del sistema de protección del ICRP a los procesos industriales asociados con NORM y la evolución del sistema en relación a la remediación ambiental

Canoba, A.C.

Este trabajo fue presentado en nombre de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). La ICRP es una organización que promueve la ciencia de la protección radiológica en beneficio público, proporcionando orientación y recomendaciones internacionales sobre todos los aspectos de la protección contra las radiaciones ionizantes. La ARN integra el Comité 4 de la ICRP, que brinda asesoramiento para la aplicación de estas recomendaciones.



# **LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ICRP A LOS PROCESOS INDUSTRIALES ASOCIADOS CON NORM Y LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA EN RELACIÓN A LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL**

Canoba A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

*acanoba@arn.gob.ar*

La primer parte de la presentación incluye la descripción de los objetivos y alcance del sistema de protección radiológica, la evolución del mismo y los pilares de la publicación 103 del ICRP: situaciones de exposición, categorías de exposición y principios de protección radiológica. La presentación aborda cómo considerar la aproximación gradual en las distintas situaciones de exposición y la construcción progresiva de un enfoque unificado para todas ellas sobre la base de los valores éticos y sociales, así como de la experiencia surgida de la implementación práctica de las recomendaciones. Posteriormente se describen los factores que hacen que la protección radiológica en industrias que involucran NORM deba implementarse utilizando un enfoque integrado y graduado y cómo se debe aplicar este enfoque desde un punto de vista práctico. Se presentan las bases de la publicación 142 del ICRP.

La segunda parte de la presentación abarca las bases y conceptos principales del Grupo de Trabajo 98 (TG98) del ICRP "Protección Radiológica en áreas contaminadas por actividades del pasado".



# La aplicación del sistema de protección del ICRP a los procesos industriales asociados con NORM y la evolución del sistema en relación a la remediación ambiental

International Joint Conference RADIO 2022  
15-19 Agosto 2022  
Poços de Caldas-MG

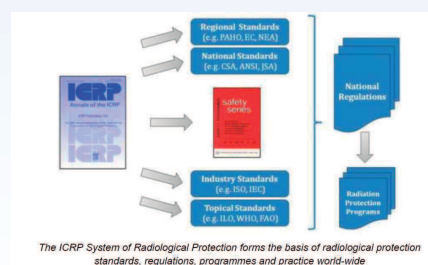
Analía Canoba  
ICRP/Comité 4

*This presentation has neither been approved nor endorsed by the Main Commission of ICRP*

## Misión del ICRP

Avances de la radioprotección para el beneficio del público, proveyendo recomendaciones y guías sobre todos los aspectos de protección contra la radiación ionizante.

Las recomendaciones del ICRP forman las bases de los estándares de protección radiológica, legislación, programas y prácticas en el mundo.



## Objetivo del Sistema de Protección Radiológica

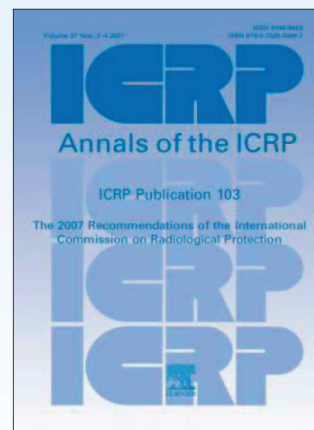
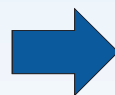
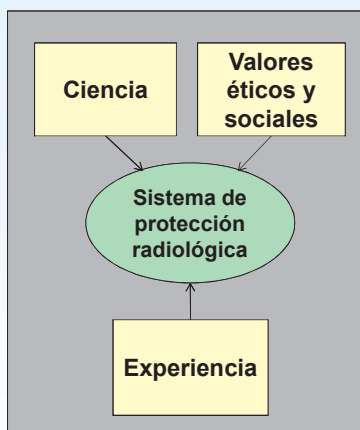
**El objetivo fundamental es proteger a las personas y al medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.**

- Sin limitar indebidamente la operación de instalaciones o la realización de actividades que generan riesgos radiológicos.
- Controlando las exposiciones a la radiación ionizante de forma de prevenir los efectos determinísticos (reacciones tisulares) y que reducir los riesgos de los efectos estocásticos en la medida en que sea razonablemente posible.

## Alcance

- El SPR aplica tanto a las exposición de fuentes naturales como artificiales susceptibles de control.
- Recomendaciones Generales: Pub 26 (1977), Pub 60 (1990), Pub 103 (2007)

## Los 3 pilares del Sistema de protection radiológica



**Publicación 103**



## Evolución del ICRP

- El SPR desarrollado gradualmente en el siglo XX integrando los avances sobre los efectos de la radiación, la evolución de los factores éticos y sociales y el feedback de la experiencia.
- Al comienzo enfocada en protección ocupacional en exp. médicas; luego en la industria nuclear (trabajadores y público). Esto resultó en ICRP 60.
- Creciente preocupación por las exposiciones naturales y eventos del pasado, influyeron en los principios generales del ICRP 103: fue un desafío para el Sistema (ICRP 60) que resultaron en los principios generales del ICRP 103.

### ICRP Publication 109

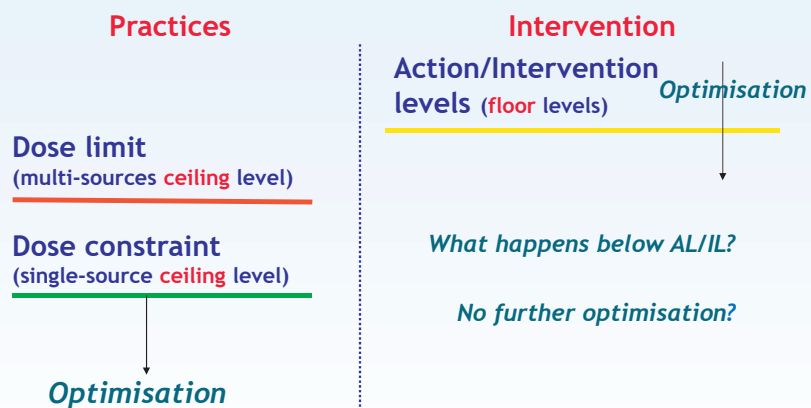
Table 3.1. The historical development of ICRP recommendations.

Factor analysed	Early recommendations	Intermediate recommendations	Present recommendations
Circumstances of exposure considered	Occupational exposure in medicine	All occupational exposure, then all exposure of mankind	All exposure of all species
Who/what is being protected	Protection of man alone	Environment assumed protected because man is protected	Demonstration that environment is protected
Known effects of radiation exposure, aims of radiological protection	Prevent deterministic effects...	... and avoid stochastic effects...	... and recognise the possibility of non-targeted effects
The ethical basis of protection	'Respect for life' virtue ethics	Focus on utilitarian ethics	Increasing emphasis on deontological ethics
Protection methods	Advice on practical protection methods	Application of dose limits, then application of optimisation	Optimisation of protection under dose and risk constraints

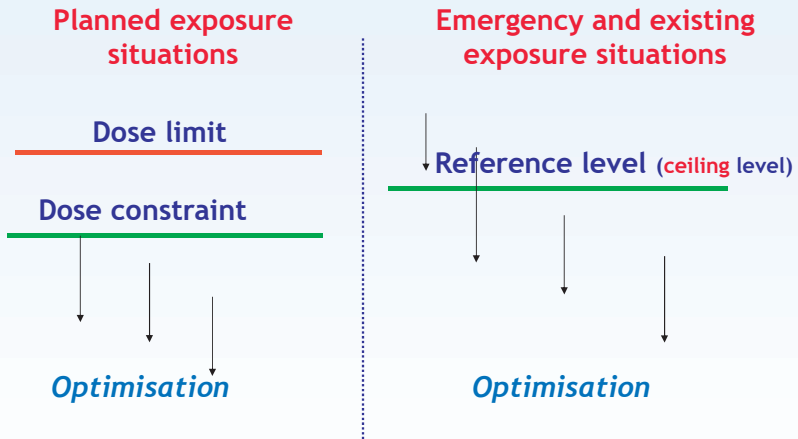
## Sistema de protección en Pub. 103

- Introducción de 3 situaciones de exposición (existentes, planificadas y emergencia)
- Generalización del principio de optimización en conexión con las restricciones de dosis individuales (niveles de referencia y restricciones de dosis) para todas las situaciones controlables de exposición.
- La introducción de “la necesidad de contar con las visiones y preocupaciones de los stakeholders cuando se optimiza la protección”.

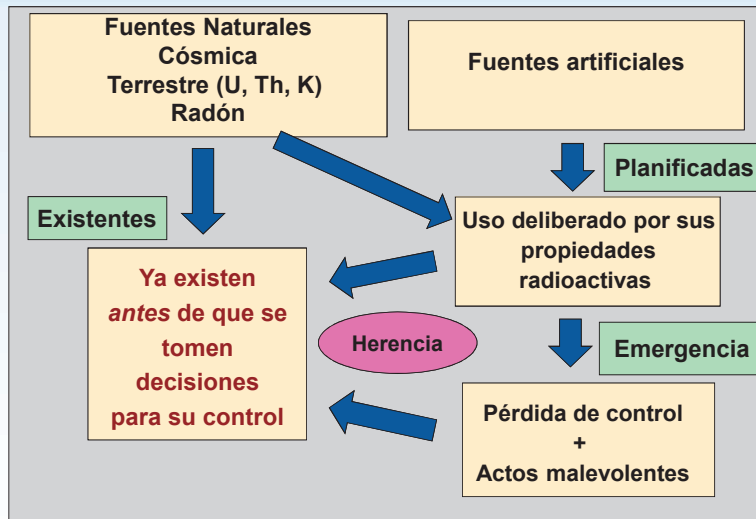
## Pub 60



# Pub 103



## Situaciones de Exposición



10

## Situaciones existentes de exposición

- Exposición a radón en viviendas y en lugares de trabajo.
- Exposición a materiales radioactivos de origen natural (NORM)
- Exposición debido a territorios contaminados luego de emergencia radiológica/nuclear, en la fase de recuperación o debida a prácticas del pasado.
- Exposición de tripulación aérea-espacial a radiación cósmica.
- Exposición a radionucleidos en bienes de consumo.

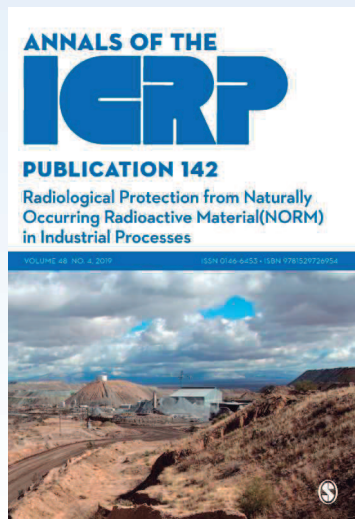
## Características de las situaciones existentes de exposición

- **Dan lugar a distribuciones de dosis individuales**
- **Los niveles de exposición dependen del comportamiento de las personas expuestas. (radon en viviendas)**
- **Potencialmente no implican accidentes e incidentes.**
- **Protección relacionada factores sociales, éticos, económicos, políticos.**
- **Control normalmente sobre las vías de exposición**
- **Perspectiva de control a largo plazo.**
- **Stakeholders involucrados en la optimización de la situación**
- **La exposición de trabajadores no está en conocimiento del empleador (adventicio)**
- **Falta de conocimiento de los trabajadores y público, de cultura en PR.**
- **Varias autoridades de control involucradas.**

## Aproximación gradual en EES

- ¿Cuáles son los riesgos? Cuáles son las oportunidades prácticas?
- Estrategias apropiadas para que los esfuerzos y recursos en protección sean acordes a los riesgos radiológicos
- Las acciones deben estar justificadas y deben implementarse si son necesarias
- Características multi-hazard
- PR integrada con estrategias para riesgos convencionales
- Aplicación de requerimientos de exposición ocupacional cuando sea necesario (exposición significativa)

## ICRP Pub 142



14

## Amplio rango de actividades

- Minería e industrias extracción (no minería de U)
- Produccion carbon, gas y petróleo
- Produccion y uso de metales (torio, niobio, zirconio, ...)
- Industria del fosfato
- Tratamiento de aguas
- Production de cemento
- Materiales de construcción
- Etc.

## Minería de uranio y torio

Fuera del alcance de Pub 142

- Objetivo: extraer material radiactivo de la mina por sus propiedades radiactivas, fisiles
- Parte del ciclo de combustible nuclear
- Situación planificada de exposición
- Actividad licenciada

## NORM: varias etapas a considerar

- Extracción del mineral;
- Procesamiento del mineral;
- Fabricación de productos;
- Uso de productos y sub-productos;
- Reutilización y reciclado de residuos (residue);
- Manejo de residuos (waste) y
- Desmantelamiento o remediación de sitios

*Algunas industrias involucrarán todas las etapas, otras solo algunas*

17

## Características de industrias con NORM

- Muy diversas, solo algunos sectores del proceso involucrados
- Relativamente niveles bajos de exposición
- Variabilidad de exposiciones
- Sujetas a autorización, no debida a RP
- Experiencia en manejo de riesgos, pero pobre cultura de RP
- A menudo multi-hazards; el riesgo radiológico rara vez es el dominante
- No hay posibilidad real de accidents.
- Los niveles de exposición no pueden ser estimados sin una caracterización (Variabilidad)

18

## Situación de exposición

- **Existente/planificada aspecto controversial para NORM**
- IAEA/BSS & EU/BSS (NORM tratadas como planificadas )
- ICRP considera **NORM como existentes** (Pub 103, § 284, 288), excepto si NORM es usado por sus propiedades radioactivas
  - El proceso en que se concentra NORM es **incidental**
- Es factible una aproximación **integrada** y **graduada**.
  - Riesgos **multi-hazards**
  - **Variabilidad de la exposiciones**
  - Potencialmente **altos costos en la regulacion en relacion a la reduccion en la exposición.**

### NORM: Planificada o existente?

By default: EXISTENTE  
La fuente no es introducida deliberadamente  
En casos específicos: req. de planificadas

Practicabilidad y flexibilidad en el control

Flexibilidad: uso de herramientas regulatorias de planificadas  
si es necesario para conseguir protección

Trabajadores pueden ser controlados con niveles de referencia  
y puede no ser necesario aplicar todos los requisitos de  
exposición ocupacional



## Categorías de Exposición

Los procesos pueden implicar:

- **Exposición ocupacional** (pero no de todos los trabajadores)
- **Exposición del público**
- **Exposición del ambiente**

## Principios de PR

- **Justificación:**
  - ✓ de una estrategia de protección (luego de la caracterización)
  - ✓ beneficio global: salud, económico, social, aspectos éticos. Inclusion de Stakeholders.
- **Optimización de la protección:**
  - ✓ el nivel de protección debería ser el mejor, en las circunstancias prevalecientes. Niveles de referencia.
  - ✓ PR integrada con estrategias de protección para contaminantes convencionales
  - ✓ protección colectiva y luego individual
- **Limitación de dosis:**
  - ✓ no aplica a situaciones existentes
  - ✓ en algunas situaciones que sea necesario

## Optimización de la Protección

Seleccionar las acciones más efectivas para la protección del público, los trabajadores y el medio ambiente bajo las circunstancias existentes.

- ✓ Evaluación de todas las exposiciones, exposiciones potenciales
- ✓ Evaluación de todos los riesgos con un enfoque holístico
- ✓ Selección del nivel de referencia como criterio de dosis en función de la caracterización
- ✓ Aplicación de DCRL para la protección de especies no humanas
- ✓ Aplicación de un enfoque graduado proporcionales a los riesgos radiológicos.
- ✓ Revisión periódica de la situación de exposición.
- ✓ Involucramiento de los Stakeholders a lo largo del proceso

## Caracterización

- ✓ Materias primas productos y subproductos
- ✓ Desechos y residuos
- ✓ Descargas
- ✓ Lugar de trabajo: exposición externa y contaminación interna.  
Exposición al radón.
- ✓ Matrices ambientales . Evaluación de impacto ambiental.
- ✓ Evaluación dosimétrica de escenarios de exposición.
- ✓ Protección convencional
- ✓ Sujeta a revisión periódica debida a modificaciones.

## Protección de los trabajadores

- Abordaje **integrado y graduado**
- Comenzando con la **caracterización** de la situación , e integrando, según sea necesario, acciones de protección radiológica específicas para complementar la estrategia de protección ya implementada o planificada para gestionar otros riesgos en el lugar de trabajo
- Abordaje graduado
  - Seleccionando un **nivel de referencia** que refleje la distribución de dosis (no incluido el radon)
    - Menor a unos pocos mSv/y (mayoría de los casos)
    - Mayor a unos pocos mSv/y, rara vez >10 mSv/y
  - Seleccionando las acciones protectivas : 2 series
    - **Colectivo**: relacionado al lugar de trabajo
    - **Individual**: sobre cada trabajador
  - No son necesarios exigir todos los elementos de un programa de protección radiológica.

## Medidas de protección radiológica

- Incluye primero el **control de las condiciones del lugar de trabajo** (proceso, ventilación, blindaje), luego **el control individual** (PPE)
- Niveles radiológicos **significativos pueden necesitar el uso de algunas herramientas** que normalmente están asociadas con los **programas de protección radiológica**.
- **Programa**: manejo adecuado de NORM; equipos de medición; procedimientos de trabajo detallados, frecuencia de realización de mediciones; evaluación y registro de dosis, información y capacitación de los trabajadores; vigilancia de la salud. (según riesgo)

## Proteccion del público

- **Caracterización**
  - Análisis vias de exposición
  - Estimación de dosis
  - Justificación de implementar proteccion
  - Optimización de la proteccion
  - Involucramiento de los Stakeholders
- **Optimización aplicando graded approach** a traves del control de descargas, residuos, residuos , remediacion
- Seleccin del nivel de referencia
  - Menor a algunos mSv/y

## Control de descargas

- **Caracterización radiológica de las descargas;**
- **Identificación de posibles vías de exposición teniendo en cuenta la distribución ambiental de los radionucleidos en el espacio y el tiempo, así como la movilidad de los radionucleidos en condiciones ambientales;**
- **Caracterización del medio natural receptor**
- **Evaluaciones de dosis y estimación de riesgos;**
- **Justificación de las medidas de control de descargas**
- **Selección de un nivel de referencia; y**

## Manejo de residuos

- ✓ Residuos líquidos y sólidos
- ✓ Contaminantes radioactivos y no radioactivos
- ✓ Radionucleidos de larga vida media: periodo de control
- ✓ Volúmenes menores: alta concentración
- ✓ Volúmenes mayores: baja concentración.
- ✓ Considerar desde generación a disposición final. Caracterización
- ✓ Manejados junto a otros contaminantes.
- ✓ Aproximación gradual
- ✓ Tratados como residuos peligrosos
- ✓ Reciclado y reutilización



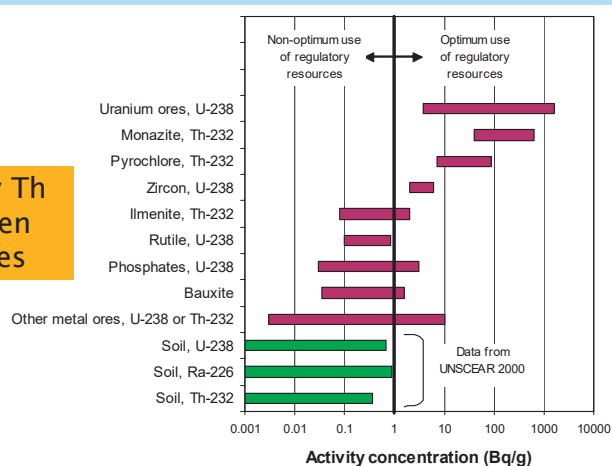
## Protección del ambiente

- **Evaluación gradual**
  - Genérica
  - Específica
  - Evaluación detallada de impacto ambiental (EIA) para justificación
- Uso de herramientas (RAPs...) y criterios (DCRL...) establecidos en ICRP (Pub 124)
- **Stakeholder**

## Proceso general determinación de control regulatorio

- ✓ Relevamiento de industrias NORM en el país.
- ✓ Identificación de procesos críticos.
- ✓ Concentración de actividad en productos, subproductos y residuos.
- ✓ Determinación de dosis efectiva en trabajadores y público.
- ✓ Impacto ambiental de residuos y descargas.
- ✓ Medidas de higiene y seguridad (optimización)

1 Bq/g serie U y Th  
valor superior en  
suelos normales



Radionucleidos en  
minerales

GSG 7 Occupational Radiation Protection

## Enfoque práctico basado en caracterización y aproximación gradual

Los materiales **menores a 1 Bq/g** se consideran fuera del alcance regulatorio.

Los materiales que **exceden 1 Bq/g** deben evaluarse a fin de determinar el **alcance regulatorio**: escenarios de exposición, estimar dosis efectivas, análisis costo beneficio en regular

Aquellos procesos con materiales que exceden 1 Bq/g, con dosis  $> 1$  mSv/a *cuya regulación esté justificada* deberán ser controlados

*Este enfoque no es mencionado en el ICRP 142*

## ICRP 126

### Todos los lugares

(viviendas, "lugares de trabajo comunes", edif. de uso mixto)

- Situaciones existentes
- Exposición público
- RL = 10 mSv/a
- RL derivado= 300 Bq/m<sup>3</sup>
- ALARA (prevención + mitigación)
- Aproximación gradual (plan acción)
- Aprox gradual lugares de trabajo:
  1. Acción basada en la concentración.
  2. Acción basada en la dosis (10mSv/a)
  3. Exposición ocupacional.

Criterio cualitativo (lista nacional)

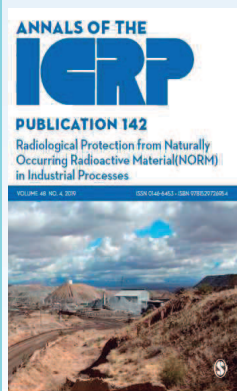
### Lugares de Trabajo (minas, spas...)

- Manejado **como** planificado
- Exposición ocupacional
- Requerimientos relevantes
- Límite de dosis: flexibilidad

Criterio cuantitativo ( $>10$  mSv/a)

## Aplicación del sistema de RP a NORM (ICRP 142)

- La acumulación de NORM no es intencional.
- NORM: situaciones existentes de exposición
- Caracterización de materiales y determinación de exposiciones.
- Justificación y optimización de medidas de control
- Aplicación de la aproximación gradual (medidas necesarias)
- Manejo integrado del control
- Niveles de referencia: alg mSv/a; rara vez > 10 mSv/a)
- En algunos casos, podría considerarse una situación planificada, utilizando la aprox. gradual para el manejo regulatorio.
- Stakeholder involvement es clave en las decisiones.



## Conclusiones

- ✓ **El sistema de PR aplica a todas las exposiciones a RI incluyendo a las fuentes naturales de radiación.**
- ✓ **Deben identificarse y planificar el manejo de las fuentes de exposición a trabajadores, público, ambiente. (Nivel óptimo de control)**
- ✓ **El manejo de NORM: aproximación gradual e integrado**
- ✓ **Regulaciones: deben estar justificadas y la aplicación debe ser implementada si es la mejor opción.**

Uso optimizado de los recursos regulatorios



## ICRP TG 98: Radiological Protection in the Management of Exposures in Areas Contaminated by Past Activities

**Scope:** protection of the public, workers, and the environment in contaminated areas where radioactivity is present as a result of past activities: industrial, military and nuclear activities (other than post-accidental phase after a nuclear emergency which are covered Pub. 146)

- ✓ Never subject to radiological control, or
- ✓ Not controlled according to ICRP Recommendations

37

- ✓ The **objective** of implementation remediation actions is to provide optimized protection under the **prevailing circumstances**, applying available radiation protection **tools that are appropriate** for the circumstances for a given area.
- ✓ Variety and complexity requires a **flexible approach** to radiation protection in each unique situation. **Stakeholders involvement** in all steps.
- ✓ **Ionizing radiation not the only hazard**: recommended **integrated and graded approach** for workers, public and the environment for the management of all hazards.
- ✓ An adequate and **complete characterization** will form the **basis for decisions on actions**

38

## Main Points

- ✓ Managing these exposures as **existing exposure situations**.
- ✓ Early and broad **stakeholder involvement** in decision-making processes for justification of a remediation strategy and optimisation of protection, including the selection of relevant radiological criteria.
- ✓ **Graded approach** for the protection of the public, workers, and the environment, addressing actual and potential exposures.
- ✓ Due to the **variety of situations** and prevailing circumstances achieving overall protection is a **case specific process** that should be **flexible**. (Variety, complexity, and uncertainty)
- ✓ Addressing radiation risks to humans and non-human biota should be **balanced** with addressing **other site-related risks** (e.g. physical and chemical hazards). The **optimisation** of radiological protection has to be included into a **broader risk management process (holistic approach)**.

39

## Main Points (2)

- ✓ **Public protection**: should be selected in the lower range of the 1 to 20 mSv per year dose band, with the objective to progressively reduce exposure close to 1 mSv/y as the site situation improves.
- ✓ **Protection of the environment**: the steps taken to protect members of the public will often provide an adequate level of protection for non-human biota. Nevertheless, an assessment of potential harm to non-human biota and their habitat should be undertaken to support decisions on remediation, using ICRP recommendations on the application of (DCRLs). **Integrated** manner. Not only flora and fauna: other components of the ecosystems such as **air, water and soils**. Protection in a more holistic way, including **ecosystem services** as target of protection as they are crucial for human life.  
Balance between restrictions on land use and soil removal, which could have had a significant environmental and cultural impact due to destruction of the natural habitat.

40

## Main Points (3)

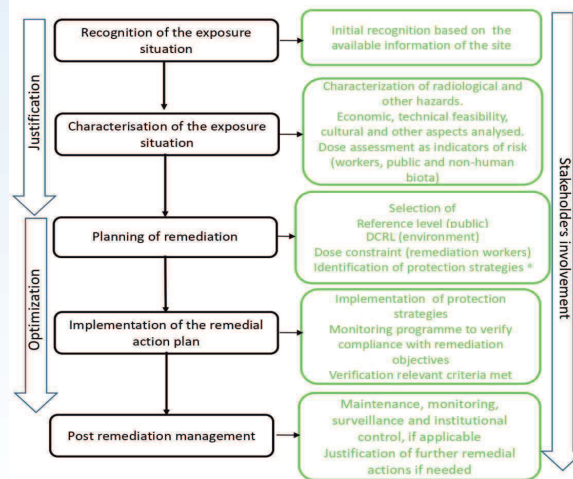
- ✓ Remediation workers: should in most circumstances be considered and managed as occupationally exposed workers. Nevertheless, flexibility in the application of the Commission's framework, through the use of regulatory and practical tools to most effectively achieve protection of remediation workers, may be required.

Common workers: treated as public: reference levels and optimization of protection. Depending on the type of work they perform, it is important to integrate the management of radiation risk with the risks from other hazards related to the work.

- ✓ Implementation of any remediation strategy will generate wastes containing radioactive that also contain, in most cases, non-radioactive contaminants. **Waste management** should be considered **early in the decision-making process** and managed in accordance with national legal and regulatory frameworks using an **all hazards approach**, ensuring to not unduly burden the current and future generations.

41

FIG. 1. Scheme for the phases involved in a remediation process



a including the no action scenario

42

## Case Studies (Annex)

- Case Study 1: Stakeholder Involvement in Establishing of Radionuclide Soil Action Levels at the Rocky Flats Plant
- Case Study 2: Rehabilitation of the Former Nuclear Test Site at Maralinga
- Case Study 3: Remediation of radium legacies from the Swiss Watch Industry



## Case Studies (Annex)

- Case Study 4: Techa River
- Case Study 5: Radium Contamination at Dalgety Bay, Scotland



## Challenges

- Coordination among regulatory authorities including those responsible for other hazardous substances.
- Can we develop common methods for assessment tools to identify viable options , and optimisation of the selected option?
- But not just radiation optimisation!
- Making link between remediation and waste management strategy
- Many cases we are thinking of >100 y timeframe. How to address environmental change over that time?
- Set of regulations is not so difficult to develop. It is the combination of regulations, stakeholder needs and practical implementation.
- Can we develop a coherent and trusted process that everyone can buy into?

¡Muchas gracias!

acanoba@arn.gob.ar



# Issues in the Implementation of new Radon Dose Coefficients

Canoba, A.C.

Presentado en: International Conference on Occupational Radiation Protection – Strengthening Radiation  
Protection of Workers – Twenty Years of Progress and the Way Forward del  
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)  
Ginebra, Suiza, 5 al 9 de septiembre de 2022





## ISSUES IN THE IMPLEMENTATION OF NEW RADON DOSE COEFFICIENTS

Canoba, A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

*acanoba@arn.gob.ar*

This presentation recalls the regulatory framework for the management of radon exposure in workplaces in different exposure situations. Then describes the Radon dose coefficients upgrade, recently developed by ICRP in ICRP publication 137 Part 3, the UNSCEAR position about this upgrade and finally, presents an analysis of the issues that can arise from the implementation of these new radon dose coefficients.



# Issues in the implementation of new Radon Dose Coefficients

Analía Canoba

International Conference on Occupational Radiation Protection:  
Strengthening Radiation Protection of Workers – Twenty Years of  
Progress and the Way Forward  
Geneva, Switzerland  
5 – 9 September 2022

## Contents

- ✓ **Regulatory framework for radon exposure**
- ✓ **Radon dose coefficients upgrade**
- ✓ **Issues for implementation new coefficients**



## Exposure due to radon in workplaces Planned exposure situations

P 3.4 GSR P3: **requirements for planned exposure** situations apply:

- (c) Exposure due to  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  and their progeny **in workplaces** in which occupational exposure due to **other radionuclides in the  $^{238}\text{U}$  decay series or the  $^{232}\text{Th}$  decay series** is controlled as a planned exposure situation;  
(*the need of control as PES*)

- (d) Exposure due to  $^{222}\text{Rn}$  and its progeny **in workplaces in which the annual average activity concentration of  $^{222}\text{Rn}$  in the air remains above the reference level... (1.000 Bq/m<sup>3</sup>)**

(*Concentrations of  $^{222}\text{Rn}$  are high enough the need to apply relevant requirements of PES*)



## Exposure due to radon in workplaces Need of calculating effective dose

P 7.204. GSG 7: **control of exposure under requirements of planned exposure situations:**

*... a factor for calculating the effective dose arising from a given exposure due to Rn-222 progeny is necessary in those special situations in which occupational exposure due to Rn-222 progeny is subject to the requirements for planned exposure situations. This is because in such situations it is necessary to ensure that the limits on effective dose are not exceeded.*

In PES, dose limits are used, protection of workers requires calculation of dose due to radon exposure using a dose coefficient. (example: uranium mining, radon is one component of the total occupational exposure (external gamma and internal exposure from inhalation of other radionuclides).



## Dose coefficients for workers based on epidemiology

Lung cancer risk (/WLM)	Total detriment/ effective dose	Dose coefficients (mSv/WLM)
2,8 E-4 (ICRP 65)	5,6 E-2 (ICRP 60)	5
5,0 E-4 (ICRP 115)	4,2 E-2 (ICRP 103)	12

Adaptado Dose conversion factors for radon, Marsh et al  
Health Physics Society 2010

## ICRP 137 part 3: based on models

Table 12.7. Effective doses from inhalation of radon and thoron in workplaces by a reference worker with an average breathing rate of  $1.2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

Exposure/place*	Unattached fraction, $f_p$	$F$	Effective dose per exposure <sup>†</sup>		
			mSv per WLM	mSv per $\text{mJ h m}^{-3}$	mSv per $\text{Bq h m}^{-3}$
<b>Radon (<math>^{222}\text{Rn}</math>) gas + progeny</b>					
Indoor workplace	0.08	0.4	20	5.7	$1.3 \times 10^{-5}$
Mine	0.01	0.2	12	3.3	—
Tourist cave	0.15	0.4	24	6.7	$1.5 \times 10^{-5}$
<b>Thoron (<math>^{220}\text{Rn}</math>) progeny</b>					
Indoor workplace	0.02	—	5.6	1.6	$1.2 \times 10^{-4}$
Mine	0.005	—	4.8	1.4	$1.0 \times 10^{-4}$

For a sedentary worker:  $0,78 \text{ m}^3/\text{h}$ , implies 14 mSv/WLM

## ICRP 137 part 3

- Dose coefficient of **10 mSv/ WLM (3 mSv per mJ h m<sup>-3</sup>) for underground mines and buildings**, for the majority of circumstances with no adjustment for aerosol characteristics.
- Dose coefficient of **20 mSv/ WLM (6 mSv per mJ h m<sup>-3</sup>) for caves and workplaces with significant physical activities**.

## UNSCEAR report session 66 10-14 June 2019

(l) **Given that the uncertainties** from both dosimetric and epidemiological studies give rise to a broad range of risk estimates and the fact that values from the current dosimetry and epidemiological reviews are consistent with those used in previous UNSCEAR reports, the Committee **recommends the continued use of the dose conversion factor of 9 nSv per (h Bq m<sup>-3</sup>) EEC of <sup>222</sup>Rn**, which corresponds to 1.6 mSv (mJ h m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> for estimating radon exposure levels to a population;

(m) The evidence reviewed by the Committee is compatible with the available data in the Committee's previous assessment of lung cancer risk due to radon. Therefore, it is concluded that **there is no reason to change the established dose conversion factor**. The Committee will continue its general review of population exposure to radon, with a focus on the consequent risk of lung cancer.

- The new DF for occupational exposure to radon results in doses approximately twice those calculated using the DF previously set by ICRP 65.
- UNSCEAR in its recent review of the scientific evidence on lung cancer risk from inhaled radon and its progeny, concluded that its DF remains appropriate for estimating radon exposure levels for public and workers. (5.7 mSv/WLM)
- IAEA TM recommended the use of a DF of 10 mSv/WLM, by default.
- IACRS supports managing exposure due to radon in workplaces, with emphasis on optimization of protection and the use of a graded approach.
- IACRS will monitor further developments and implications.
- IARCS: it is up to individual national authorities to decide if and when to implement this new DCF for radon.

### Issues for implementation

- Need of clarification in order to apply the most appropriate radiation protection requirements to the control of radon gas exposure.
- ICRP's new value can impact on industry, requiring additional mitigation activities in workplaces, mainly underground and restricted in ventilation areas.
- Some workplaces above 10 mSv/y now?
- Some legal issues could also appear for exposures from the past.
- Scientific basis behind the change should be understood. (*Justification change*)
- Unsear and ICRP different conclusions: communication issues; is difficult to explain and to understand for stakeholders.
- Reluctance to comply with additional requirements can arise in workplaces.
- The use of the new ICRP value will increase the relative contribution of radon by around a factor of two in relation with other national exposures.

***Thank you!***  
acanoba@arn.gov.ar



[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)



# Posición del FORO sobre gestión de radionucleidos naturales

Canoba, A.C.

Este trabajo fue presentado en nombre del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares. El FORO es una asociación creada en 1997 con el objetivo de promover la seguridad radiológica, nuclear y física al más alto nivel en la región iberoamericana. La ARN fue uno de los cinco miembros fundadores del FORO y contribuye activamente con la participación de expertos en los proyectos y actividades que conforman el Programa Técnico del FORO.

Presentado en: XII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear y en el X Congreso Regional de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA).  
Santiago de Chile, Chile, 23 al 27 de octubre de 2022



## POSICIÓN DEL FORO SOBRE GESTIÓN DE RADIONUCLEIDOS NATURALES

Canoba A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

*acanoba@arn.gob.ar*

Existen ciertas industrias no nucleares y actividades humanas industriales que implican que radionucleidos naturales como el Potasio-40 y radionucleidos de las series de decaimiento del torio 232 y del uranio 238, se procesen, recuperen, utilicen o se movilicen, de tal manera, que pueden producir un incremento en la exposición a la radiación ionizante de las personas y del medio ambiente. Tales materiales habitualmente son referenciados bajo el término NORM<sup>1</sup>.

Algunos procesos industriales relacionados con NORM son la minería no uranífera, la extracción de metales, el tratamiento para potabilización de aguas, la industria del fosfato, del gas y petróleo, y de los fertilizantes, entre otros. Los radionucleidos naturales pueden encontrarse en algunos efluentes y desechos de estas industrias (por ejemplo, en residuos metálicos, incrustaciones, barros y fluidos). Además de concentrarse en estos materiales, los radionucleidos naturales pueden concentrarse en los subproductos y los productos finales de los procesos productivos, debido al uso de métodos, fisicoquímicos que propician un aumento en la concentración de actividad de estos radionucleidos, la cual puede exceder a aquella presente en los materiales originales en varios órdenes de magnitud. Esta concentración puede producir un incremento en la exposición de los trabajadores y del público a las radiaciones ionizantes y un impacto negativo en el medio ambiente.

Internacionalmente se han realizado numerosas publicaciones sobre NORM. Recientemente, la Comisión Internacional en Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha emitido la Publicación 142 sobre las recomendaciones de protección radiológica para las industrias relacionadas con NORM, mientras que el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha realizado publicaciones específicas como los Safety Report Series 33, 34, 49, 51, 68, 76 y 78, la recientemente publicada Specific Safety Guide 60, junto a las Normas Básicas de Seguridad GSR Parte 3.

Dado que la presencia de radionucleidos naturales no se origina en prácticas nucleares, la concentración que se puede llegar a producir en las actividades mencionadas constituye un efecto colateral de la explotación principal, y quienes llevan a cabo estas explotaciones no necesariamente tienen conocimiento de este hecho, estas actividades históricamente han quedado al margen del marco regulatorio. La presencia de estos materiales radiactivos puede ser manejada de manera apropiada, identificando las industrias y dentro de ellas los procesos que requieren medidas de control adicionales a las ya existentes.

Estas industrias tienen un amplio rango de materias primas, productos, subproductos, efluentes y residuos con diferentes niveles de concentración de radionucleidos naturales. Previamente a definir la necesidad y forma de manejo, deben realizarse mediciones y evaluaciones de los procesos industriales realizando una caracterización radiológica. Las exposiciones debidas a NORM son controlables y deben aplicarse medidas de manejo justificadas y optimizadas, con el fin de lograr un nivel apropiado de protección para las personas y el medio ambiente contra los efectos perjudiciales de la exposición a la radiación ionizante.

En las mencionadas industrias, la exposición a la radiación ionizante no es un riesgo por considerar de manera independiente; por ejemplo, los residuos con NORM suelen contener elementos tóxicos no radiológicos, como son los metales pesados. Por tanto, estas industrias

---

<sup>1</sup> Naturally Occurring Radioactive Material

están familiarizadas con procesos de manejo de riesgos para agentes convencionales, tanto para la protección de los trabajadores, como para el público y el medio ambiente, lo cual facilita la introducción de una cultura de protección radiológica.

En su regulación debe seguirse una aproximación gradual (el nivel de protección debe ser acorde al riesgo involucrado y a las características de la situación) e integrada (evaluar el riesgo radiológico, junto con los demás riesgos) para la protección de los trabajadores, el público y el ambiente. Este enfoque integrado permitirá adoptar una actitud razonable y prudente, teniendo en cuenta las consideraciones económicas y sociales. La participación de las partes interesadas relevantes en el proceso de decisión es crucial; un diálogo permanente entre las posibles autoridades de control y las empresas es fundamental para generar confianza.

Con el fin de conocer la realidad de los países integrantes del FORO, es fundamental identificar las industrias, caracterizar los materiales radiactivos naturales, analizar los escenarios de exposición a las radiaciones ionizantes de origen natural, evaluar el potencial impacto radiológico en las personas y el ambiente, conocer las medidas de protección frente a agentes convencionales e identificar las medidas tecnológicas usadas internacionalmente que pueden ser aplicadas en el manejo de dichos materiales.

Considerando, como primer paso, la importancia de caracterizar las industrias NORM, el FORO propone elaborar una Guía que ayude a los miembros a implementar esta caracterización de forma armonizada entre los distintos países de la región. Esto permitirá determinar el inventario de materiales NORM y estimar los riesgos asociados. (Concentración de actividad como screening y estimaciones de dosis).

Esta guía propondrá lineamientos dirigidos a los gobiernos nacionales y a los organismos reguladores de los países miembros del FORO, que permitan evaluar las estrategias nacionales para realizar una adecuada caracterización de este tipo de industrias y actividades asociadas a NORM.

En conclusión, la posición del FORO con relación a este tema es que las actividades industriales que involucran NORM deberían ser reguladas y controladas, para lo cual el FORO propone desarrollar un proyecto de caracterización, que permita determinar el alcance que deberían tener las regulaciones, considerando el enfoque graduado.



## Posición del FORO sobre Gestión de radionucleidos naturales

Analia Canoba



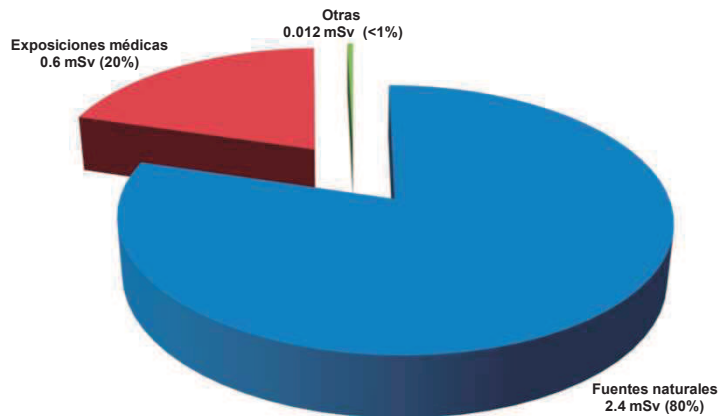
## Contenidos

- ✓ Conceptos generales
- ✓ Industrias asociadas con NORM
- ✓ Aspectos regulatorios (ICRP, OIEA)
- ✓ Posición del FORO
- ✓ Propuesta del FORO

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



## Exposición promedio anual



www.foroiberam.com.ar

UNSCEAR 2006 FORO

## Presencia de elementos radioactivos naturales

- Todos los minerales y materiales sin procesar contienen radionucleidos naturales.
- Algunas industrias no nucleares concentran en sus procesos radionucleidos naturales, que están presentes con otros minerales.

**NORM: naturally occurring radioactive materials**  
*Material containing no significant amounts of radionuclides other than naturally occurring radionuclides, that may be raw material or material in which the activity concentrations of the naturally occurring radionuclides have been changed by some process. (ICRP<sub>AEDIA</sub>)*

Concentración de actividad natural promedio en suelos

$^{238}\text{U}$	0.033 Bq/g
$^{232}\text{Th}$	0.045 Bq/g
$^{40}\text{K}$	0.412 Bq/g

www.foroiberam.com.ar

FORO

## *Concentración en materiales*

- **Procesamiento:** aumento de la concentración de estos radionucleidos, cambios en la composición, movilización selectiva de radionucleidos: cambios en la disponibilidad hacia las personas.
- **Sub-productos, residuos y los productos finales** de estos procesos pueden aumentar la exposición de trabajadores y miembros del público.
- **Si los residuos con radionucleidos naturales no se manejan adecuadamente, puede ocurrir la contaminación en grandes áreas por el volumen de estos residuos.**

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



## *Industrias asociadas con NORM*

### *Amplio rango de actividades*

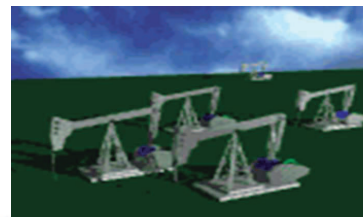
- Minería e industrias extracción (no minería de U)
- Producción carbon, gas y petróleo
- Producción y uso de metales (torio, niobio, zirconio, ...)
- Industria del fosfato
- Tratamiento de aguas
- Producción de cemento
- Materiales de construcción
- Etc.

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



## Procesos en la generación de NORM

- Extracción del mineral
- Procesamiento del mineral
- Uso de productos y subproductos
- Reutilización y reciclado de residuos
- Gestión de residuos
- Desmantelamiento/Remediación de sitios



[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## Aspectos de PR a considerar

- ✓ Exposición ocupacional.
- ✓ Exposición del público.
- ✓ Protección del ambiente.
- ✓ Gestión de desechos y residuos
- ✓ Control de descargas

### Vías de exposición

- ✓ Irradiación externa
- ✓ Inhalación de polvos
- ✓ Inhalación de radon
- ✓ Ingestión de aerosoles

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

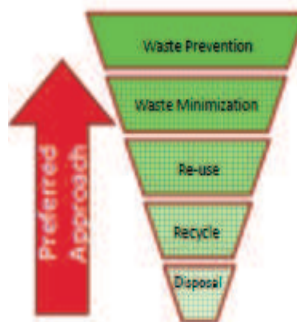
FORO



## Manejo de residuos



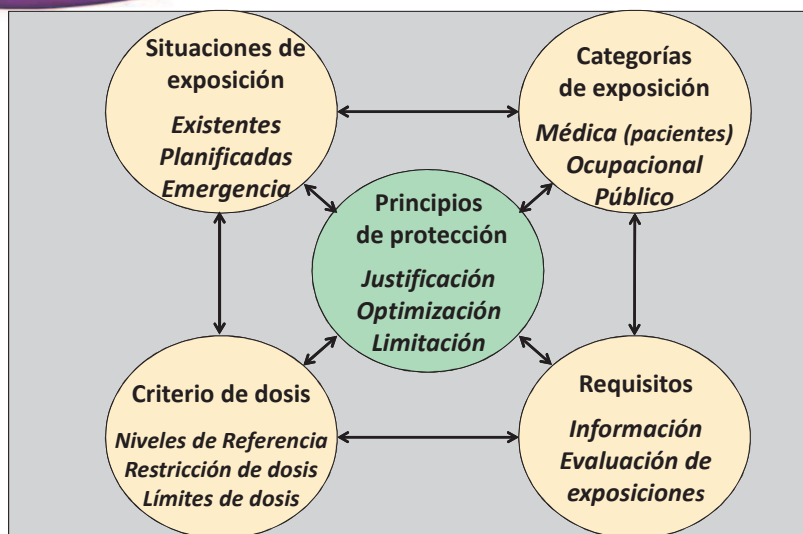
- ✓ Residuos líquidos y sólidos
- ✓ Contaminantes radioactivos y no rad.
- ✓ Radionucleidos de larga vida media.
- ✓ Volúmenes menores: alta concentración
- ✓ Volúmenes mayores: baja concentración.
- ✓ Considerar desde generación a disposición final. Caracterización
- ✓ Manejados junto a otros contaminantes.
- ✓ Aproximación gradual
- ✓ Tratados como residuos peligrosos
- ✓ Reciclado y reutilización



[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## Sistema de protección radiológica



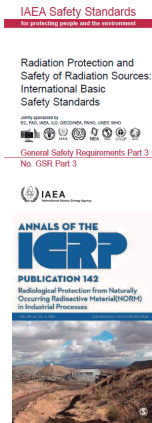
[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO



## Minería de uranio y torio

- Objetivo: extraer material radiactivo de la mina.
- Parte del ciclo de combustible nuclear
- Situación planificada de exposición
- Actividad licenciada



[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## GSR Parte 3: NORM

### Exposición a fuentes naturales

Normalmente consideradas como situaciones existentes

**Requerimientos de situaciones planificadas en:**  
**Exposiciones a materiales cuya [actividad]**  
**series U y Th > 1Bq/g ó K-40 >10 Bq/g**

Ej: industrias NORM

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## NORM: alcance

**Punto crucial: muchas industrias podría ser reguladas sin beneficios.**

**No toda la industria debe ser regulada, procesos específicos.**

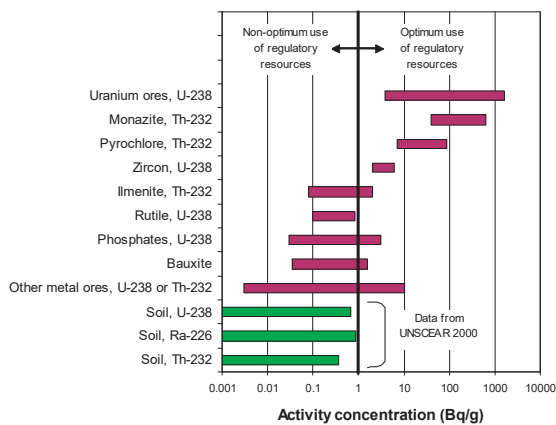
**Regulaciones: deben estar justificadas y la aplicación debe ser implementada si es la mejor opción**

**Definición de concepto de exclusión, exención y dispensa**

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## Alcance radionucleidos naturales: GSR Parte 3



**Exención dosis del orden de 1 mSv en un año, material sólido a granel**

**Dispensa genérica: series U y Th: 1Bq/g  
K-40: 10 Bq/g**

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

## ICRP 142

### Características de industrias con NORM

- Muy diversas, solo algunos sectores del proceso involucrados
- Relativamente niveles bajos de exposición
- Variabilidad de exposiciones
- Sujetas a autorización, no debida a RP
- Experiencia en manejo de riesgos, pero pobre cultura de RP
- A menudo multi-hazards; el riesgo radiológico rara vez es el dominante
- No hay posibilidad real de accidentes.
- Los niveles de exposición no pueden ser estimados sin una caracterización (Variabilidad)

15

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



### Caracterización permite

- **Identificar aquellas etapas del proceso que requieren atención.**
- **Identificar sectores industriales que no necesiten medidas de protección radiológica.**
- **Definir si es necesario aplicar otras medidas de control**
- **Tomar decisiones basadas en los riesgos**

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



## Caracterización

- ✓ **Materias primas, productos y subproductos**
- ✓ **Residuos y desechos (NORM residues y NORM wastes)**
- ✓ **Descargas**
- ✓ **Lugar de trabajo: exposición externa y contaminación interna. Exposición al radón.**
- ✓ **Matrices ambientales. Evaluación de impacto ambiental.**
- ✓ **Evaluación dosimétrica de escenarios de exposición.**
- ✓ **Protección convencional**
- ✓ **Sujeta a revisión periódica debida a modificaciones.**

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO  
PROFESIONAL

## NORM: situación de exposición (ICRP)

- **Existente/planificada aspecto controversial para NORM**
- **IAEA/BSS & EU/BSS (NORM tratadas como planificadas )**
- **ICRP considera NORM como existentes (Pub 103, § 284, 288**
  - **El proceso en que se concentra NORM es incidental**
- **Es factible una aproximación integrada y graduada.**
  - **Riesgos multi-hazards**
  - **Variabilidad de la exposiciones**
  - **Potencialmente altos costos en la regulacion en relacion a la reduccion en la exposición.**
- **La practicabilidad es muy importante**

18  
[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO  
PROFESIONAL

## Principios de PR ICRP 142

- **Justificación:**
  - ✓ de una estrategia de protección (**luego de la caracterización**)
  - ✓ beneficio global: salud, económico, social, aspectos éticos. Inclusion de Stakeholders.
- **Optimización de la protección:**
  - ✓ el nivel de protección debería ser el mejor, en las circunstancias prevaletientes. Niveles de referencia.
  - ✓ PR integrada con estrategias de protección para contaminantes convencionales
  - ✓ protección colectiva y luego individual
- **Limitación de dosis:**
  - ✓ no aplica a situaciones existentes
  - ✓ en algunas situaciones que sea necesario.

## Enfoque práctico

### Basado en caracterización

Los materiales **menores a 1 Bq/g** se consideran fuera del alcance regulatorio.

Los materiales que **exceden 1 Bq/g** *deben evaluarse* a fin de determinar el **alcance regulatorio**:  
escenarios de exposición, estimar dosis efectivas, análisis costo beneficio en regular (1mSv/a)

Aquellos procesos con materiales que exceden 1 mSv/a *cuya regulación esté justificada* deberán ser controlados

## Aspectos a considerar

- Marco legal que cubra a actividades con NORM
- Identificar autoridades responsables en:
  - Desarrollo de criterio regulatorio
  - Actividades de fiscalización y control
  - Remediación de legacy sites
  - Monitoreo a largo plazo
  - Monitoreo ambiental
  - Aspectos no radiológicos
- Si hay mas de una autoridad describir interacción entre las mismas.

www.foroberam.com.ar



## Posición del FORO

Los radionucleidos no fueron introducidos deliberadamente.  
No hay conocimiento en la industria del tema.  
No se ha abordado el tema sistemáticamente.

Amplio rango de materiales y concentración de actividad.  
Manejo propuesto: practicabilidad y flexibilidad en el **control basado en la caracterización: realizar mediciones en los distintos materiales y evaluar los escenarios de exposición.**  
**Conocer la magnitud del problema.**

Las exposiciones son controlables: aplicar **medidas justificadas y optimizadas** para protección de las personas y medio ambiente.

Implementar una **aproximación gradual** en el control e **integrado** con otros riesgos.



## Posición del FORO

Implementar una **aproximación gradual** en el control e **integrado** con otros riesgos.

Un enfoque integrado y acorde a las características de la situación permitirá una **actitud razonable y prudente** (consideraciones técnicas, sociales y económicas)

Participación de las partes interesadas en la toma de decisiones: crucial el trabajo en conjunto: autoridades, industria, público.  
**Trabajar en forma colaborativa.**  
Interacción efectiva entre diferentes reguladores

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)



## Posición del FORO

### Conocer la realidad de los países integrantes

- ✓ Relevamiento de industrias con NORM en cada país.
- ✓ Identificación de los procesos críticos.
- ✓ Caracterizar los materiales:
  - ✓ Concentración de actividad en productos, subproductos, residuos.
  - ✓ Determinación de dosis efectiva en trabajadores y público. (escenarios de exposición)
- ✓ Impacto ambiental de residuos y descargas.
- ✓ Medidas de higiene y seguridad existentes (convencionales)

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)





## Propuesta del FORO

**Elaborar una Guía para orientar a los países a implementar la caracterización en forma armonizada.**

- ✓ Permitirá determinar el inventario de materiales NORM y los riesgos asociados.
- ✓ Permitirá a los gobiernos nacionales y organismos reguladores de los países del FORO conocer la magnitud de la situación.
- ✓ Permitirá establecer estrategias nacionales de control en base a los riesgos determinados en cada país, aplicando un enfoque graduado e integrado, en base a una caracterización adecuada.

Uso optimizado de los recursos regulatorios

[www.foroberam.com.ar](http://www.foroberam.com.ar)

FORO

# Muchas Gracias

[acanoba@arn.gob.ar](mailto:acanoba@arn.gob.ar)

[www.foroberam.org](http://www.foroberam.org)



# El Accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas

Cateriano, M.A.; Lodise, V. y Alonso, M.T.



# EL ACCIONAR REGULATORIO ANTE EL HALLAZGO DE FUENTES HUÉRFANAS

Cateriano, M.A.; Lodise, V. y Alonso, M.T.

Autoridad Regulatoria Nuclear  
Argentina

## *Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA9090 Fortalecimiento de la Infraestructura de reglamentación para mejorar la seguridad radiológica en América Latina y el Caribe*

### INTRODUCCIÓN

Las fuentes huérfanas en el ámbito internacional se han constituido en un problema en la medida que se ha demostrado que las mismas han causado eventos radiológicos que han afectado al público y al medio ambiente.

Existe además una elevada probabilidad de que tales fuentes sean mezcladas con residuos metálicos destinados al reciclado y producción de metales, resultando fundidas.

En la actualidad el problema de las fuentes huérfanas resulta ser una gran preocupación para toda la comunidad internacional y en tal sentido las autoridades reguladoras han venido tomando medidas para garantizar que los sistemas de control regulatorio establecidos aseguren que toda fuente radiactiva sea notificada, que no se ceda su control a usuarios no autorizados y que se realicen inventarios periódicos de las fuentes radiactivas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se analizan las fuentes huérfanas detectadas en Argentina en el período de 2004 a 2019, la mayoría de estas fuentes se han encontrado junto a chatarra en la etapa del ingreso a distintas acerías del país. Estas instalaciones tienen portales de detección de radiación, con el objeto de monitorear la presencia de material radiactivo en la chatarra entrante utilizada como materia prima.

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) establece como requerimiento que estas instalaciones tengan procedimientos de emergencia ante la alarma del portal, los mismos deberán comprender la confirmación de la alarma, aislamiento en un lugar determinado del camión con la carga sospechosa, realizar un perímetro de seguridad y notificar a la ARN.

Por otra parte, se presenta un ejemplo del accionar regulatorio ante una fuente huérfana hallada en una draga abandonada en un astillero de la provincia de Buenos Aires.

### RESULTADOS

Todas las fuentes huérfanas fueron gestionadas como residuo radiactivo, determinándose que en este proceso no se produjeron exposiciones o contaminación a personas o afectación al medio ambiente.

El Cs-137 fue el radioisótopo detectado con mayor frecuencia en las acerías.

Se destaca la importancia de que las acerías cuenten con los pórticos de detección, personal capacitado, y procedimientos para responder ante la detección de material radiactivo.



## *El Accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas*

**Miguel Ángel Cateriano, Victoria Lodise, María Teresa Alonso**

**Autoridad Regulatoria Nuclear  
Argentina**

*Seguridad en las Instalaciones Radiológicas y Nucleares, SEG*

## Introducción

Las fuentes huérfanas se han constituido en un problema a nivel internacional ya que se ha demostrado que pueden causar eventos radiológicos que afecten al público y al medio ambiente.



Además existe la probabilidad de que estas fuentes puedan mezclarse con residuos metálicos destinados al reciclado y producción de metales en las acerías, resultando fundidas.

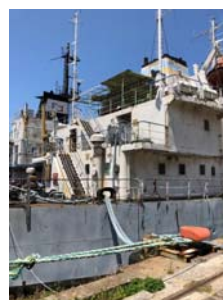
En tal sentido la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) lleva un riguroso control regulatorio de las fuentes radiactivas mediante el licenciamiento, inspección y fiscalización, que asegure que las fuentes radiactivas estén permanentemente bajo control mientras están en uso, o se gestionen cuando se declaran como fuentes en desuso.

Asimismo, promueve el uso de portales de detección de material radiactivo en lugares donde es probable que se encuentren fuentes huérfanas, como las acerías. También ARN, brinda capacitación y apoyo técnico a quienes estén involucrados en la detección de las mismas.

Analizamos las fuentes huérfanas detectadas en Argentina en el periodo 2004- 2019:

Estas fuentes se han encontrado junto a chatarra en la etapa de ingreso a distintas acerías del país. Estas instalaciones poseen portales de detección de radiación, con el objeto de monitorear la presencia de material radiactivo en la chatarra entrante utilizada como materia prima.

Se presenta también un ejemplo del accionar regulatorio ante tres fuentes huérfanas halladas en una draga ucraniana abandonada en un astillero de la provincia de Buenos Aires.



Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022



**SISTEMA DE INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS Y NUCLEARES**  
 Copiarlos los 24 hrs. los 365 días del año

**ATENCIÓN**

Señal para reportar **contaminación** con material radiactivo o nuclear. Involucrados en:

- Instalaciones reguladas por la Autoridad Reguladora Nuclear
- Transporte de material radiactivo
- Espacios públicos

**TELÉFONOS**

Atención 24 horas	011 15 4471 8686
Atención 9 a 18 hs	011 15 4470 3839
Administración	011 15 4421 4581

Está preparado para brindar la siguiente información, de ser posible:

- Nombre y teléfono de contacto
- Fecha, hora y lugar del evento
- Material involucrado
- ¿A qué institución o empresa está perteneciendo o organizándose?
- ¿Qué ha sucedido o qué está sucediendo?

Para mayor información, consulte la web o envíe un correo a:

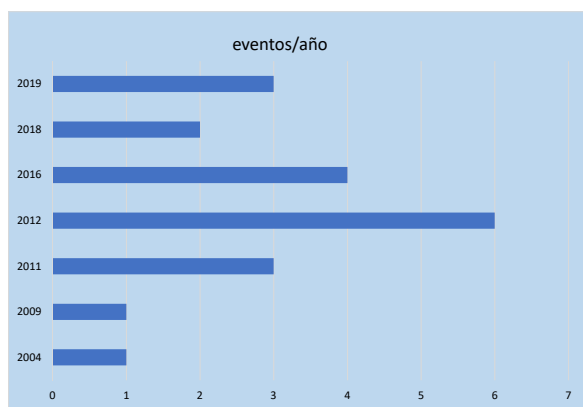
**arn**  
 Autoridad Reguladora Nuclear

www.argentina.gob.ar/arn

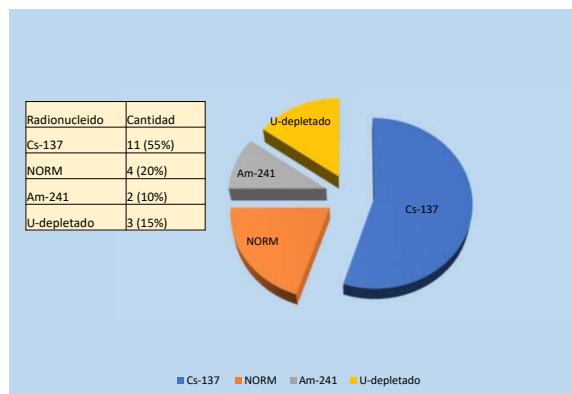


Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022





Hallazgos de material radiactivo



Material radiactivo detectado

Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022

## Ejemplos de hallazgos de material radiactivo



Cs-137



Uranio depletado



Am-241



NORM

Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022

- **Hallazgo de fuentes huérfanas en una draga**
- En noviembre 2019, el SIER de la ARN recibió una llamada del Responsable por la Seguridad Radiológica de Gammagrafía Industrial de un astillero ubicado en la Provincia de Buenos Aires, quien informó el hallazgo de una fuente radiactiva con su blindaje en una draga ucraniana amarrada en el muelle.



**Draga Perekopsky**

La fuente radiactiva fue retirada el mismo día por personal del SIER para su disposición final.



Radionucleído: Co-60  
 Actividad: 18 MBq



Fuente radiactiva

Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas"  
 2022

- **El accionar regulatorio**

Seguidamente, el SIER procedió a realizar un monitoreo radiológico a la draga con el fin de verificar la ausencia de otro tipo de material radiactivo. Este monitoreo dio un resultado positivo, se localizaron en la Sala de Bombas 2 equipos medidores de densidad conteniendo una fuente radiactiva de Cs-137 cada uno.



Ingreso Sala de Bombas



Otros sectores de la draga

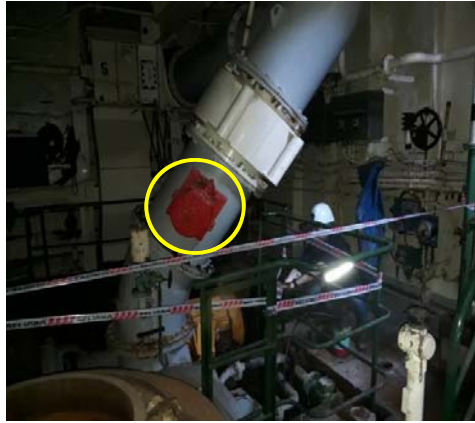


Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas"  
 2022

### Equipos con fuentes de Cs-137



Radionucleido: Cs-137  
 Actividad: 55 GBq



Radionucleido: Cs-137  
 Actividad: 55 GBq



Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022

### Retiro de las fuentes huérfanas de la draga

- El día 12/12/19 personal del SIER de la ARN procedió a retirar las 2 fuentes de Cs-137 de la draga ubicadas en la Sala de bombas, con el apoyo de personal de Prefectura Naval Argentina, personal del astillero y de la CNEA- Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos del Centro Atómico Ezeiza.



Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas" 2022

## Resultados

#204

- Todas las fuentes huérfanas fueron gestionadas como fuentes en desuso, determinándose que en esta tarea no se produjeron exposiciones a personas ni afectación al medio ambiente.
- El origen de las fuentes huérfanas halladas en las acerías es desconocido.
- El Cs-137 es el radioisótopo detectado con mayor frecuencia en las acerías.
- Después del retiro de las 3 fuentes radiactivas de la draga, se procedió a realizar un nuevo monitoreo radiológico, donde se comprobó la ausencia de otro material radiactivo, finalizando de este modo la intervención.

## Conclusiones

- Se destaca la importancia de que en las acerías cuenten con portales de detección, personal capacitado, y procedimientos para responder ante la presencia de material radiactivo como buena práctica.
- La detección de fuentes huérfanas, su seguimiento y la gestión de las mismas han permitido reducir la probabilidad de exposiciones accidentales.

Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas"  
2022

#204

## Gracias por su atención



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



[info@arn.gob.ar](mailto:info@arn.gob.ar)

Miguel Cateriano "El accionar regulatorio ante el hallazgo de fuentes huérfanas"  
2022

# Early Conception of an Unattended Monitoring System for Spent Fuel Transfers to Dry Storage at Atucha 1 Nuclear Power Plant

Díaz, G.; Villamayor, R.; García Fraga, V.; Moreira, M.; Dias, F.;  
Bonino, A.; Fernandez. Moreno, S. and Vaz de Araujo, A.M.



# EARLY CONCEPTION OF AN UNATTENDED MONITORING SYSTEM FOR SPENT FUEL TRANSFERS TO DRY STORAGE AT ATUCHA 1 NUCLEAR POWER PLANT

Gustavo Diaz<sup>1</sup>, Rafael Villamayor<sup>1</sup>, Vicente Garcia Fraga<sup>1</sup>, Marcos Moreira<sup>2</sup>, Fabio Dias<sup>2</sup>, Anibal Bonino<sup>2</sup>, Sonia F. Moreno<sup>2</sup>, Ana Maria Vaz de Araujo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Nuclear Regulatory Authority of Argentina  
Buenos Aires, Argentina.  
Email: gdiaz@arn.gob.ar

<sup>2</sup>Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials  
Rio de Janeiro, Brazil

## Abstract

Atucha I Nuclear Power Plant (NPP) is a pressurized heavy-water reactor (PHWR) located 100 km from the city of Buenos Aires, Argentina. It employs slightly enriched uranium (0.85 <sup>235</sup>Uw%) as fuel and heavy water for cooling and neutron moderation. It is the first nuclear power plant in Latin America and it has been in operation since 1974. Its current gross electrical power is 362 MW.

The Nuclear Regulatory Authority (ARN) of Argentina is the State organization responsible for issuing the reactor operation license, including nuclear safeguards requirements. Atucha I NPP is under safeguards control by the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials (ABACC) and the International Atomic Energy Agency (IAEA).

Taking into account the Atucha I NPP lifespan project, the operator has constructed a new dry storage building next to the spent fuel building. This new building has the capacity to allocate 2754 spent fuel assemblies. The fuel assemblies are defined as difficult-to-access (DTA) upon to their insertion into the silo of the storage. Therefore, specific safeguards measures should be implemented to maintain the continuity of knowledge of the nuclear material during the whole storage period.

The commissioning of the dry storage will be carried out during 2022. During November and December 2021 all the necessary safeguards equipment for unattended monitoring of the SF transfers were installed by ABACC and the IAEA. This paper describes the process applied during the construction to define the safeguards technologies and methods to monitor this activity, which involves early interactions with the project designers, operator, ARN, ABACC, and the IAEA. Additionally, it details the equipment installed to maintain the Continuity of Knowledge (CoK) during the transfers of the nuclear material for dry storage based on a dual containment and surveillance (C/S) concept.

## 1. BACKGROUND

Atucha I NPP is a Siemens-KWU on-load refueling power reactor with a gross electrical power output of 363 MWe. It uses slightly enriched uranium (0.85% concentration of the isotope U-235) for fuel and heavy water as the coolant and moderator. Each fuel assembly has 37 active bars with a length of 5.3 m. It has been in operation since 1974 and is the first nuclear power plant commissioned in Latin America.

A new dry storage (named ASECQ) has been constructed as an extension of the spent fuel ponds building. The new dry storage system for spent fuel assemblies is composed by 306 silos. Each silo containing a canister for nine fuel assemblies. Therefore, more than 200 SQ will be stored.

The safeguards aspects were considered since the beginnings of project. The discussions included the operator company Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NA-SA), the designer National

Commission of Atomic Energy (CNEA), the national regulator ARN, and the safeguards agencies ABACC and IAEA.

In September 2016 ARN and the Department of Energy of the United States of America (DOE) and the National Nuclear Security Administration (NNSA) organized the workshop “Containment and Surveillance for Spent Nuclear Fuel at Atucha 1”. This workshop was held at ARN Headquarters in Buenos Aires, Argentina. The participants included experts from NA-SA, CNEA, ARN, ABACC, IAEA, and DOE/NNSA. The objective of the workshop was to discuss the different technologies that could be used to maintain the CoK during the transfers of the nuclear material from spent fuel ponds to the dry storage. For the workshop’s table top exercises, the participants were divided in groups. Each group had designers, operators, regulators, and safeguards experts. As a result of the workshop the designers were aware of the importance of safeguards and they were open to made design modifications to include safeguards equipment.

Since the beginning of the project, the operator and the ARN agreed that the CoK should be maintained by an unattended monitoring system (UMS) in order to reduce the presence of inspectors during the transfers and to minimize the collective dose. The relatively high temperature and dose rates expected on top of the full silos were the reason to explore an alternative containment technology instead of the application of metal seals. To tackle this challenge, the Laser Curtain for Containment (LCCT) was developed by the IAEA with the technical assistance of the European Commission’s Joint Research Center and with support of ABACC and Argentina. Before the system could be authorized for safeguards use, a series of extensive field tests under real conditions were conducted at one Argentinian facility under the Argentine Member State Support Program.

ARN established as a requirement that the operator include within its official project schedule the installation of safeguards equipment. In this way, the installation of the safeguards’ equipment was an integral part of the project.

One of the most important challenges was to define the organizational structure and the chain of responsibilities that were necessary to carry out the project. The joint planning made it possible to identify the necessary delivery times for the supplies and services provided by the contractors, the necessary technical requirements for the facility, as well as the technical details of the C/S system, LCCT technology and the others UMS equipment.

During the dry storage construction, the operator proposed to perform four Design Information Verification per year, one in each inspection (three Interim Inspections and one Physical Inventory Verification). These visits allowed ABACC and IAEA to interact directly with the designers and operators to find the best solution to the issues that arose about the location and installation of the equipment. The verification measures and activities finally agreed by NA-SA, ARN, ABACC, and IAEA, maintain the CoK during the transfers using solid and reliable technology, adequate backup systems and concise procedures.

## 2. DESCRIPTION OF THE DRY STORAGE

The ASECQ building is a massive reinforced concrete structure with external walls 0.75m thick, where the SFs, previously verified and kept in the SF ponds, are stored. The storage capacity is of 2,754 SFs. The only SF transfer route to the ASECQ is through a gate between the ASECQ and the SF pond building. The components of the system are:

The Storage Unit (UA, Spanish acronym) is a stainless-steel container (basket) with a capacity to store 9 spent fuel assemblies. It consists of 9 tubes which house one SF assembly per tube and has penetrations to allow for air circulation/cooling when placed inside the Silo Unit.

The Silo Unit (US, Spanish acronym) is a 5 mm thick stainless-steel watertight box with an airtight seal cap. Equipment for drawing and monitoring the vacuum inside the US is installed on top of it. Each US houses one UA containing 9 spent fuel assemblies.



The Transport Container (CT, Spanish acronym) is a shielded container to house a UA during transfer from the SF pond to the dry storage, where the UA will be unloaded inside the corresponding US. The CT weights 48 metric tons.

### 3. SAFEGUARDS MEASURES FOR THE TRANSFER AND THE STORAGE

The UMS was developed to increase the efficiency and the effectiveness of the transfers verification and to reduce the doses of the personnel involved. The proposed methodology meets the safeguards requirements to maintain CoK during all phases of the SF transfer and to contain the SFs stored at the silos. The UMS in Atucha 1 is based on a combination of surveillance cameras (NGSS), LCCT system and NDA equipment to cover the entire SF transfers and their storage in the ASECQ.

The transfers start with the loading of nine SF assemblies into a UA in the maneuvering pond. Underwater SF counters detectors verify the selected spent fuel assemblies by attribute test (gamma radiation detection) with simultaneous 100% item counting, while they are being loaded into a UA. The detectors can distinguish the direction of the SF assembly to determine if the SF is being loaded or unloaded.

In addition, in the maneuvering pond there are underwater cameras (UWCs) to perform 100% item counting and all related operations thereby confirming that nine SF assemblies are loaded into a UA and the UA is properly lifted into the CT. The UWCs also can ensure the absence of shielding of the underwater SF counters detectors.

Once the UA is full, the UA is loaded into the CT. The transfer of the CT from the maneuvering pond to ASECQ and the unloading of the UA into a selected US is monitored by a MUND (Mobile Unit Neutron Detector). The MUND confirms that the UA was properly underwater loaded into the CT, transferred to the ASECQ building and unloaded to a selected US. As a safeguards requirement, the MUND (Mobile Unit Neutron Detector) should be installed before the start of the commissioning. Due to some delay in its manufacturing, some especial arrangement would to be done. The close collaboration among all parties allowed the ABACC and IAEA technicians to install the MUND in the transport container at the manufacturer company.

The UMS surveillance system also considers NGSS cameras already installed in the SF building to monitor the transfers, and new NGSS cameras installed in the dry storage area.

In addition, the LCCT system detects the designated US position where the UA is loaded in the SF storage vault and monitors the CT in the SF storage vault. It also detects the presence of any large items in the storage area. The LCCT system creates a containment curtain which detects intrusion into predefined regions-of-interests (ROIs), allowing to detect if a UA is removed from the dry storage. The LCCT and the surveillance cameras compose the dual C/S system in the ASECQ.

All components have redundancy and backup power supply provided by UPS systems and transmit its State-of-Health (SoH) data remotely to ABACC and the IAEA-HQs. In case of any problem related to the SoH, ABACC contacts ARN to notify about the situation and plan the necessary activities in order to check the systems and bring them back to full operations (remotely or through on-site technical visits).

Is important to remark that all the components of UMS were tested at the facility and the necessary adjustments were done before the start of the transfers. In addition, the first transfer was also monitored by inspectors in order to verify that all UMS components were working properly.

### 4. CONCLUSIONS

The early interaction among the designer, the operator, the national regulator, IAEA, and ABACC to identify safeguards concepts and technologies was highly advantageous for the project.

The national regulatory requirements to include the installation of safeguards equipment in the official schedule of the project brought extremely beneficial results. The awareness of the designers about the safeguards issues made possible to include all the considerations and requirements inherent to international safeguards.

The design modifications to include the safeguards equipment helps to avoid the extra costs of installing safeguards equipment at the facility and optimize all those factors related to operation, safety and security.

It is important to test all the components of UMS at the facility before the start of the transfers. This allow the technicians to made all the necessary adjustments without the risk of losing the CoK.

### **ACKNOWLEDGES**

The authors acknowledge Germán Krause (NA-SA), Néstor Eilers (NA-SA), and Leonardo Pardo (former ARN) for their valuable contributions to this paper.

### **REFERENCES**

- [1] Moreira, M., Bonino, A., Facchinetti, M., Machado Da Silva, L., Fernández Moreno, S., Pardo, L., Díaz, G., Vigile, R., Perez, A., Laser Curtain for Containment (LCCT) advance technology: Testing for dual use as a component at spent fuel dry storage in Atucha I NPP, INMM 61st Annual Meeting, virtual meeting (2020).
- [2] G. Diaz, L. Pardo, S. Vigile, R. Villamayor, Argentinean Experience in Spent Fuel Transfer Verification, Institute of Nuclear Materials Management 57th Annual Meeting, USA, 2016.
- [3] Machado da Silva, L.; Fernández Moreno, S.; Renha, G.; Bonino, A.; Pardo, L. and Díaz, G Experience in unattended monitoring systems applied to PHWR reactors in Argentina Progress Achieved. Institute of Nuclear Materials Management 58th Annual Meeting, USA, 2017.
- [4] IAEA. SGTS-002 Techniques and Instruments for Sealing and Containment Verification, Development and Implementation Support Programme for Nuclear Verification 2020 – 2021, Bernard Wishard, STR-393. Vienna: s.n., 2020-2021.



## EARLY CONCEPTION OF AN UNATTENDED MONITORING SYSTEM FOR SPENT FUEL TRANSFERS TO DRY STORAGE AT ATUCHA 1 NUCLEAR POWER PLANT

Gustavo Díaz

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

### *Atucha I NPP* *General information*

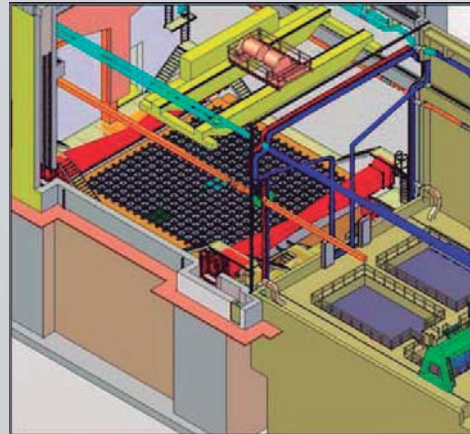
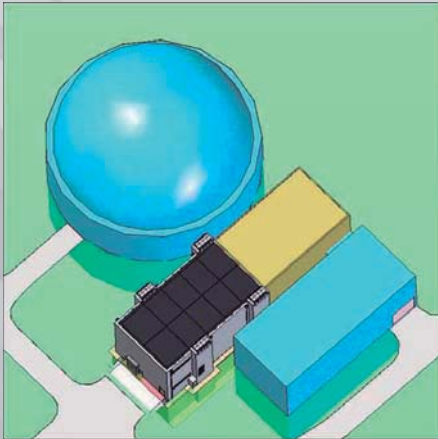
- Pressurized Heavy-Water Reactor
- Thermal Power: 1.179 MWt
- Gross Electric Power: 362 MWe
- Moderator and Coolant: Heavy Water (D2O)
- Fuel: Slightly enriched Uranium (0.85%)



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha I NPP Dry Storage Design



- Extension of Spent Fuel Ponds Building
- 2754 Spent fuels capacity
- More than 200 SQ
- Difficult-to-access

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Dry Storage - Atucha I NPP Background

- Safeguards was considered since the beginning of the project.
- In 2016 ARN and NNSA organized the workshop “Containment and Surveillance for Spent Nuclear Fuel at Atucha 1”. The participants include **designers, contractors, operator, national regulator** and **safeguards experts**.
- All parties agreed to develop an unattended monitoring system (UMS) in order to reduce the presence of inspectors during the transfers and to minimize the collective dose.
- High dose and temperature on top of the silo units led to an alternative sealing system.
- The new **LCCT** system was developed by the **IAEA** with the technical assistance of the **European Commission’s Joint Research Center** and with the support of **ABACC** and **Argentina**. Before the system could be authorized for safeguards use, a series of extensive field tests under real conditions were conducted at an Argentinian facility under the **Argentine Support Program**.

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha I NPP

### Good Practices During Dry Storage Construction

- ARN established as a requirement that the operator includes within its official project schedule the installation of safeguards equipment
- ABACC and IAEA performed a DIV in every inspection (4 per year)
- Fluent communication among designers, contractors, operator, national regulator and ABACC/IAEA

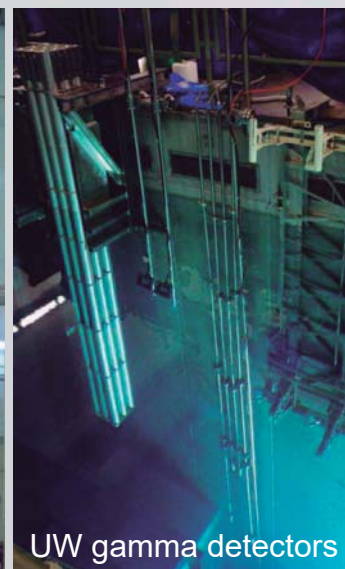


[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha I NPP

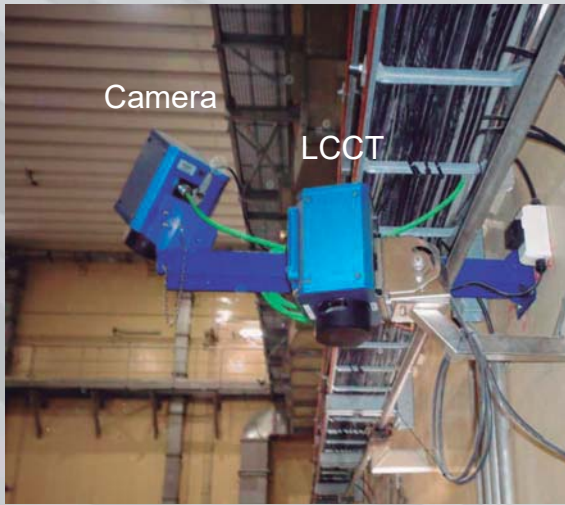
### Dry Storage Safeguards Equipment



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



*Atucha I NPP  
Dry Storage Safeguards Equipment*



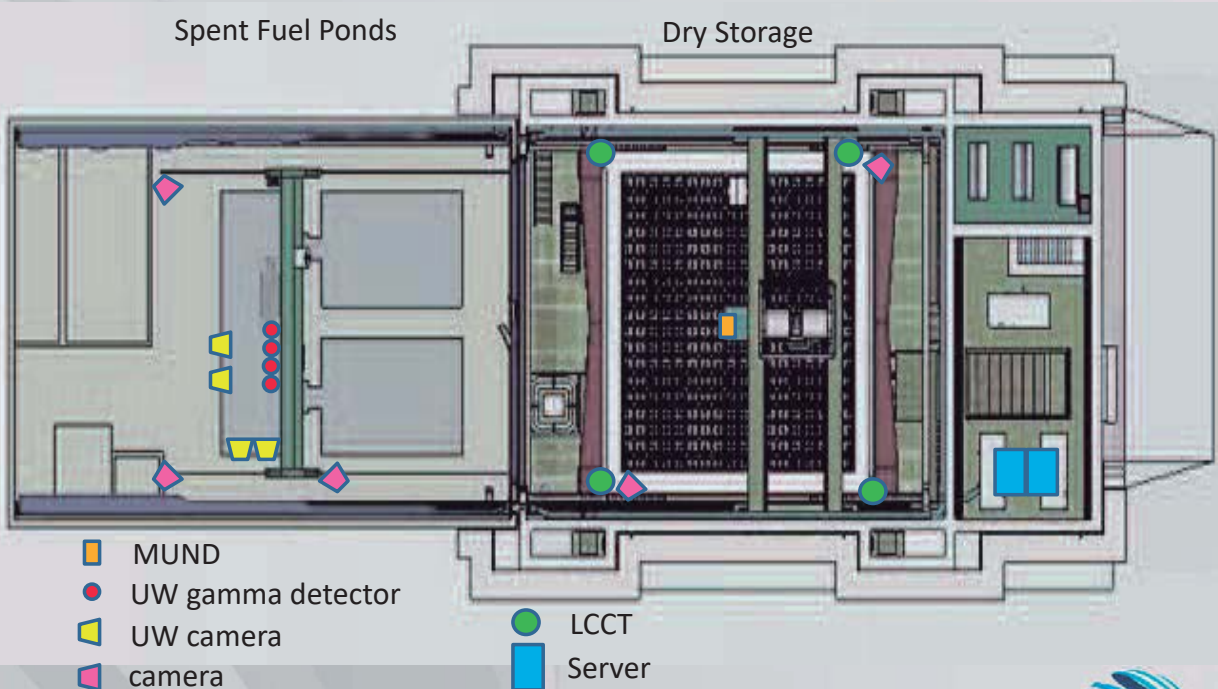
The LCCT system detects and monitors the position of the Transfer Flask. It also detects the presence of any large item in the storage area. The LCCT system creates a containment curtail which detects intrusion into predefined regions-of-interest (ROIs), allowing to detect if a storage unit (containing 9 spent fuels) is removed from the dry storage. The LCCT and the surveillance cameras compose the dual C/S system.

The servers transmit the State-of-Health (SoH) data remotely on a daily basis (surveillance, LCCT, and detectors).

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



*Atucha I NPP  
Dry Storage Safeguards Equipment*



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha I NPP Dry Storage - Transfers



- **No additional inspections needed to verify the transfers**
- First transfer was also monitored by inspectors in order to verify that all UMS components were working properly



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Atucha I NPP Conclusions

- The early interaction among the designer, the operator, the national regulator, IAEA, and ABACC to identify safeguards concepts and technologies was highly advantageous for the project.
- The national regulatory requirements to include the installation of safeguards equipment in the official schedule of the project brought extremely beneficial results.
- The design modifications to include the safeguards equipment helps to avoid the extra costs of installing safeguards equipment at the facility and optimize all those factors related to operation, safety and security.
- It is important to test all the components of UMS at the facility before the start of the transfers.
- UMS avoids the increase of the inspection effort

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



**Thank you for your attention**

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



# Iniciativas de la ARN para promover la diversidad de género en el sector nuclear y las salvaguardias

Di Giorgio, M.

Esta presentación formó parte del Panel *“Políticas organizacionales para promover la diversidad de género en las salvaguardias nucleares”*. El evento se realizó de manera virtual y fue organizado por la Administración Nacional de Seguridad Nuclear (NNSA) del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos, *Women in Nuclear* Global (WiN Global) y *Women in Nuclear* Capítulo de América Latina y el Caribe (WiN ARCAL).





## Iniciativas de la ARN para promover la diversidad de género en el sector nuclear y las salvaguardias

Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

### Autoridad Regulatoria Nuclear *Política institucional*



Ministerio de las Mujeres,  
Géneros y Diversidad  
**Argentina**

Acuerdo marco de cooperación que permitirá a la ARN:

- Desarrollar un marco institucional sobre políticas de género, equidad y diversidad.
- Desarrollar herramientas para atender y prevenir situaciones de violencia de género.
- Diseñar e implementar un plan de capacitación integral en perspectiva de género, diversidad y violencia y acoso por razón de género.



Plan Estratégico 2021-2025 de la ARN

Fuerte compromiso con la **igualdad de género**



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

## Autoridad Regulatoria Nuclear

Vínculos institucionales



Grupo de Trabajo para mejorar el equilibrio de género

Grupo de Impacto

Grupo de Trabajo

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Autoridad Regulatoria Nuclear

Representación

**MUJERES**

**44%**

**PERFIL REGULADOR:**

**54%**

Analistas, inspectoras, asistentes técnicas y referentes

**PERFIL SALVAGUARDIAS:**

**10%**

Analistas, inspectoras, y referentes

(\*) N° total de agentes de ARN: 371

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Autoridad Regulatoria Nuclear *Representación*

En 2002 y 2014 la presidencia de ARN fue ocupada por una mujer

A partir de 2009, al menos una mujer fue miembro del Directorio

9 de las 15 Gerencias/ Unidades están actualmente dirigidas por mujeres



13 de las 20 Subgerencias están dirigidas por mujeres



Participación de mujeres en diversos comités internacionales como SAGSI

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Proyecto Mujeres, liderazgo y redes en Argentina *Objetivos*

Aumentar la visibilidad

Proyecto

Fomentar la promoción

Inspirar a las mujeres

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina*  
*Actividades*



Entrevistas



Panel de debate



Manual

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina*  
*Colaboradores*



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina*

### Entrevista

- Carrera profesional
- Educación y formación
- Mentores
- Equilibrio de género
- Cuidados
- Representación
- Liderazgo
- Visibilidad de las mujeres
- Carrera en la no proliferación



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina*

### Panel de debate 1/2

- Las mujeres argentinas en la no proliferación nuclear. Representación y liderazgo
- 14 de octubre de 2021 (modalidad virtual)
- Historias únicas, éxitos y desafíos, consejos para abordar el equilibrio de género
- 4 ejes:
  - 1- Trayectoria profesional
  - 2- Obstáculos
  - 3- Representación y liderazgo
  - 4- El camino a seguir



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina* *Panel de debate 2/2*

- 3 encuestas + final
  - Barreras y obstáculos
  - Liderazgo y perspectivas de género
  - Representación y visibilidad
- Resultados
- Conclusiones
- + posibilidades de llevar a cabo acciones para promover la igualdad de género
- falta de conocimiento de los conceptos claves

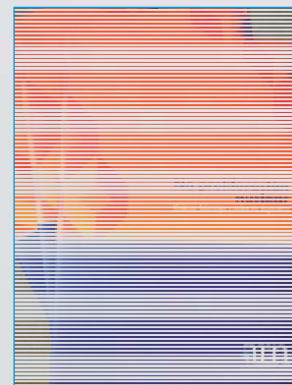


[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina* *Manual*

- Mujeres que inspiran. Vocación, formación y gestión pública
- Carrera profesional en la no proliferación nuclear. Una mirada desde dentro
- Representación y liderazgo femenino



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)





Proyecto *Mujeres, liderazgo y redes en Argentina*  
*Resultados*

Aumentar la  
visibilidad

- Datos
- Experiencias
- Mujeres líderes en NP

Inspirar a las  
mujeres

- Intercambio con expertas
- Posibles carreras en NP
- Otras actividades

Fomentar la  
promoción

- Involucrar a las autoridades
- Datos y medidas
- Modelos de rol

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



**Gracias por su atención**

Autoridad Reguladora Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



# IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

## *Una perspectiva de género para el fortalecimiento de la protección radiológica*

Di Giorgio, M.

Dentro de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) se constituyó el Grupo de Trabajo [Mujeres en Radiación](#) (WiR), actualmente presidido por la Lic. Di Giorgio. Esta presentación se expuso por primera vez en el Seminario Internacional “*IRPA- Novedades de los Grupos de Trabajo*”, realizado de manera virtual el 7 de julio de 2022.

Presentado en: XII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear y en el X Congreso Regional de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA).  
Santiago de Chile, Chile, 23 al 27 de octubre de 2022.





XII CONGRESO REGIONAL DE SEGURIDAD  
RADIOLÓGICA Y NUCLEAR. X CONGRESO REGIONAL  
IRPA. “PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: ADAPTÁNDONOS  
A NUEVOS ESCENARIOS”

## **IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)** **Una perspectiva de género para el fortalecimiento de la protección radiológica**

**Marina Di Giorgio**

**TG WiR**

*Presidente de la Sociedad Argentina de Protección Radiológica (SAR)*

*Vicepresidente segunda de la Autoridad Reguladora Nuclear de Argentina*



## **IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)**

- ✓ La perspectiva de género es muy relevante para comprender el desarrollo de cada cultura y, en este caso particular, para fortalecer la Protección Radiológica (PR).
- ✓ En PR, las mujeres enfrentan principalmente problemas en 4 niveles:
- ✓ socio-cultural,
- ✓ institucional
- ✓ subjetividad femenina, y
- ✓ solidaridad de género
- ✓ Hay una construcción sociocultural sobre el papel que las mujeres deben desempeñar en una sociedad que las mantenga alejadas de los puestos de toma de decisiones, y de desarrollar sus carreras profesionales en los campos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM)



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

- La igualdad de género es una base sólida para construir un futuro sostenible para todos
- Si la igualdad de género es el fin, la equidad de género es el medio
- La equidad de género significa justicia de trato para mujeres y hombres, de acuerdo con sus respectivas necesidades. Esto puede incluir igualdad de trato o trato diferente, pero que se considera equivalente en términos de derechos, beneficios, obligaciones y oportunidades



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

- ✓ **Actividades de la IRPA con perspectiva de género relacionadas con la Protección Radiológica**
- ✓ Panel sobre "Desarrollo de la mujer en el sector nuclear: perspectivas y experiencias de los profesionales en la esfera de la seguridad radiológica y nuclear". (XI Congreso Regional Latinoamericano IRPA sobre Protección y Seguridad Radiológica, celebrado en La Habana, Cuba, en abril de 2018).
- Sesión extraordinaria sobre Women in Radiation (WiR) (IRPA15 Congreso Internacional, Corea, enero de 2021) Recomendación a IRPA para crear un TG y redactar una Declaración de la IRPA para mujeres en protección radiológica.
- Una publicación en el Journal of Radiological Protection **Women in radiation (WiR)—a perspective for the strengthening of radiation protection. J. Radiol. Prot. 42 (2022) 010502; <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac2909>.**

*Autores: Gabriele Voigt (WiN Global, Austria), Nicole E. Martinez (Clemson Univ. USA), Jacqueline Garnier-Laplace (OECD/NEA, France), Florence Maher (OECD/NEA, France), Claire Cousins (ICRP, UK), Gillian Hirth (UNSCEAR, Australia), Renate Czarwinski (German-Swiss Radiation Protection Association, Germany), Ruxandra Sapoi (Dositracker, Romania), Kazuyo Suzuki (Kyoto University Hospital, Japan), Rui Qiu (Tsinghua Univ, China), Melina Belinco (WiN, Argentina), \*Marina Di Giorgio (ARN, Argentina).*



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

### Objetivo del TG sobre WiR

- Promover un amplio intercambio de experiencias y valores para una perspectiva de género en RP dentro de IRPA
- Desarrollar una Declaración de IRPA para mujeres en PR
- Estos elementos permitirán evaluar las oportunidades, roles y mandatos reales que se ejercen en el lugar de trabajo en diferentes países con el fin de promover y desencadenar acciones con miras a la igualdad de oportunidades

5



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

IRPA Perspectiva de género:  
empoderamiento  
equilibrio  
cultura  
valor  
voz

- Garantizar que se aborden y eliminen los prejuicios y la discriminación en todos los niveles
- Asegurar una participación significativa y visible de las mujeres en puestos de liderazgo y crear más oportunidades para que las mujeres jóvenes desarrollen una carrera en el sector de PR; También para apoyar a las mujeres de mediana edad que no tuvieron oportunidad de progreso y se quedaron atrapadas en sus carreras



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)

- ✓ **Membresía**
- ✓ **Chair: Marina Di Giorgio (Sociedad Argentina de Protección Radiológica - SAR)**
- ✓ **Vicepresidente: Por definir**
- ✓ **Miembros designados por los AS. Se logra una amplia participación, que abarca todas las regiones: África, Asia, Australia, Europa y América del Norte y América Latina.**
- ✓ **Miembros designados como representantes de las organizaciones internacionales pertinentes**



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR) Tareas

- **Informar a las Sociedades Asociadas de IRPA sobre la iniciativa e invitarlas a enviar nominaciones. HECHO**
- **Discutir y compartir experiencias sobre los temas relacionados con las mujeres en la radiación (WiR):**
  - **El papel de la mujer en la ciencia en los diferentes ámbitos regionales y países**
  - **Fortalecimiento de la RP y mejora de la cultura de protección radiológica a través de una perspectiva de género**
  - **Las principales necesidades y desafíos que enfrentan las mujeres que trabajan en el campo de la radiación**
  - **La estrategia del mentoring como una de las acciones importantes para desarrollar la visión integral**
  - **Las mujeres y la próxima generación desempeñan un papel en la promoción de la cultura de seguridad y la ética en la protección radiológica, incluidos los aspectos sanitarios**





## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR) Métodos de trabajo

El trabajo del Grupo de Trabajo se llevará a cabo principalmente por correo electrónico y reuniones virtuales.

La metodología de trabajo incluirá:

Encuesta y recopilación de datos

Desarrollar una Declaración de IRPA para mujeres en PR

Talleres (virtuales) para la recolección de datos y también para difundir la Declaración

Presentaciones sobre el TG y los hallazgos del TG en los Congresos Regionales del IRPA (2022/2023) y en el Congreso Internacional

Preparar una guía sobre la mejora del equilibrio de género

9



## IRPA Task Group Women in Radiation (WiR)



Igualdad



Equidad

*Muchas gracias por su atención!*

10



# Una mirada desde la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina

Di Giorgio, M.

Este trabajo integró la Mesa Redonda "*Nuevas formas de habitar el sector nuclear:  
Oportunidades y desafíos para la creación de culturas inclusivas*",  
donde la ARN compartió su experiencia y acciones en materia de género,  
junto a otras instituciones del ámbito nuclear.

Presentado en: XII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear y en el X Congreso Regional  
de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA).  
Santiago de Chile, Chile, 23 al 27 de octubre de 2022.





## Nuevas formas de habitar el sector nuclear: *Oportunidades y desafíos para la creación de culturas inclusivas*

Una mirada desde la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina

Lic. Marina Di Giorgio

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

### Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) *Presentación*

Presidencia de la Nación

Secretaría General

+ 65 años en regulación



- Seguridad Radiológica
- Seguridad Nuclear
- Protección y Seguridad Física
- Salvaguardias y No Proliferación

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



## Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) *Plan Estratégico 2021-2025*

### PLAN ESTRATÉGICO 2021-2025

- **MISIÓN, VISIÓN Y VALORES**
- **LÍNEAS ESTRATÉGICAS**

I: Promover una cultura de seguridad permanente

II: Fortalecer los procesos de regulación y fiscalización de las instalaciones y prácticas reguladas

III: Consolidar las políticas de salvaguardias y no proliferación y el cumplimiento de compromisos internacionales

IV: Fortalecer una gestión institucional de calidad

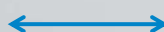
V: Consolidar una imagen institucional distintiva



[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)



## Autoridad Regulatoria Nuclear *Política institucional*



Ministerio de las Mujeres,  
Géneros y Diversidad  
**Argentina**

Acuerdo marco de cooperación que permitirá a la ARN:

- Desarrollar un marco institucional sobre políticas de género, equidad y diversidad.
- Desarrollar herramientas para atender y prevenir situaciones de violencia de género.
- Diseñar e implementar un plan de capacitación integral en perspectiva de género, diversidad y violencia y acoso por razón de género.



Plan Estratégico 2021-2025 de la ARN

Fuerte compromiso con la **igualdad de género**



[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)



**Gracias por su atención**

Autoridad Regulatoria Nuclear



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)





***¿Qué esfuerzos se requieren para fortalecer las prácticas de licenciamiento tanto de nuevas tecnologías, así como de las ya existentes?***

***¿Qué acciones ya se han puesto en marcha y qué obstáculos se han encontrado?,***

(IA) El Estado Argentino apuesta fuertemente por la expansión de la energía nuclear, consolidando una matriz energética diversificada y sustentable.

**Es clave para un desarrollo nuclear sólido la existencia de un programa regulador** que garantice que todas y cada una de las actividades nucleares se desarrollen cumpliendo con los requisitos de seguridad que hoy exigen los estándares nacionales e internacionales.

Argentina, con una tradición de más de 70 años en el desarrollo nuclear, comprendió desde sus comienzos esta necesidad y sentó las bases para la labor actual de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) que, en virtud de la Ley Nacional N° 24804 de la Actividad Nuclear, es el organismo del Estado que regula y fiscaliza la actividad, con competencia nacional en materia de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y no proliferación, y protección y seguridad física.

(PE) Desde el Directorio, hemos aprobado el Plan Estratégico que cubre el período de los ejercicios anuales 2021-2025, y describe cómo la ARN planea lograr el cumplimiento de las funciones de regulación y fiscalización de la actividad nuclear, descriptas en la Ley, y en donde se presentan la Misión, Visión y Valores y cinco Líneas Estratégicas, con sus respectivos objetivos.

Quisiera referirme a dos líneas estratégicas, íntimamente relacionadas. Por un lado la idea de “II. *Fortalecer los procesos de regulación y fiscalización de las instalaciones y prácticas reguladas*” y la línea estratégica IV: *Fortalecer una gestión institucional de calidad, con miras a consolidar la estructura organizativa y una planta de personal con crecientes niveles de profesionalización y capacitación.*

Entre los objetivos de la primera, permítanme destacar, por el tema que hoy nos convoca, “b. *Garantizar el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales en el proceso de licenciamiento de las instalaciones reguladas y de su personal*”. Mediante este objetivo se pretende atender los desafíos regulatorios en materia de licenciamiento que la ARN tiene por delante, en función del plan nuclear de la Argentina. A saber:

1. Mantener durante el proceso de licenciamiento/autorización un nivel adecuado de coordinación y consulta con otras instituciones competentes.
2. Consolidar el marco regulatorio para el licenciamiento a largo plazo de la Central Nuclear Atucha I “Presidente Juan Domingo Perón”.
3. Continuar con el proceso de licenciamiento del reactor prototipo CAREM 25 adaptando los requisitos existentes en el marco normativo a las particularidades del proyecto.

4. Desarrollar el marco regulatorio para el licenciamiento de reactores modulares en Argentina considerando el estado del arte internacional en la materia.
5. Dar continuidad al proceso de licenciamiento del reactor multipropósito RA-10. 6. Analizar el proceso de licenciamiento de la Cuarta Central Nuclear.
7. Implementar los procesos de licenciamiento y fiscalización del Proyecto “Centro Argentino de Protonterapia”.
8. Evaluar la adecuación de los procesos de licenciamiento en ocasión de la introducción de nuevas tecnologías.
9. Analizar los procesos de licenciamiento y fiscalización del Proyecto “Nueva Planta de Purificación de Uranio” (NPU).
10. Evaluar, actualizar y armonizar el esquema de licenciamiento de personal asociado a las distintas instalaciones y prácticas.

Todas esas actividades solo pueden ser atendidas con los recursos financieros y las capacidades humanas adecuadas. Por ello, buscamos:

- Promover la formación, capacitación y entrenamiento del personal para mejorar el desarrollo de sus competencias en las áreas de incumbencia regulatoria.
- Implementar una política de recursos humanos que permita la incorporación de nuevos agentes a fin de cumplir satisfactoriamente con las necesidades y los desafíos que la institución debe abordar los próximos años.
- Avanzar en la gestión de un convenio colectivo de trabajo sectorial para la ARN que permita ordenar las relaciones laborales.

En esta búsqueda, entendemos que es clave un abordaje con perspectiva de género. Como se señala en la guía SOMOS POTENCIA, hay una necesidad de generar políticas dedicadas a la sensibilización y formación del personal respecto a las temáticas de género, igualdad e inclusión.

En esa misma línea, resulta necesaria la implementación de una política institucional de entrenamientos que permita reconsiderar las tecnologías nucleares desde una perspectiva de género donde se considere el desarrollo profesional permanente y el acceso en igualdad de oportunidades.

En pos de ello, la ARN, tiene como objetivo fomentar la participación del personal en cursos, talleres, seminarios, congresos y reuniones, nacionales e internacionales, de interés para el accionar regulatorio.

Actualmente desde la ARN se está trabajando coordinadamente con el Ministerio de las Mujeres, Géneros y Diversidad de la Nación para la firma de un Convenio Marco de cooperación que permita a la institución:

- Desarrollar un marco institucional en materia de políticas de género, equidad y diversidad.
- Elaborar herramientas para tratar y prevenir situaciones de violencia de género.
- Diseñar e implementar un plan de capacitación integral sobre perspectiva de géneros, diversidad y violencia y acoso por razones de género.

La ARN tiene un fuerte compromiso con la equidad de género:

- Personal de la ARN realizó la capacitación sobre la Ley 27.499, llamada Ley Micaela, de Capacitación Obligatoria en Género para todas las personas que integran los tres poderes del Estado.
- Además, se han realizado capacitaciones en temáticas vinculadas a género en el Acceso y Permanencia Laboral de Travestis, Transexuales y Transgéneros en el Sector Público Nacional, en sensibilización sobre violencia de género, entre otras.
- Desde 2019, funciona la Delegación ARN-Comisión de Igualdad de Oportunidades y Trato (CIOT) con el fin de mejorar las relaciones laborales e impulsar acciones en pos de la equidad de oportunidades y trato en la institución. En este marco, se destaca el *Protocolo de Actuación, Orientación, Abordaje y Erradicación de la Violencia de Género* vigente para toda la APN.

También es importante destacar que la ARN manifiesta este compromiso en los diversos foros nacionales, regionales e internacionales en los que participa, a través de sus intervenciones y participaciones activas de agentes en conferencias, simposios y talleres.

Por eso, celebro este encuentro para fomentar conversaciones y cambiar perspectivas tendientes a un mundo más justo, representativo e igualitario.

Estoy convencida de que con una mayor diversidad e inclusión la ARN estará mejor dotada para lograr la excelencia regulatoria y cumplir con su mandato. Y, por supuesto, no es posible hablar de inclusión sin hablar de la búsqueda de la equidad de género.

Con esto concluyo esta breve presentación, reiterando el compromiso institucional de la ARN y el mío propio de promover la participación activa y plena de las mujeres y diversidades en esta importante área laboral que llevamos a cabo, con la más alta solvencia, cada día.



# Radiological Emergencies Response and Information to the Public: Two Challenges, One Commitment

Duarte, M.L. and Truppa, W.A.



# **RADIOLOGICAL EMERGENCIES RESPONSE AND INFORMATION TO THE PUBLIC: TWO CHALLENGES, ONE COMMITMENT**

Duarte, M.L. and Truppa, W.A.

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

## **ABSTRACT**

The Nuclear Regulatory Authority (ARN) in Argentina has a Nuclear and Radiological Emergency Intervention System (called SIEN/SIER in Spanish), which operates 24 hours a day, 7 days a week, and responds to situations that could expose the public to uncontrolled ionizing radiation.

The ARN's SIER responds to radiological incidents and emergencies involving members of the public, in public spaces and in any facility where radioactive material is handled. The loss, theft or misplacement of radioactive sources is part of these incidents. The SIER has its equipment and technical mechanisms established to deal with these situations.

As part of the characteristics of a trusted regulator, the ARNs strategy includes frequent and transparent communication with the public, providing adequate, clear and timely information on regulatory actions and events that could be of interest. For seven years, the ARN has established a mechanism for keeping the public informed about events reported by regulated parties, which are published on the ARN's website as a first communication action, and have been available in an updated archive over those seven years.

In the case of incidents involving radioactive sources, communication with the public is reinforced by national and local media outreach and the involvement of local response organizations, as part of the actions necessary for the prompt recovery of radioactive sources.

Therefore, the response to incidents and the public communication mechanisms share a common commitment: to protect the public from exposure to ionizing radiation and to recover radioactive sources that have been out of control in the shortest possible time.

This presentation includes three national examples of radioactive sources that were recovered by the regulatory body, where emergency technical response and the public communication have worked in an integrated way, pursuing the same commitment and facing the challenges of each action.

## **RESUMEN**

Argentina tiene un Sistema de Intervención en Emergencias Nucleares y Radiológicas (SIEN/SIER) de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), operativo las 24 horas de los 7 días de la semana, y que responde ante situaciones que pudieran exponer al público a una radiación ionizante sin control.

El SIER de la ARN responde ante incidentes y emergencias radiológicas que involucren a la población, en espacios públicos y en toda instalación donde haya manejo de material radiactivo. La pérdida, robo o extravío de fuentes radiactivas forma parte de estos incidentes. El SIER tiene sus equipos y mecanismos técnicos establecidos para actuar ante estas situaciones.

Como parte de las características de un regulador confiable, la estrategia de la ARN contempla una comunicación frecuente y transparente con el público, brindando información adecuada, clara y en tiempo sobre el accionar regulatorio y eventos que pudieran ser de interés. Hace siete años, la ARN estableció un mecanismo de comunicación para mantener informado al público sobre los sucesos notificados por regulados, que son publicados en el sitio web de la ARN como primera acción de comunicación, y que está disponible en un archivo actualizado durante esos siete años.

Para el caso de incidentes con fuentes radiactivas, la comunicación al público se refuerza con la difusión de información a los medios de prensa nacionales y locales, y el involucramiento de las organizaciones de respuesta locales, como parte de las acciones necesarias para la pronta recuperación de fuentes radiactivas.

Así, la respuesta a los incidentes y la comunicación con el público comparten un mismo compromiso: proteger a la población de la exposición a la radiación ionizante y recuperar, en el menor tiempo posible, las fuentes radiactivas que hayan estado fuera de control.

Esta presentación incluye tres ejemplos nacionales de fuentes radiactivas que fueron recuperadas por el organismo regulador (ARN), en donde la respuesta técnica de emergencias y la comunicación con el público trabajaron de manera integrada, en pos de un mismo compromiso y atendiendo los desafíos propios para cada accionar.





## Radiological Incidents Response and Information to the Public: Two Challenges, One Commitment

María Laura Duarte  
Walter Truppa

ARGENTINA

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

### Argentina Nuclear Regulatory Authority (ARN)

Argentina has **72 years of regulatory experience**

The Nuclear Regulatory Authority (ARN) is the **State Agency** responsible for the **regulation and oversight of nuclear activity in Argentina**. ARN, as the **competent national authority**, regulates in **four regulatory areas** defined by the National Law on Nuclear Activity:

- radiation safety
- nuclear safety
- safeguards and non-proliferation
- physical protection and security

ARN is an **independent regulatory authority with national competence**

- Own technical capacity
- **Driving role in emergencies**
- Regional Training Center for Latin America and Caribbean
- Extensive participation in the international arena



## ARN Emergency Response System

- Maintains a **Radiological and Nuclear Emergency Response System**, operational **24 hours a day, 365 days a year**
- **Plans and coordinates the implementation of response actions** together with response organizations and other authorities.



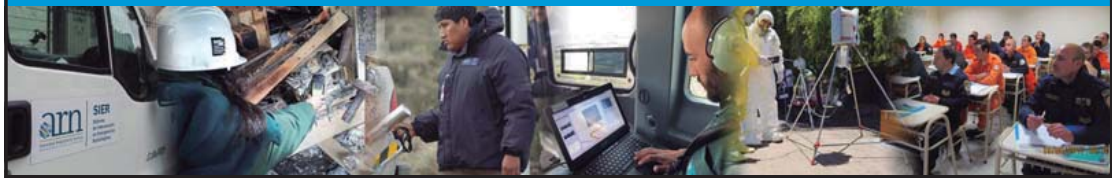
**SIER**  
Sistema de Intervención  
en Emergencias Radiológicas

**Radiological emergencies** in minor facilities and practices, in public spaces, and/or involving the public.

**SIEN**  
Sistema de Intervención  
en Emergencias Nucleares

**Emergencies caused by accidents at NPP's**, with consequences outside the facility.

- Member of the **National Council for Integrated Risk Management and Civil Protection (SINAGIR)**



## SIER - Radiological Emergency Intervention System

As part of the activities carried out during the **preparedness phase**, ARN **provides training to response organizations** from all over the country that may intervene as **first responders in an emergency**.



- Average number of interventions: **8 per year**
- Area with highest percentage of interventions: **industry**
- Mainly interventions due to **theft / missing of radioactive equipment / material**



### CHALLENGES

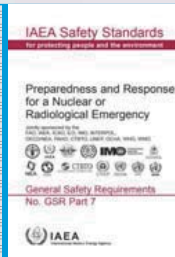
- To **increase response capacities** for combined emergency situations.
- To continue working on **public communications priorities** - trust, transparency, manage of rumors / fake news.
- To **increase the overall effectiveness of emergency management systems**, in national and international EPR arrangements.



## Managing radiological incidents and emergencies

**Requirement 10 of GSR Part 7 states "(...) to provide the public with information that is necessary**

- For their **protection**
- To **warn them properly**
- And to **instruct them on actions**



During an incident, **response actions and public information** have their own arrangements and challenges, with the **SAME COMMITMENT** to **PROTECT THE PEOPLE**

In **incidents with radioactive sources** that are not under control, it is essential to **achieve their recovery as soon as possible**, before an emergency occurs.

The following are **three incidents** in which **communication to the public** played a **key role in the resolution of the intervention**

[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)



## Case 1 - Theft of a contraband detector

Description of the incident	January 2017 - Density measuring equipment stolen during a robbery
Public communication actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARN <b>press release to local media</b></li> <li>• Permanent information on the <b>ARN website – notified events page</b>.</li> </ul>
Resolution	August 2021 – <b>Member of the public</b> discovered the source and identified it thanks to the information available on the ARN's website



Argentina.gob.ar | Buscar trámites, servicios o áreas

Inicio / Autoridad Regulatoria Nuclear / Robo de equipo medidor de densidad en Campana

### Robo de equipo medidor de densidad en Campana

Compartir en redes sociales: f t in

(Actualizado al 5 de agosto de 2021)

El lunes 16 de enero de 2017, la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) recibió el llamado de un organismo público informando del robo de un equipo medidor de densidad marca Polmaster, que se encontraba dentro de un vehículo estacionado en la localidad de Campana, provincia de Buenos Aires.

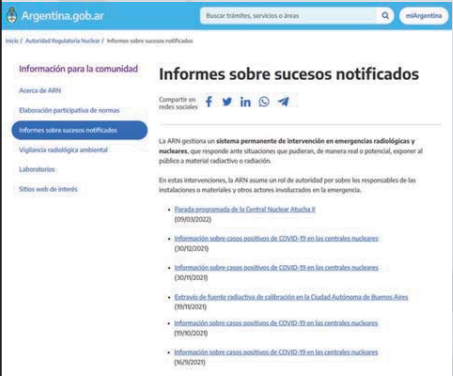
El equipo, modelo PM 140T, con número de serie de la fuente radiactiva 70027 (ver foto abajo), es utilizado para la detección de contrabando y emplea como material radiactivo Ba-133 con un riesgo radiológico asociado muy bajo.

La ARN tomó intervención realizando las acciones necesarias, dando aviso inmediato a la Sección Seguridad Radiológica de la Superintendencia de Bomberos de la Policía Federal Argentina y a la Gendarmería Nacional Argentina.

El 5 de agosto 2021, se recibió un llamado de un particular que manifestó el hallazgo de un equipo que coincidía con la descripción de dicho dispositivo. Gracias a esta información, el equipo pudo ser recuperado. El robo había sido efectuado a un vehículo oficial de la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP), de donde se sustrajo el equipo Polmaster.

[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)

## Case 1 - Theft of a contraband detector (cont.)



Argentina.gov.ar

Inicio / Autoridad Regulatoria Nuclear / Informes sobre sucesos notificados


**Informes sobre sucesos notificados**

Compartir en redes sociales

La ARN gestiona un sistema permanente de intervención en emergencias radiológicas y nucleares, que responde ante situaciones que pudieran, de manera real o potencial, exponer al público a material radiactivo o radiación.

En estas intervenciones, la ARN asume un rol de autoridad por sobre los responsables de las instalaciones o materiales y otros actores involucrados en la emergencia.

- Traslado automatizado de la Central Nuclear Atucha 3 (20/03/2021)
- Información sobre casos positivos de COVID-19 en los centros nucleares (10/02/2021)
- Información sobre casos positivos de COVID-19 en los centros nucleares (30/07/2021)
- Entrada de fuente radiactiva de calibración en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (09/02/2021)
- Información sobre casos positivos de COVID-19 en los centros nucleares (19/03/2021)
- Información sobre casos positivos de COVID-19 en los centros nucleares (16/02/2021)



Argentina.gov.ar

Inicio / Autoridad Regulatoria Nuclear / Robo de equipo medidor de densidad en Campana

**Robo de equipo medidor de densidad en Campana**



Compartir en redes sociales

(Actualizado al 5 de agosto de 2021)

El lunes 16 de enero de 2017, la Autoridad Regulatoria Nuclear recibió el llamado de un organismo público de seguridad del robo de un equipo medidor de densidad marca Polimeter que se encontraba en custodia del personal de la Prefectura Naval Argentina (PNA) en el puerto de Campana, provincia de Santa Fe.

El equipo fue hallado en un vehículo estacionado en un estacionamiento público (por falta de espacio en el texto original) el día 5 de agosto de 2021. El equipo fue hallado en un vehículo estacionado en un estacionamiento público (por falta de espacio en el texto original) el día 5 de agosto de 2021. El equipo fue hallado en un vehículo estacionado en un estacionamiento público (por falta de espacio en el texto original) el día 5 de agosto de 2021.

El 5 de agosto 2021, se recibió un llamado de un particular que manifestó el hallazgo de un equipo que coincidía con la descripción de dicho dispositivo. Gracias a esta información, el equipo pudo ser recuperado. El robo había sido efectuado a un vehículo oficial de la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP), de donde se suscitó el equipo Polimeter.






**THANKS TO THE INFORMATION AVAILABLE ON THE ARN WEBSITE, THE EQUIPMENT WAS RECOVERED.**

www.argentina.gov.ar/arn

## Case 2 - Lost of a nuclear gauge

Description of the incident	August 2017 – Lost of an industrial gammagraphy equipment near a national route
Public communication actions	<p><b>National alert</b> approach was defined</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Initial statement</b> (first hour)</li> <li>• Information published on the <b>ARN website</b> (notified events page)</li> <li>• <b>ARN press release to local and national media</b> – wire agency, newscasts and online media</li> <li>• <b>SIER spokesperson interview s</b> with local media</li> <li>• <b>Media monitoring</b></li> <li>• <b>Recovery information</b> on the ARN website and press release to local media</li> </ul>
Resolution	The source was <b>recovered a day after</b> . A member of the public discovered the source and call the police, thanks to the <b>warning in a local radio</b>

Argentina.gov.ar

Inicio / Autoridad Regulatoria Nuclear / Extravío de fuente radiactiva en Gobernador Crespo, Santa Fe

**Extravío de fuente radiactiva en Gobernador Crespo, Santa Fe**


Compartir en redes sociales

(Buenos Aires, 16 de agosto de 2017)

El día martes 15 de agosto alrededor de las 19:00 hs, el operador de un equipo de gammagrafía industrial, tras finalizar su práctica en una instalación industrial de la localidad de Gobernador Crespo, Provincia de Santa Fe, se percató de que el equipo no se encontraba dentro del vehículo en el que se lo transporta. El lugar de extravió se sitúa en las inmediaciones de la Ruta Nacional N° 17 entre las localidades de Gobernador Crespo y Marulino Escalada.

Es un equipo portátil similar al de la foto, que se usa para realizar imágenes internas (de tipo radiografía) de componentes metálicos, en general cables.

El nombre y modelo comercial del equipo es "Sentinel B80", es robusto y tiene una fuente radiactiva de una intensidad importante. Es de color amarillo, pesa unos 25 kg, y mide unos 35 cm de largo.



www.argentina.gov.ar/arn


## Case 2 - Lost of a nuclear gauge (cont.)

**Sociedad.**

NO FUE MANIPULADO

**Santa Fe: encontraron el peligroso equipo radiactivo que había sido robado**


14/08/2017 11:30 | Investigan los cursos que generaron este extravío para tomar las medidas o sanciones correspondientes.



**Recuperaron el equipo nuclear que se había perdido en Santa Fe**

Un empleado detectó ayer a la tarde que no estaba en el auto que lo transportaba. La fuente está en perfecto estado, con el material radiactivo en su interior.

Publicado: 14/08/2017 - 16:07:06



Argentina.gob.ar

Buscar Váncies, servicios o áreas

Autidad Regulatoria Nuclear | Hallaron la fuente radiactiva extraviada en Gobernador Crespo, Santa Fe

**Hallaron la fuente radiactiva extraviada en Gobernador Crespo, Santa Fe**

Compartir en redes sociales

[Buenos Aires, 14 de agosto de 2017 - 16:00 h.]

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) confirmó que se recuperó la fuente radiactiva extraviada en el interior de un hogar en Santa Fe, por lo que se declaró que el equipo de la planta de energía nuclear de Santa Fe se encuentra en perfecto estado. La ARN ya se encuentra trabajando en el lugar para asegurar que el equipo de la planta de energía nuclear de Santa Fe se encuentre en perfecto estado.

Los técnicos de ARN constataron que la fuente está en perfecto estado, con el material radiactivo en su interior, sin haber sido vulnerado su blindaje ni haber entrado en contacto con el medio ambiente. El equipo con su fuente será trasladado hasta su lugar de guarda segura.

La Autoridad Regulatoria Nuclear inició un expediente de investigación para determinar las causas que generaron este extravío y tomar las medidas o sanciones correspondientes (\*).

Resalta destacable que para la resolución favorable de esta situación fue muy importante el alerta temprana y el accionar inmediato de los actores relevantes como la Secretaría de Protección Civil de Santa Fe.

(\*) En vista del incumplimiento a la normativa vigente en materia de protección radiológica y por medio de la Resolución ARN 100/2017 publicada en el Boletín Oficial del 17 de abril de 2015, la ARN resolvió aplicar sanciones económicas al titular de la licencia de operación de la instalación, al responsable por la seguridad radiológica de la instalación y al operador que extravió la fuente.

**THANKS TO THE WARNING IN A LOCAL RADIO, A MEMBER OF THE PUBLIC, WHO DISCOVERED THE SOURCE AND HAD IT IN HIS HOUSE, CALLED THE POLICE**

[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)

## Case 3 - Theft of a nuclear gauge

Description of the incident	February 2020 – Portable humidity measuring equipment stolen from a public agency	
Public communication actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Initial statement and warning</b></li> <li>• Information on the <b>ARN website</b> (notified events page) and <b>SINAGIR alert system</b></li> <li>• Key role of <b>local and national response organizations</b></li> <li>• <b>ARN press release to local media</b></li> <li>• <b>Media monitoring</b></li> <li>• <b>Recovery information</b> - ARN website and press release to local media</li> </ul>	
Resolution	The source was <b>recovered two days later</b> . The <b>dissemination of public information</b> at local level and a <b>national alert</b> helped to resolve the incident.	

[www.argentina.gob.ar/arm](http://www.argentina.gob.ar/arm)

## Case 3 - Theft of a nuclear gauge (cont.)

Argentina.gov.ar

Buscar noticias, artículos o libros

Transparencia

ARN  
Autoridad Regulatoria Nuclear  
PRESIDENCIA DE LA NACION

Somos el organismo del Estado argentino, dedicado a la regulación y fiscalización de la actividad nuclear en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, protección y seguridad física, y salvaguarda y no proliferación.

Información para la comunidad | Instalaciones, prácticas y personal regulado | Capacitación y formación regulatoria

Un equipo medidor que contiene una fuente radiactiva fue robado en la localidad de Valle Viejo, Catamarca. El equipo puede presentar daños a la salud si es manipulado por personas inexpertas o si la fuente radiactiva es extraída del equipo o dañada. En caso de encontrarlo, no lo toque y manténgalo a una distancia de al menos 5 metros. Llame a la delegación de Policía o Bomberos más cercana al lugar del hallazgo, los teléfonos de emergencia: 103 Defensa Civil, 103 Bomberos, 107/191 Policía o a la Autoridad Regulatoria Nuclear los 24 hs. del día al 011-15-4471-6666, 011-15-4470-3839, 011-15-4421-4581.

¿Cómo alertar una emergencia radiológica o nuclear?  
En caso de producirse una situación de emergencia en la vía pública o en una instalación, llamemos los 24 horas a los teléfonos:  
011-15-4471-6666  
011-15-4470-3839  
011-15-4421-4581

¿QUÉ HACER EN CASO DE ENCONTRAR UNA FUENTE RADIOACTIVA?

Podrá obtener información en Emergencias Radiológicas y Nucleares

Argentina.gov.ar

Buscar noticias, artículos o libros

ARN | Autoridad Regulatoria Nuclear | multimedios con factor radiactivo robado en valle viejo, Catamarca

### Hallaron el equipo con fuente radiactiva robado en Valle Viejo, Catamarca

radioactive source recovered

El equipo y la fuente radiactiva robada en su interior se encontraron en perfectas condiciones de seguridad. El titular del equipo no presentó signos de haber sido víctima, por lo cual el material radiactivo no se halló en contacto con las personas al momento de hallarlo.

El equipo se trasladó al predio del ININ en Valle Viejo para su guarda segura.

THANKS TO THE PRESENCE OF NATIONAL RESPONSE ORGANIZATIONS AND THE DISSEMINATION OF PUBLIC INFORMATION AT LOCAL LEVEL, THE SOURCE APPEARED TWO DAYS AFTER.

[www.argentina.gov.ar/arn](http://www.argentina.gov.ar/arn)

## Providing information to the public

### Permanent public information in official channels

- ARN and SINAGIR websites
- Social media posts
- Informative leaflets and training material
- Posters for facilities and licensees

### Effective public communication during the response

- Timely
- Clear
- Accurate
- Respond to the public concerns

Maintain the PUBLIC TRUST

[www.argentina.gov.ar/arn](http://www.argentina.gov.ar/arn)

Argentina.gov.ar

Buscar noticias, artículos o libros

SINAGIR

### Recomendaciones frente a emergencias

SPINAGIR EN MEDIOS PUEBLES

Para obtener recomendaciones que pueden salvar vidas, consulte los contenidos que están disponibles para personas afectadas o de segunda intención. No consuma que consuma el medicamento que le ha sido recetado con el medicamento.

Plan 1 - Reporte del No Peligro

Para la información que los usuarios SINAGIR le para el siguiente procedimiento:

1. 1. 1. 1. 1.

Resque	Nevoles	Libros Interiores
Cita de calor	Ole pulir	Contaminación del aire
Vientos Interiores	Erupciones volcánicas	Polvos de chatarra expulsa
Heladas	Crisis	Muda
Incendios urbanos / suburbanos	Incendios forestales	Tornados
Temporal de invierno	Material radiactivo fuera de control	Hundimientos
Waves	Tormentas	Escape de mercancías peligrosas
Inundaciones	Contaminación de agua	Aluvión
Tiempos marinos	Viento Zonda	Fugas de gas
		Contaminación del aire

¿Cómo alertar una emergencia radiológica o nuclear?  
En caso de producirse una situación de emergencia en la vía pública o en una instalación, llamemos los 24 horas a los teléfonos:  
011-15-4471-6666  
011-15-4470-3839  
011-15-4421-4581

¿QUÉ HACER EN CASO DE ENCONTRAR UNA FUENTE RADIOACTIVA?

Podrá obtener información en Emergencias Radiológicas y Nucleares

## Providing information to the public (cont.)

**MATERIAL RADIATIVO: COMO ACTUAR EN CASO DE DETECTARLO**

¿QUÉ ES UNA FUENTE RADIATIVA?

¿QUÉ ES UN EQUIPO O DISPOSITIVO DE MEDICIÓN?

¿QUÉ ES LA RADIACIÓN?

¿CÓMO IDENTIFICAR UNA FUENTE RADIATIVA?

¿CÓMO DEBO PROCEDER EN CASO DE EMERGENCIAS?

**SISTEMA DE INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS Y NUCLEARES**  
Disponible las 24 hs, los 365 días del año

**ATENCIÓN**

Solo para reportar **emergencias** con material radiactivo o nuclear, involucrado en:

- Instalaciones reguladas por la Autoridad Regulatoria Nuclear
- Transporte de material radiactivo
- Espacios públicos

**TELÉFONOS**

JEFE DE TURNO	011 15 4471 8686
ALTERNO	011 15 4470 3839
COORDINADORA	011 15 4421 4561

Esté preparado para brindar la siguiente información, de ser posible:

- Nombre y teléfono de contacto
- Fecha, hora y lugar del evento
- Material involucrado
- ¿Se ha notificado a alguna otra persona u organización?
- ¿Qué ha sucedido y qué está sucediendo?

Para más información, puede entrar a [www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

**¿Qué hacer en una emergencia nuclear?**

Informarse a través de los radios FM locales, altavoces y sirenas. Disponer siempre de baterías para radios y sistemas.

**CON ALERTA VERDE**

- Permanece dentro de una vivienda, escuela, comercio o edificio público.
- Recúbre los cumplidos de yodo que entrega el Gobierno Nacional, con su folleto explicativo.
- No legírese el cumplido hasta escuchar el aviso por radio.

**CON ALARMA ROJA**

- Cuando escuches el aviso, **ingrer el cumplimiento de yodo y sumérgete los dedos e niños** y bebés de acuerdo a las indicaciones del folleto.
- Cerrá puertas y ventanas y **sellá** las entradas de aire con trapos húmedos, cinta o papeles.
- Apará todos los aparatos de comunicación que tomen aire del exterior.

Continúa escuchando los radios locales, altavoces y sirenas, y **seguí las indicaciones** de Defensa Civil y otras organizaciones que lleven adelante las **medidas de protección a la población**.

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

## Providing information to the public (cont.)

**IAEA Safety Standards**  
for protecting people and the environment

Arrangements for Public Communication in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency

Jointly sponsored by

General Safety Guide  
No. GSG-14

**IAEA**  
International Atomic Energy Agency

**Robo de ec densidad**

**Hallaron la fuente radiactiva extraviada en Gobernador Crespo, Santa Fe**

**radioactive source recovered**

**Hallaron el equipo con fuente radiactiva robado en Valle Viejo, Catamarca**

**radioactive source recovered**

**PUBLIC COMMUNICATION CAN ALSO PLAY A KEY ROLE IN THE RESOLUTION OF AN INCIDENT**

[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)

**Thanks for your attention**

Nuclear Regulatory Authority



[www.argentina.gob.ar/arn](http://www.argentina.gob.ar/arn)



# Ejercicio Virtual de Aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA-2021 en contexto de pandemia

Esperanza, V.; Rodríguez, M.; Barone, M.; Truppa, W.;  
Segato, A. y Cateriano Rodriguez, M.



## **EJERCICIO VIRTUAL DE APLICACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA NUCLEAR CNA-2021 EN CONTEXTO DE PANDEMIA**

Esperanza, V.; Rodríguez, M.; Barone, M.; Truppa, W.;  
Segato, A. y Cateriano Rodríguez, M.

Autoridad Regulatoria Nuclear  
Argentina

En la presentación se describe el ejercicio de Aplicación del Plan de Emergencia del CNA 2021 el cual se desarrolló 100% online, planteando los escenarios y las acciones de protección asociadas a cada uno llevadas a cabo bajo plataforma de contenido cartográfico y nuevas herramientas y tecnologías de *e-learning*. Cada organización de respuesta realizó un análisis de los recursos existentes y su responsabilidad en la respuesta, en cada momento de la emergencia: Alerta Verde y Alarma Roja.

Ante situaciones anormales e imprevistas, las herramientas de trabajo implementadas permitieron cumplir con las capacitaciones y entrenamiento del personal propio de y de los sectores involucrados en ejercicios presenciales".



## Ejercicio Virtual de Aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA-2021 en contexto de pandemia

• Esperanza, V., Rodríguez, M., Barone, M., Truppa, W., Segato, A., Cateriano Rodríguez, M.

Autoridad Regulatoria Nuclear  
Argentina

Emergencias (EMG)

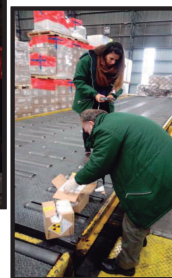


## Introducción



La AUTORIDAD REGULATIVA NUCLEAR (ARN) es una entidad autárquica en jurisdicción de la Secretaría General de la Presidencia de la Nación, cuya misión y responsabilidades se encuentran en la Ley Nacional de la Actividad Nuclear 24.804, y su Decreto Reglamentario N° 1.390/98

La ARN tiene como misión proteger a las personas, el ambiente y las futuras generaciones del efecto nocivo de las radiaciones ionizantes, cumpliendo la función de regular y fiscalizar la actividad nuclear en todo lo referente a la seguridad radiológica y nuclear, las garantías de no proliferación nuclear, la protección y seguridad física y la política nuclear regulatoria.



### SIER

- Atiende emergencias radiológicas en instalaciones y la vía pública.
- Operativo 24hsx365 días.
- Convocado por usuarios, público o fuerzas de seguridad

### SIEN

- Atiende emergencias nucleares y cumple con los tratados de Pronta Notificación y Asistencia.
- Operativo 24hsx365 días.
- Convocado por el operador o el OIEA.

## Ejercicios de aplicación del plan de emergencia nuclear



Las Centrales Nucleares deben realizar Ejercicios de Aplicación del Plan de Emergencia Externo una vez cada dos años con participación de la población y las organizaciones de respuesta.



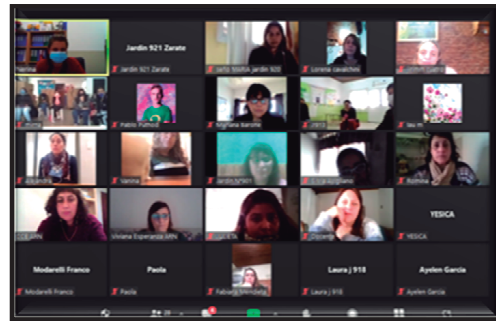
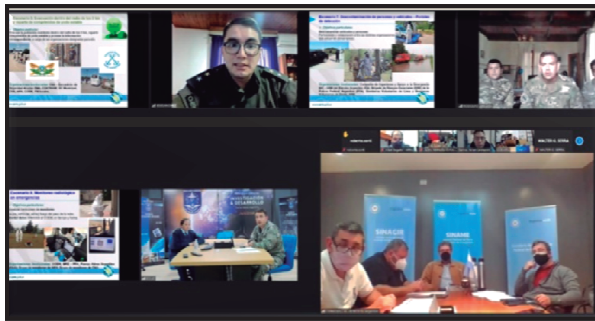
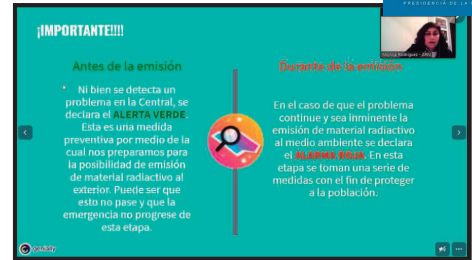
Durante la Pandemia, los ejercicios 2020 y 2021 fueron virtuales

V. Esperanza "Ejercicio Virtual de aplicación del Plan de emergencia Nuclear CNA-2021 en contexto de Pandemia" (2022)

## Ejercicios de aplicación del plan de emergencia nuclear



V. Esperanza "Ejercicio de Aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)



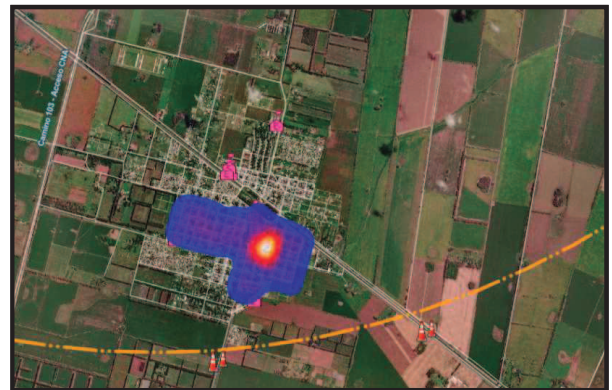
V. Esperanza "Ejercicio de Aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)

La cartografía digital permite definir las zonas afectadas así como la aplicación de las contramedidas automáticas.



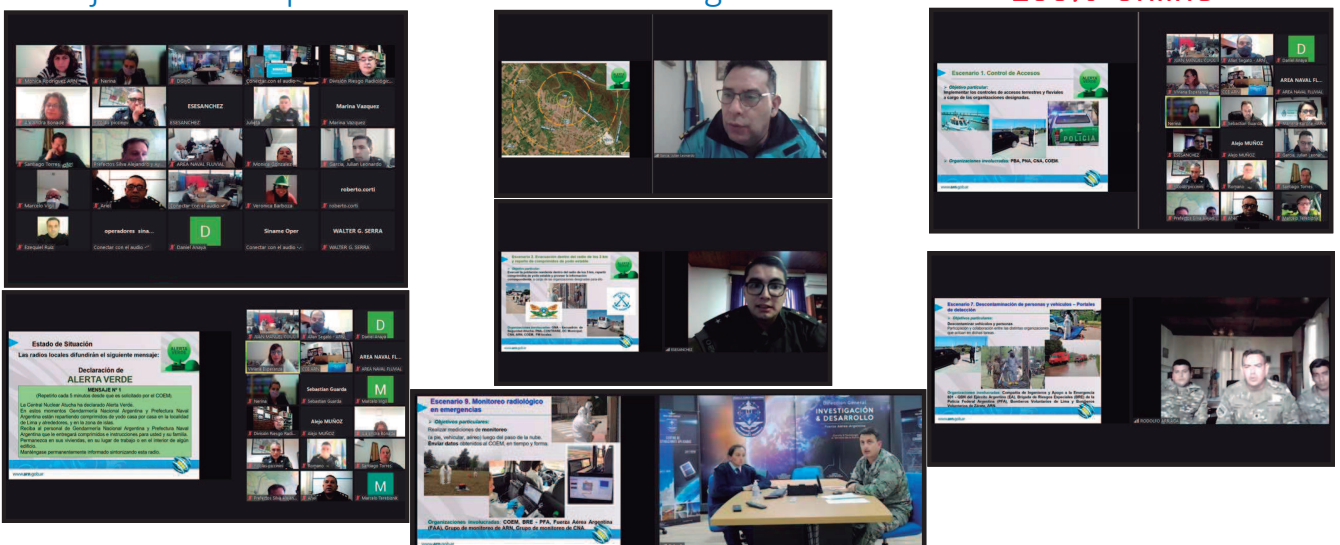
V. Esperanza "Ejercicio Virtual de aplicación del Plan de emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)

La cartografía digital también permite la estimación de la dispersión del material radiactivo, así como las posibles áreas de depósito, luego del paso de la nube radiactiva.



V. Esperanza "Ejercicio Virtual de aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)

- Ejercicio de Aplicación del Plan de emergencias CNA 2021: **100% online**



V. Esperanza "Ejercicio Virtual de aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)



# Conclusiones

Ante situaciones **anormales e imprevistas**, las herramientas de trabajo implementadas **permitieron cumplir con las capacitaciones y entrenamiento** del personal tanto propio del sector como de los sectores involucrados en ejercicios presenciales.

La capacidad y desarrollo de nuevas tecnologías han permitido **cumplir con las actividades propuestas para el ejercicio**, en el contexto de aislamiento debido a la **pandemia**.

V. Esperanza "Ejercicio Virtual de aplicación del Plan de Emergencia Nuclear CNA – 2021 en contexto de pandemia" (2022)

Actividad o temática	Realización	Observaciones
Curso e Programa de Capacitación para el Personal de Emergencia del Plan de Emergencia Nuclear CNA	Virtual	Una de las actividades más relevantes de la jornada fue el desarrollo del curso de capacitación para el personal de emergencia en el contexto de pandemia, realizado por el personal de la Unidad de Buenos Aires, quienes brindaron la capacitación y el acompañamiento en el desarrollo del curso.
Capacitación en la Propuesta del Plan de Emergencia Nuclear CNA	Virtual	Capacitación al personal de emergencia de 23 establecimientos y una reunión de trabajo en el marco del curso de capacitación para el personal de emergencia de la Unidad de Buenos Aires, coordinado por el personal de la Unidad de Buenos Aires.
Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires	Virtual	Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires, coordinado por el personal de la Unidad de Buenos Aires.
Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires	Virtual	Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires, coordinado por el personal de la Unidad de Buenos Aires.
Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires	Virtual	Capacitación al personal de apoyo de la Unidad de Buenos Aires, coordinado por el personal de la Unidad de Buenos Aires.






# Dealing with the presence of radioactive substances in consumer goods

Ermacora, M. and Canoba, A.C.

Presentado en: 6<sup>th</sup> International Symposium on the System of Radiological Protection de la  
Comisión Internacional de Protección Radiológica.  
Vancouver, Canadá, 7 al 10 de noviembre de 2022



# DEALING WITH THE PRESENCE OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN CONSUMER GOODS

Ermacora, M.<sup>1</sup> and Canoba A.C.<sup>2</sup>

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

## ABSTRACT

The objective of this paper is to present a discussion document, which provides suggestions for moving towards an internationally harmonized regulatory framework for controlling radioactivity in goods supplied for public consumption or use. In this document we identify issues of concern in order to raise awareness and generate further discussion. It is noted that whatever regulatory mechanisms are finally employed to address the different types of these goods, the need is to define what level of radioactivity should be subject to regulatory control for purposes of radiation protection and, conversely, what should not. The application of regulatory control should achieve a net benefit in public protection; otherwise, regulatory control would appear to be unjustified. Similarly, regulatory requirements should be applied in a manner that protection be the best under the prevailing circumstances, namely optimized. In the context of radiological protection, to cause more good than harm, efforts to reduce radiation risks should consider all consequences of those efforts. The current approach to managing radionuclides in goods is complex and contains inconsistencies and incoherencies in terms of dose criteria, recommended maximum concentrations, consideration within affected countries and other countries, exposure situations, terminology used, among others. There is a need for a consistent approach that is simple to use and understand for the public, taking into account that it is difficult to know the origin of a certain radionuclide in consumer goods. This paper discusses some of the problems with the current approach and brings forward recommendations that could help develop a better harmonized system that is easier to implement, but which still ensures a high level of radiation safety.

---

<sup>1</sup> *mermacora@arn.gob.ar*

<sup>2</sup> *acanoba@arn.gob.ar*



# Dealing with the presence of radioactive substances in consumer goods

Marcela Ermacora and Analía Canoba



[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

## Contents

- ✓ **Background**
- ✓ **Analysis of the current approach**
- ✓ **Recommendations for clarifying issues in the strategy of control**



## Background

Following an accident, releases of radioactive substances into the environment, products used or consumed by the public, such as foodstuffs, water and non-edible commodities, may contain certain levels of radioactive substances attributable to the accident.

The population is concerned and authorities need to know if it is necessary to apply protective actions (*justification*).

In Japan, in the aftermath of the Fukushima accident, the authorities initially issued guidelines restricting levels of radioactivity in ingested food and drink, which differed from WHO guidelines and from Codex Alimentarius. Guidelines were then modified over time.

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

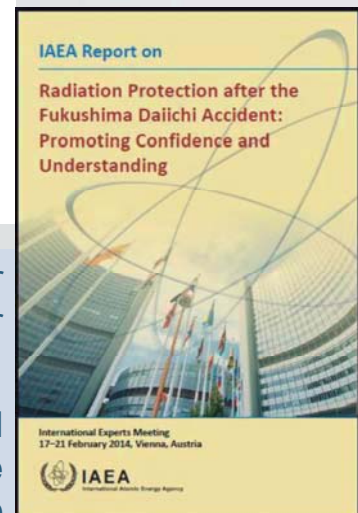
## Background: IEM Radiation Protection after Fukushima

### 4.1. STANDARDS FOR THE CONTROL OF CONTAMINATED FOODSTUFFS, DRINKING WATER AND COMMODITIES

**Lessons learned:** There is a need for greater transparency in the derivation of standards for levels of radioactivity in food and drinking water to facilitate their application by national experts and their understanding by the public.

Intergovernmental agreements were reached for dealing with radioactivity of foodstuffs, drinking water and non-edible commodities.

**The absence of clear quantitative international guidance for dealing with 'contamination' in the public domain has caused many problems for the authorities (for the country affected by accident and other countries for trade issues).**



[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



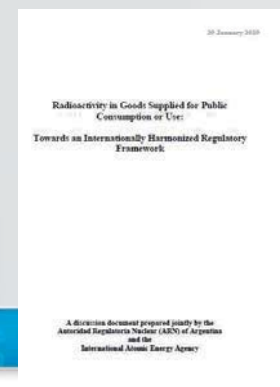
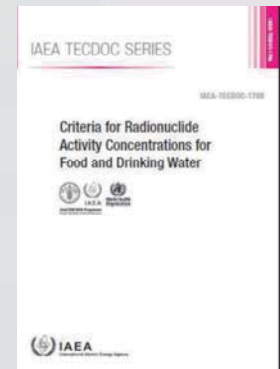
## Background

TecDoc 1788 (2016) summarizes all relevant international standards, identifies gaps and inconsistencies and proposes a resolution of these inconsistencies.

In 2017 the IAEA and International Organizations started the *Food and Drinking Water Project in normal situations*, on preparation of guidance towards an international consensus for harmonized recommendations to cover identified gaps; RSG 1.7 revision is also in progress.

A discussion document was prepared jointly by IAEA and Argentina (ARN): “Radioactivity in Goods Supplied for Public Consumption or Use: Towards an Internationally Harmonized Regulatory Framework” January 2019

[https://www.iaea.org/sites/default/files/19/02/iaea-arn\\_document\\_on\\_consumer\\_goods.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/19/02/iaea-arn_document_on_consumer_goods.pdf)



[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

## Existing Requirements and Guidelines

- Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA GSR Part 3.
- Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA GSR Part 7
- Criteria for use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA GSG-2
- Foodstuffs in international trade: Codex Alimentarius (FAO-WHO)
- Drinking water: WHO Guidelines for Drinking-Water Quality
- Control of non edible commodities: IAEA RSG-1.7 (under revision)
- Radiation Safety for Consumer Products: IAEA SSG 36
- Exposure due to Radionuclides in Food in “normal” situations. Part 1 (to be published as IAEA SRS 114) and Part 2 (IAEA TecDoc 2011).

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

## IAEA GSR Part 7 and GSG-2: emergency

International recommendations for generic and operational criteria to restrict consumption of contaminated food and drinking water in an emergency.

Based on **reference level of 10 mSv/y**, specific OILs were calculated on the basis of the following conservative assumptions:

- All of the food, milk and water are initially contaminated and are consumed throughout a full year.
- The most restrictive age dependent dose conversion factors and ingestion rates (i.e. those for infants) are used.

## IAEA GSR Part 3: commodities

For the purpose of decision-making, GSR Part 3 requires that reference levels shall be expressed as an annual effective dose to the representative person in the range 1–20 mSv. Specifically for commodities, reference levels are based on a value of 1 mSv.

*5.22. The regulatory body or other relevant authority shall establish specific **reference levels** for exposure due to radionuclides in **commodities** such as **construction materials, food and feed, and in drinking water**, each of which shall typically be expressed as, or be based on, an annual effective dose to the representative person that generally does not exceed a value of about **1 mSv**.*

## *Codex: food International Trade*

- Generic dose criterion for radionuclides in foods established by Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CAC): **1 mSv in a year and 10% of the diet is contaminated imported food.**
- Joint FAO/WHO CAC has established guideline levels (activity concentrations) for radionuclides contained in foods destined for human consumption and traded internationally, following a nuclear or radiological emergency: **Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193-1995)**
- They were developed for the first year following an emergency but are also applicable on a permanent basis.
- This standard does not deal with bottled water. This is covered in a separate Codex standard that refers to the WHO Guidelines for Drinking-water Quality

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

## *WHO: Guidelines for drinking water*

- Guidance levels do not apply in a nuclear or radiological emergency.
- Based on 'individual dose criterion' of **0.1 mSv** from one year's consumption of drinking water.
- Guidance levels in terms of activity concentrations for a range of common **radionuclides of natural origin and of artificial origin.**
- Screening levels based on gross alpha activity and gross beta activity measurements. Guidance levels for specific radionuclides.

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

## WHO: Guidelines for drinking water

### Individual dose criterion

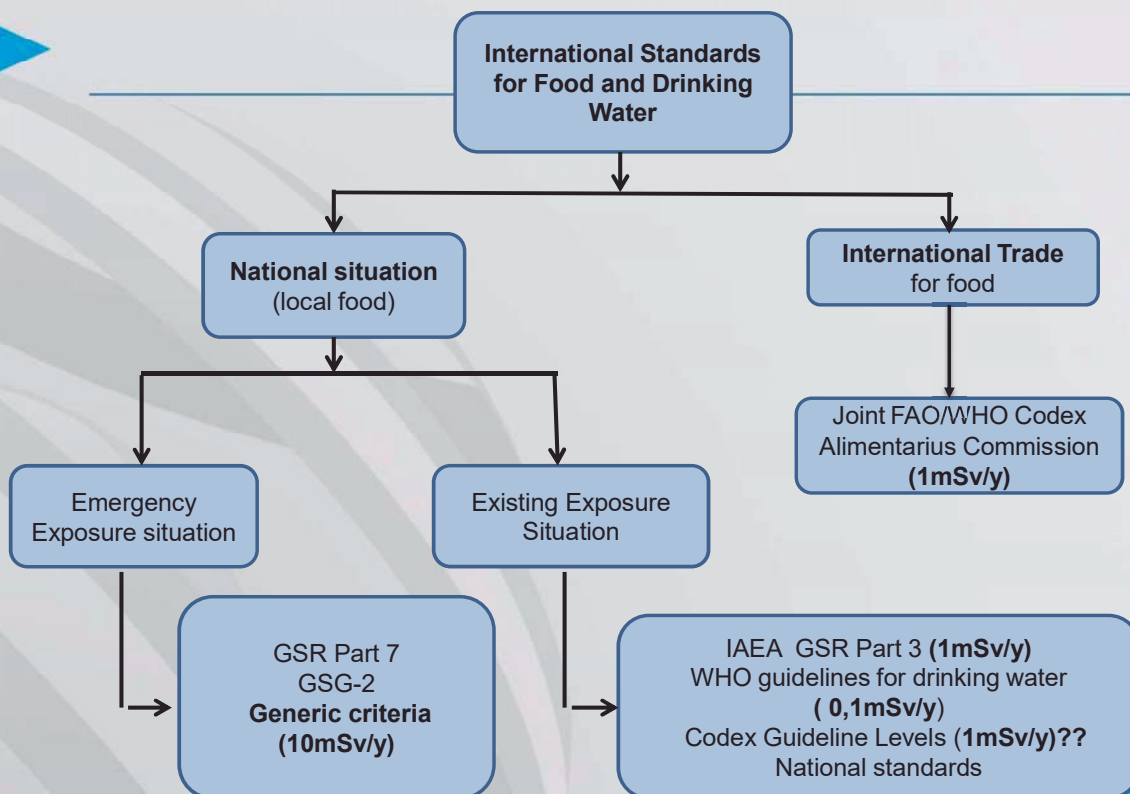
- 0.1 mSv in a year from ingestion of drinking water
- The GSR Part 3 dose criterion of 1 mSv in a year is quoted as guidance on assessing the need for remedial measures in situations where the 0.1 mSv in a year dose criterion is consistently exceeded

From TECDOC 1788 TABLE 3. Summary of the WHO Guidelines for Radionuclides in Drinking Water

*Exceeding a guidance level should be taken as a trigger for further investigation but not necessarily as an indication that the drinking-water is unsafe.*

*Difficult to understand for the public!*

www.arn.gov.ar



www.arn.gov.ar

## Non-edible commodities

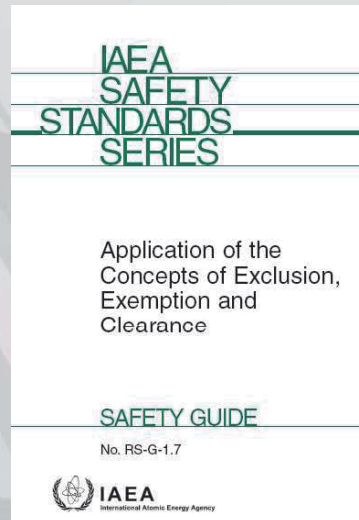
Activity concentration values  
Solid homogeneous bulk amount of material

**Natural  
radionuclides**



World Natural  
Distribution

U-238: 1000  
Bq/Kg



**Artificial  
radionuclides**



Trivial Dose  
10 $\mu$ Sv/y

Cs-137: 100  
Bq/Kg

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

## Non-edible commodities: Exemption and Clearance

### Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance (RS-G-1.7, 2004)

(Para 5.8) *If the values of activity concentration provided in this Safety Guide are used as indicated above, there should be no need for any further action (e.g. to reduce exposures) for materials containing radionuclides at activity concentrations below these values. In particular, **national and international trade in commodities** containing radionuclides with activity concentrations **below the values of activity concentration provided in Tables 1 and 2** should not be subject to regulatory control for the purposes of radiation protection.*

[www.arn.gov.ar](http://www.arn.gov.ar)

## Which levels are acceptable for human consumption?

### Differences in dose criteria and derived levels results:

- Perception of differences in the protection of the public.
- Higher values seems unsafe.
- Sometimes difficulty in categorizing an exposure situation.
- This causes confusion for national authorities and for the public.
- Impact on economic recovery.

**Global socio-economic challenges:** need of an integrated approach to balance social and economic risks and impacts. In the context of radiological protection, efforts to reduce radiation risks should consider all consequences of those efforts if we want to cause more good than harm.



## Main question

What concentrations of radionuclides in edible, non-edible commodities are considered 'acceptable' and therefore should be free of any regulation?



## *Analysis of the current approach*

Current approach is complex and contains some inconsistencies:

- Different approach for each exposure situation.
- Different terminology used.
- Different consideration within affected country and other countries.
- Different dose criteria: 10 mSv/y, 1 mSv/y, 0,1 mSv/y and 10 $\mu$ Sv/y.
- Different recommended maximum concentrations.

## *Issues of terminology*

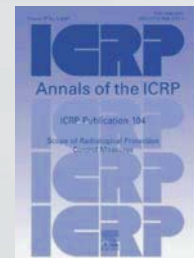
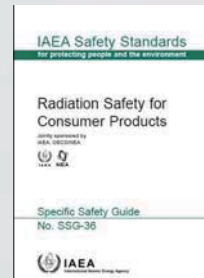
- Commodities
- Consumer products
- Guidance levels
- Guideline values
- Operational intervention levels
- Intervention exemption levels

## Terminology “Consumer Products”

**IAEA Consumer Product:** *A device or manufactured item into which radionuclides have deliberately been incorporated or produced by activation, or which generates ionizing radiation, and which can be sold or made available to members of the public without special surveillance or regulatory control after sale.*

**ICRP Commodity:** *products generally used or consumed by the public, such as foodstuffs and building materials, [that] can contain radioactive substances, para. 173 ICRP 104.*

**Document ARN-IAEA** proposes **Consumer Goods** are those products supplied for public consumption or use, including merchandise, edible and non-edible commodities, and other materials, goods and articles.



**A clear definition is needed**

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

## Analysis of the current approach (2)

- **Clarification for criteria to assess compliance with derived values:** national consumption, representative person (average diet, regional diet, representative diet); consideration for each food product for trade, etc. How to consider natural radionuclides. Practical guidance is needed. (IAEA Food and Drinking Water Project)
- **Clarification of how to proceed in special situations,** such as the preservation of a particular lifestyle, the unavailability of alternative food sources, **may mean that actions to reduce radiation doses are not justified. Higher levels than 1 mSv/y should be accepted. Best level of protection under the prevailing circumstances. (justification and optimization)**

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



## Issues with non-edible commodities

### Clear guidance is required on the monitoring of non-food commodities

- ✓ Commodities without homogeneous distribution
- ✓ How to perform representative sampling in these cases
- ✓ Concerns about which values to apply in the control of imported commodities such as automobiles or furniture with surface contamination and shipping containers. (Bq/cm<sup>2</sup>)
- ✓ Transport standard can be applied? Scenarios are adequate?
- ✓ To accept or reject a container: levels to comply? Sampling and measurement?
- ✓ For liquid materials, which could be the framework?

www.arn.gob.ar



## RADIONUCLIDES REACH COMMODITIES FROM

- **Radionuclides of natural origin:** U and Th decay series and K-40.
- **Authorized discharges:** artificial and also natural radionuclides.
- **Unregulated past practices**
- **Fallout:** main radionuclides <sup>90</sup>Sr y <sup>137</sup>Cs.
- **Accidental releases**  
Chernobyl NPP (1986)  
Fukushima Daiichi NPP (2011).



*Difficult to know the origin of a certain radionuclide in a commodity.*

Should consumer goods incorporating radionuclides from diverse initial situations be controlled differently?

www.arn.gob.ar



## Recommendations (1)

- A system independent of the exposure situation:  
*The presence of radionuclides in consumer goods should be regulated, regardless of their origin*
- A system easier to implement and easy to verify (measurable) that still ensure adequate radiation safety.
- A system easier to understand for the public.
- Due to the ubiquity and global distribution of consumer goods, **national frameworks should be consistent with international guidance** established by international organizations, **with flexibility for national authorities to manage specific cases.**

www.arn.gob.ar

## Recommendations (2)

- Try to the extent possible to base control on [activity] values and avoid the use of dosimetric quantities for controlling the presence of radioactivity in consumer goods.  
*Dose estimation requires modelling, often with subjective uncertainties.*
- Clarify the terminology with an specific glossary.
- Same criteria should apply to any type of water.
- Define radiological criteria for no action in consumer goods below which radiological protection regulation is not needed/justified.
- The amount of natural radionuclides (and its variability) present in unrestrictedly available consumer goods could serve as an indicator of acceptable levels of radioactivity of any origin.

www.arn.gob.ar

## Conclusion

*These suggestions are intended to help establish a generic framework for decision-making in order to define the scope of regulatory control of consumer goods, leaving flexibility to national authorities to manage specific cases.*

*A system easier to implement and easy to verify can help the communication with interested parties.*

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



***The radiation protection system will only be efficient if the public can fully trust in it.***



***Building trust  
Is clave***

[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)



***Thank you!***

acanoba@arn.gob.ar  
mermacora@arn.gob.ar



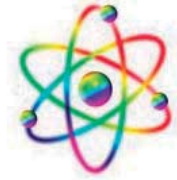
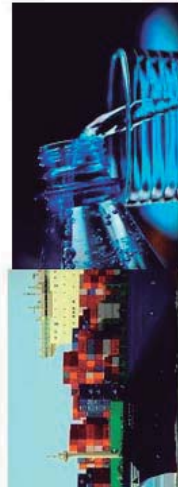
[www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)

# Dealing with the presence of radioactive substances in consumer goods

To view this ePoster scan the QR code or visit the link in the bottom right

*Marcela Gisela Ermacora, Analía Canoba  
Nuclear Regulatory Authority, Argentina*

The objective of this paper is to present a discussion document, which provides suggestions for moving towards an internationally harmonized regulatory framework for controlling radioactivity in goods supplied for public consumption or use.



**P123** Application of RP

consumer-goods

radionuclides

regulatory-control

## Abstract

This paper discusses some of the problems with the current approach and brings forward recommendations that could help develop a better harmonized system that is easier to implement, but which still ensures a high level of radiation safety.



<https://api.ltb.io/show/ABQOD>



# Verificación de la Norma 10.6.1 “Sistema de gestión para la seguridad en las instalaciones y prácticas” en instalaciones de producción de radiofármacos con ciclotrón

Espósito, M.; Maggiolo, A. y Rabi, G.

Presentado en: XII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear y en el X Congreso Regional  
de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA).  
Santiago de Chile, Chile, 23 al 27 de octubre de 2022

Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear – AATN.  
Buenos Aires, Argentina, 19 al 22 de diciembre de 2022







**VERIFICACIÓN DE LA NORMA 10.6.1  
“SISTEMA DE GESTIÓN PARA LA  
SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES Y  
PRÁCTICAS” EN INSTALACIONES DE  
PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS  
CON CICLOTRÓN**

Mauro Espósito

Ayelén Maggiolo

Germán Rabi

Autoridad Regulatoria Nuclear,  
Argentina

[mesposito@arn.gob.ar](mailto:mesposito@arn.gob.ar)

Políticas y Marco Regulatorio en  
Protección Radiológica

#075

**VERIFICACIÓN DE LA NORMA 10.6.1 “SISTEMA DE GESTIÓN PARA LA SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES Y PRÁCTICAS” EN INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS CON CICLOTRÓN**

## Introducción

- Para adecuarse a los estándares internacionales en lo relativo a sistemas de gestión para la seguridad, la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) emitió en el año 2020 la Norma AR 10.6.1 “**Sistema de Gestión para la Seguridad en las Instalaciones y Prácticas**” (Revisión 0).
- A partir de la entrada en vigencia de dicha norma en abril de 2021, la “Actividad Control de Aceleradores de Partículas Clase I” comenzó con la **evaluación de los sistemas de gestión** de las **instalaciones de producción de radiofármacos con ciclotrón**, con el fin de determinar el grado de cumplimiento a los requisitos de la norma en cada una de las instalaciones.
- Dado que la norma AR 10.6.1 abarca a todas las instalaciones y prácticas bajo control regulatorio, para la evaluación de los sistemas de gestión fue necesaria la **aplicación de un enfoque graduado** para tal fin.

## Desarrollo

### Requisito Norma AR 10.6.1

D.1 Responsabilidad por el Sistema de Gestión
D.2 Generalidades del Sistema de Gestión
D.3 Integración del Sistema de Gestión
D.4 Documentación del Sistema de Gestión
D.5 Provisión de los Recursos
D.6 Gestión de los Procesos
D.7 Gestión de la Cadena de Suministro
D.8 Fomento de la Cultura de la Seguridad
D.9 Evaluación y Mejora del Sistema de Gestión

La Norma AR 10.6.1 tiene sus requisitos estructurados en **9 campos principales** que pueden ser considerados como “áreas temáticas” que los agrupa dando un ordenamiento metódico.

Para evaluar el cumplimiento de cada grupo de requisitos se aplicó un **enfoque graduado** considerando los siguientes aspectos:

- ✓ la práctica realizada y el nivel de riesgos asociados y,
- ✓ la complejidad tecnológica de este tipo de instalaciones.

Las instalaciones de ciclotrón-radiofarmacia cuentan con **documentación de carácter mandatorio**, parte de la cual es remitida a ARN para su evaluación durante los procesos de licenciamiento, a saber:

- ✓ Licencia de operación (producida por ARN),
- ✓ Informe de Seguridad, que incluye plan preliminar de cierre y clausura,
- ✓ Manual de Operación,
- ✓ Plan de mantenimiento,
- ✓ Código de prácticas, que incluye organigrama y requisitos del personal,
- ✓ Manual de gestión, que incluye política de seguridad, y
- ✓ Plan de emergencias.

Asimismo, durante la vida de la instalación se generan **nuevos documentos y comunicaciones con ARN**, como ser:

- ✓ Notas
- ✓ Informes trimestrales de dosis y resultados del Plan de Monitoreo
- ✓ Actas de Inspección
- ✓ Expedientes de sanción
- ✓ Plan anual de capacitación y reentrenamiento

**#075**

VERIFICACIÓN DE LA NORMA 10.6.1 “SISTEMA DE GESTIÓN PARA LA SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES Y PRÁCTICAS” EN INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS CON CICLOTRÓN

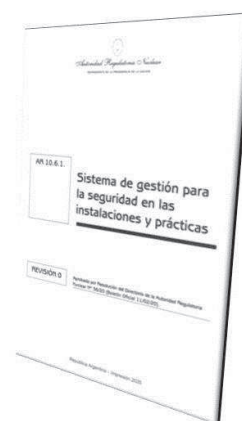
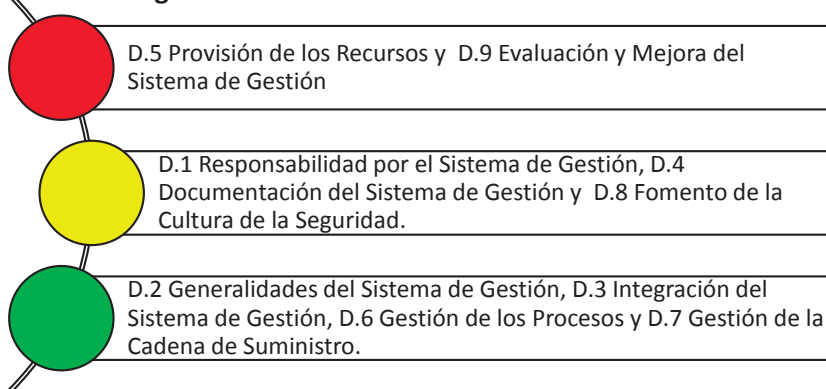
## Metodología y resultados

Se elaboró una **herramienta** en la cual, para cada requisito de la norma, se indicó de qué forma se puede verificar su cumplimiento, a partir de la evaluación de los documentos descritos previamente. A continuación, se muestra un ejemplo:

Requisitos	Interpretación según enfoque graduado	¿Cumple?
<b>D.2. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE GESTIÓN</b>		
11. El sistema de gestión debe describir:		
a. las decisiones tomadas para la gestión de la organización y sus actividades	En notas, solicitudes, en procedimientos y registros (quién realiza, aprueba, etc.). Se puede verificar en revisión de Documentación de carácter mandatorio y en Actas de inspección	<b>Sí</b>
b. las acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar confianza en el cumplimiento de todos los requisitos de seguridad.	Se verifica en la evaluación de la documentación (Código de Prácticas, Manual de Operación, Plan de Mantenimiento) y en ocasión de Inspección	<b>Sí</b>
<b>D.5. PROVISIÓN DE LOS RECURSOS</b>		
24. La Entidad Responsable debe determinar y proveer los recursos necesarios para realizar en forma eficaz los planes de la organización.	Recursos para mantener equipamiento, personal	<b>Sí</b>
	Recursos para la clausura	<b>No</b>

Hasta la fecha se han verificado los Sistemas de Gestión en 3 de 5 instalaciones (en operación), según la metodología antes presentada, obteniendo los siguientes

### resultados generales:



## Conclusiones

- ✓ Se ha observado que el **nivel de conformidad** es **alto** debido a que las instalaciones ya contaban con un Manual de Calidad y ya tenían implementado un sistema de gestión.
- ✓ Se han detectado oportunidades de mejora relativas a:
  - **Previsión de recursos** para la etapa de **cierre y clausura**,
  - Desarrollo de **planes de fomento de la cultura de la seguridad** que incluya procesos de **autoevaluación** y **evaluaciones independientes**.
- ✓ La **evaluación al Sistema de Gestión** por parte del órgano regulador debe ser un **proceso continuo** e ininterrumpido.

**#075**



# Participation of Latin American Nuclear Medicine Centres in a Strategy to Support Individual On-Site Monitoring of Internal Exposure to I-131

Galarza, M.C.; Puerta, N. and Cabitto, M.

Presentado en: International Conference on Occupational Radiation Protection – Strengthening Radiation  
Protection of Workers – Twenty Years of Progress and the Way Forward del  
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Ginebra, Suiza, 5 al 9 de septiembre de 2022



# PARTICIPATION OF LATIN AMERICAN NUCLEAR MEDICINE CENTRES IN A STRATEGY TO SUPPORT INDIVIDUAL ON-SITE MONITORING OF INTERNAL EXPOSURE TO I-131

Galarza, M.C.<sup>1</sup>; Puerta, N.<sup>2</sup> and Cabitto, M.<sup>3</sup>

Nuclear Regulatory Authority  
Argentina

The Internal Dosimetry Group of REPROLAM (Latin American and Caribbean Network for the Optimization of Occupational Radiation Protection), framed in the RLA 9085 IAEA project for the 2020-2022 period, devised a strategy for the on-site control of internal exposure to I-131 in nuclear medicine Centres (NMCs) to be implemented by end users, with the objective of bringing awareness to the participants about the need to implement a surveillance program of the internal exposition associated to NCMs workers who handle volatile solutions of I-131 on a routinely basis. The basis of that objective is the fact significant amounts of I-131 are handled in NMCs and its occupational intake is not properly monitored most of the times. This strategy included a virtual training and an interactive guide. Participants were provided with a set of instructions to allow the responsible physician, nuclear medicine technician, medical physicist or other suitable professional, to apply the available detection systems in their centre in order to investigate if the potential intake of I-131 will result in an effective committed dose  $\geq 1$  mSv / year for workers. This set of instructions was presented as a guidance. It was also proposed to the NMCs the possibility to participate in a pilot plan in order to apply the guidance and to know the magnitude order of the dose for internal exposure to I-131 of occupationally exposed workers. This support plan was developed by a committee of the Internal Dosimetry Group and it includes: advisory for the calibration of gamma cameras and I-131 detector probes, assistance for the implementation of the routine monitoring by the NMCs staff and a follow-up tool to assess the routine monitoring results. Great interest was proven from the NMCs to participate on this pilot plan, and currently, there are around 80 NMCs enrolled from Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Honduras, Mexico, Nicaragua, Paraguay, Peru, Uruguay, Venezuela and Spain. Finally, this paper presents the perspectives and progress of the proposed strategy, applied within a regional scope.

KEYWORDS: RLA 9085 IAEA project, individual monitoring, internal exposure, I-131.

## References:

- [1]. ISO 16637:2016. Radiological protection — Monitoring and internal dosimetry for staff members exposed to medical radionuclides as unsealed sources, (2016).
- [2]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. GSG-7. Occupational Radiation Protection. *General Safety Guides* (2018).

---

<sup>1</sup> E-mail: mgalarza@arn.gob.ar

<sup>2</sup> E-mail: npuerta@arn.gob.ar

<sup>3</sup> E-mail: mcabitto@arn.gob.ar







## Participation of Latin American Nuclear Medicine Centres in a strategy to support individual on-site monitoring of internal exposure to I-131

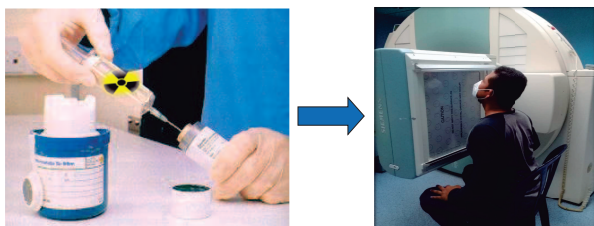
M. C. Galarza, N. Puerta and M. Cabitto

Nuclear Regulatory Authority, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

[mgalarza@arn.gob.ar](mailto:mgalarza@arn.gob.ar), [npuerta@arn.gob.ar](mailto:npuerta@arn.gob.ar), [mcabitto@arn.gob.ar](mailto:mcabitto@arn.gob.ar)

### 1. Background and Goal of the present work

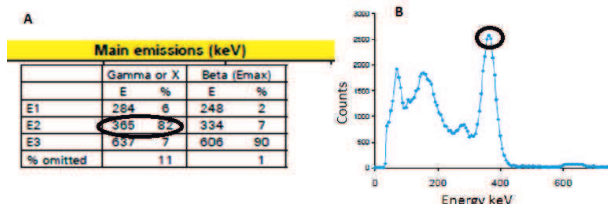
The Internal Dosimetry Group of REPROLAM (Latin American and Caribbean Network for the Optimization of Occupational Radiation Protection), framed in the RLA 9085 IAEA project for the 2020-2022 period, devised a strategy for the on-site control of internal exposure to I-131 in nuclear medicine Centres (NMCs) to be implemented by end users. The basis of that objective is the fact significant amounts of I-131 are handled in NMCs and its occupational intake is not properly monitored most of the times. This poster presents the perspectives and progress of the proposed strategy, applied within a regional scope.



Implementation of a surveillance program for internal exposure associated to NMCs workers who handle volatile solutions of I-131 on a routinely basis.

### 2. Challenges of monitoring the occupationally exposed workers in Nuclear Medicine

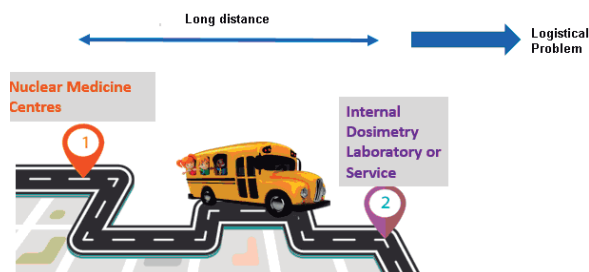
The general safety guide No. GSG-7 (occupational radiation protection) indicates that an assessment of the exposure of individual workers in normal and foreseeable abnormal conditions should be considered if, for any single component of the exposure, the corresponding annual effective dose is expected to exceed 1 mSv. Consideration should also be given to the likelihood and possible magnitude of potential exposures. I-131 is the most radiotoxic of the radionuclides used in nuclear medicine. It has a radioactive decay half-life of about 8 days and decays. The following figure describes the beta and gamma emissions and the emission spectrum of I-131.



A) The beta emissions cannot leave the body and cause mutation and death in cells that it penetrates, and other cells up to several millimeters away. This is known as "therapeutic use". Gamma emissions can leave the body and can be detected and used to form images. The peak to be detected is 365 keV; B) Emission spectrum of I-131.

I-131 also has the property of being very volatile at room temperature. I-131 is supplied to patients in capsule or liquid form. Due to the volatility of I-131, workers at NMCs who handle I-131 in liquid form are more likely to incorporate I-131 than those who use capsules.

The routine control of the workers should be every 14 days at the most, which implies a logistical problem, since it is inconvenient when there is no internal dosimetry laboratory or service nearby to NMCs. Even in many places in the Latin American and Caribbean region these internal dosimetry services do not exist.



The long distances from the NMCs to the internal dosimetry laboratory or services imply a logistical problem.

ISO 16637 "Radiological protection -Monitoring and internal dosimetry for staff exposed to medical radionuclides as unsealed sources" describes a methodology to estimate the "decision factor", d<sub>j</sub>, corresponding to the order of magnitude of the annual dose likely to be received by a worker, defined for a specific radionuclide j. This methodology was used to get an idea of how much a single worker can handle in a year of I-131 without an exhaust hood, and without the need to control the dose by internal exposure, and the result was that the activity that can be handled is only of 540 mCi or 20 GBq, which is a very low activity.

ISO 16637 accepts that a NMC be monitored in situ with the available instruments, which is less precise than routine monitoring, but allows verification that a certain threshold is not exceeded.

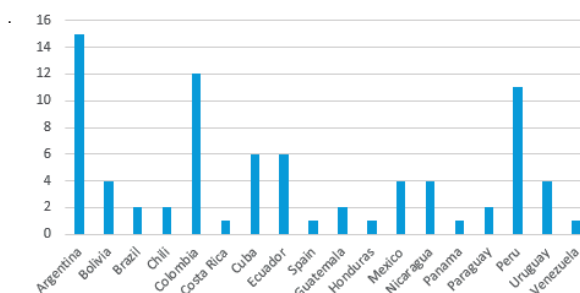
### 3. Work development

#### 3.1. Strategy for the on-site control of internal exposure to I-131 in NMCs

A strategy was developed that included a virtual training and an interactive guide. Participants were provided with a set of instructions to allow the responsible physician, nuclear medicine technician, medical physicist or other suitable professional, to apply the available detection systems in their centre in order to investigate if the potential intake of I-131 will result in an effective committed dose  $\geq 1$  mSv / year for workers. This set of instructions was presented as a guidance. It was also proposed to the NMCs the possibility to participate in a pilot plan in order to apply the guidance and to know the magnitude order of the dose for internal exposure to I-131 of occupationally exposed workers. This support plan was developed by a committee of the Internal Dosimetry Group and it includes: advisory for the calibration of gamma cameras and I-131 detector probes, assistance for the implementation of the routine monitoring by the NMCs staff and a follow-up tool to assess the routine monitoring results.

#### 3.2. Participation of Latin American NMCs in a strategy to support individual on-site monitoring of internal exposure to I-131

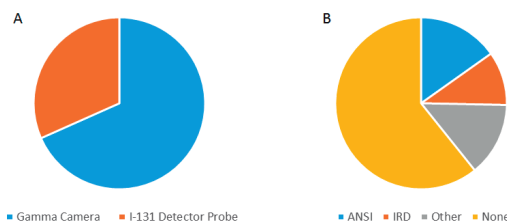
Great interest was proven from the NMCs to participate on this pilot plan, and there were around 80 NMCs enrolled from Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Honduras, Mexico, Nicaragua, Paraguay, Peru, Uruguay, Venezuela and Spain. This participation is observed in the following bar chart.



Bar chart representing the participating countries in the pilot plan for the on-site control of internal exposure to I-131.

#### 3.3. Instruments available in NMCs

All the NMCs that signed up to participate in the pilot plan responded to a survey detailing the available detection system they had for on-site monitoring of their workers. These detection systems are described in the following charts.



Representative graphs of the available detection systems in the centers. A) 68.35% of the NMCs have a gamma camera, while 31.65% have an I-131 detector probe. B) 60.8% of NMCs do not have a thyroid-neck phantom, 15.2% have the ANSI phantom, 10.1% have the IRD phantom and 13.9% have another type of phantom.

#### 3.3. Preliminary results

At the moment, the measurements carried out by the participants have mostly resulted in low committed effective doses, the maximum value detected being 0.015 mSv (In most cases the NMCs use I-131 in the form of capsules). Few measurements have been made so far, so it is necessary to continue implementing this routine monitoring to know if the potential intake of I-131 will result in an effective committed dose  $\geq 1$  mSv / year for the workers. These measurements should be made to the workers every 14 days for a period of approximately 6 months.

#### 4. Conclusions

The reasons for the development of this strategy for the in situ control of internal exposure to I-131 in NMCs are presented. The working conditions of the participating NMCs and the preliminary results of the measurements of the internal exposure to I-131 are also presented. It is necessary to make more measurements to the NMCs that use I-131 in liquid form. At the moment, more concrete conclusions cannot be made, because more measurements must still be made.



# Desafíos inesperados para la protección radiológica

*Sucesos globales presentan  
retos nuevos para nuestra profesión*

González, A.J.

Esta presentación fue la Conferencia Principal del [evento de conmemoración por el Día de la Protección Radiológica en América Latina y el Caribe](#), organizado por la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina (ARN), la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC) y la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR).

Al finalizar el evento, la FRALC entregó el [Premio Dan J. Beninson al Ing. Abel J. González](#), en reconocimiento a su distinguida labor y contribución a la seguridad radiológica y nuclear en la región de América Latina, distinción instituida por primera vez.

La conferencia está disponible en el [canal de YouTube de la ARN](#)



**DIA DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**  
**13 de abril del 2022**

**DESAFÍOS INESPERADOS PARA LA  
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

**Sucesos globales presentan retos nuevos  
para nuestra profesión**

**Abel Julio González**

1

**Nuevos Desafíos**

- 1. Conjeturas sobre Ucrania**
- 2. Descargas de Fukushima**
- 3. Nuevas tecnologías**
- 4. Atribución de efectos**
- 5. Imputabilidad legal**
- 6. Magnitudes y unidades**
- 7. Radiaciones no ionizantes**

## Desafío 1:

### **Conjeturas sobre Ucrania:**

**La situación actual en Ucrania nos obliga a conjeturar situaciones factibles y comenzar a discutir su influencia en el futuro de nuestra profesión.**

## **Conjeturas de riesgos radiológicos**

- 1. Accidente en una central nuclear causado por la violación de la prevención y/o mitigación.**
- 2. Accidentes en otras instalaciones nucleares o radioactivas.**
- 3. Descontrol de fuentes de radiación**
- 4. Uso de munición de uranio.**
- 5. Detonación de bombas nucleares.**
- 6. Quebrantamiento del sistema de no-proliferación**

# Conjetura 1 en Ucrania

## Accidente en una central nuclear causado por la violación de la prevención y/o mitigación





**Central Nuclear de Zaporizhzhia**



**Incendio en el centro de entrenamiento dentro del sitio de la planta nuclear de Zaporizhzhia después de los combates en la madrugada del 4 de marzo.**

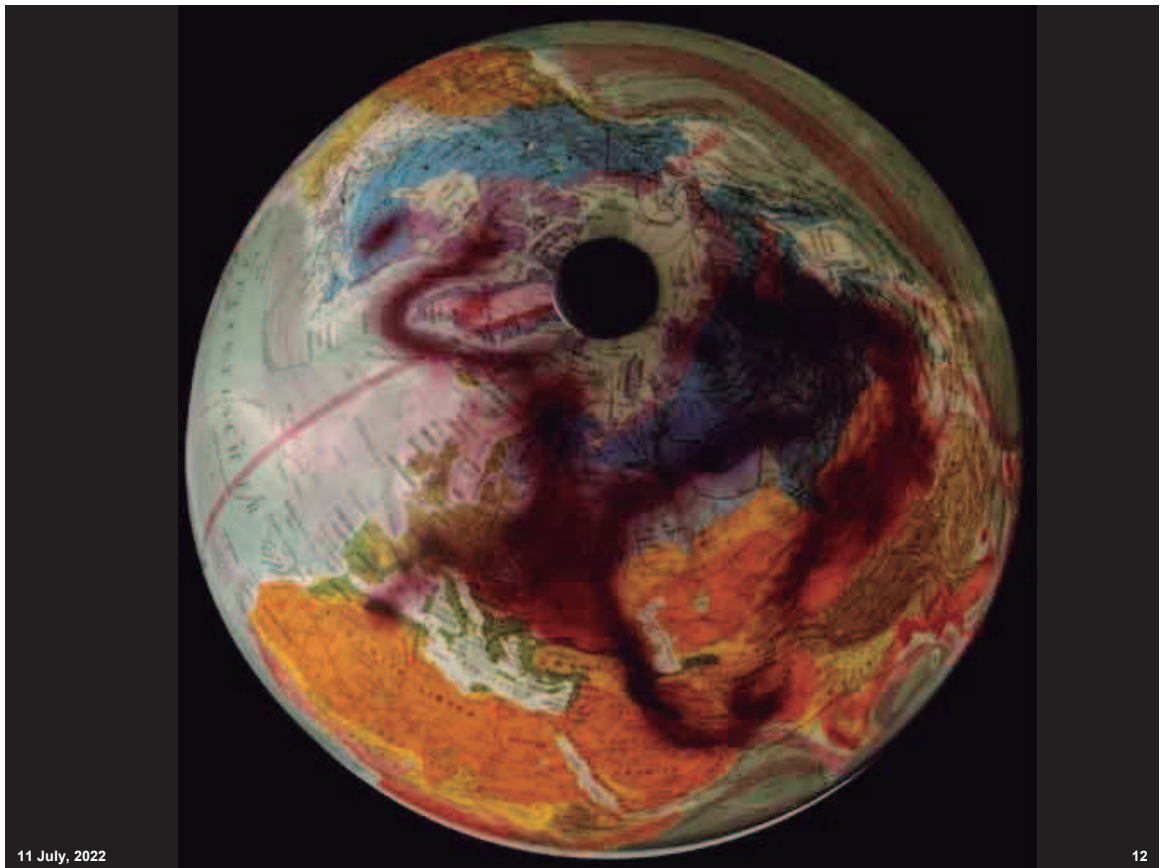
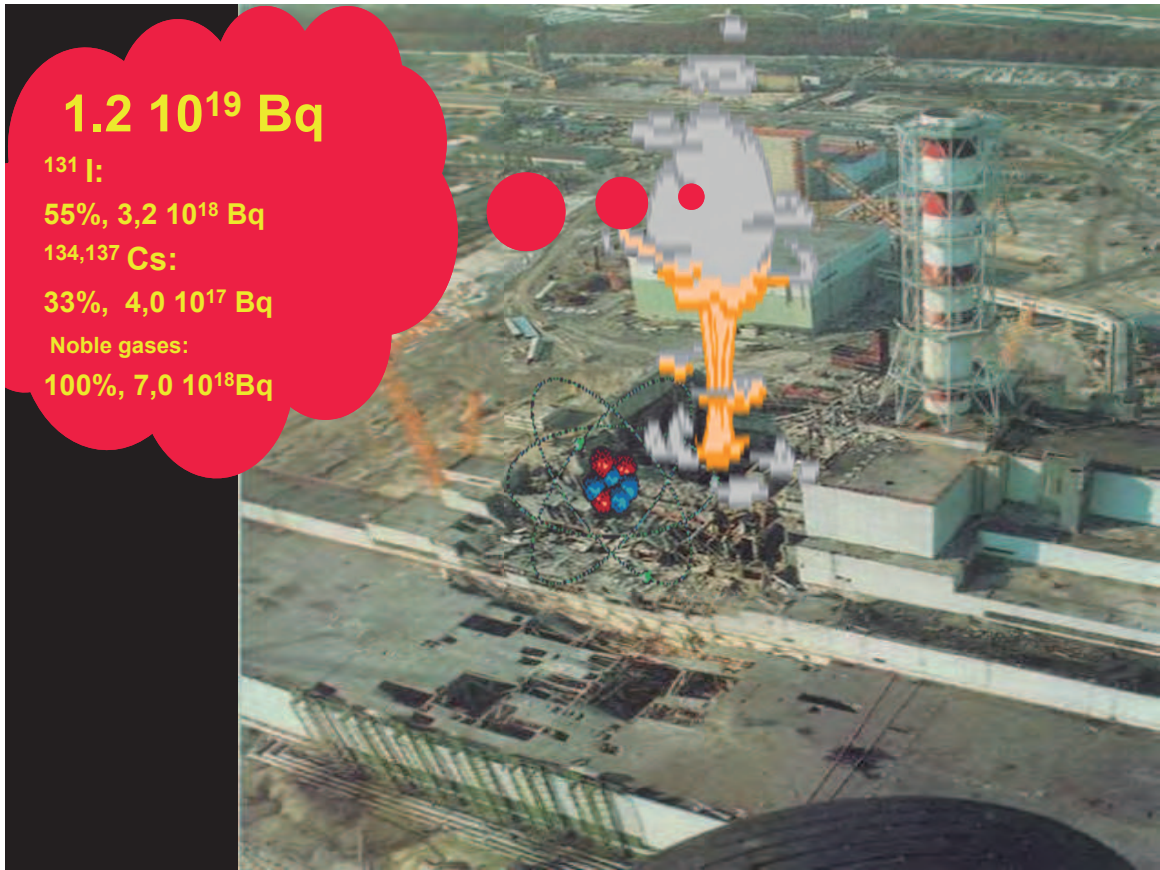


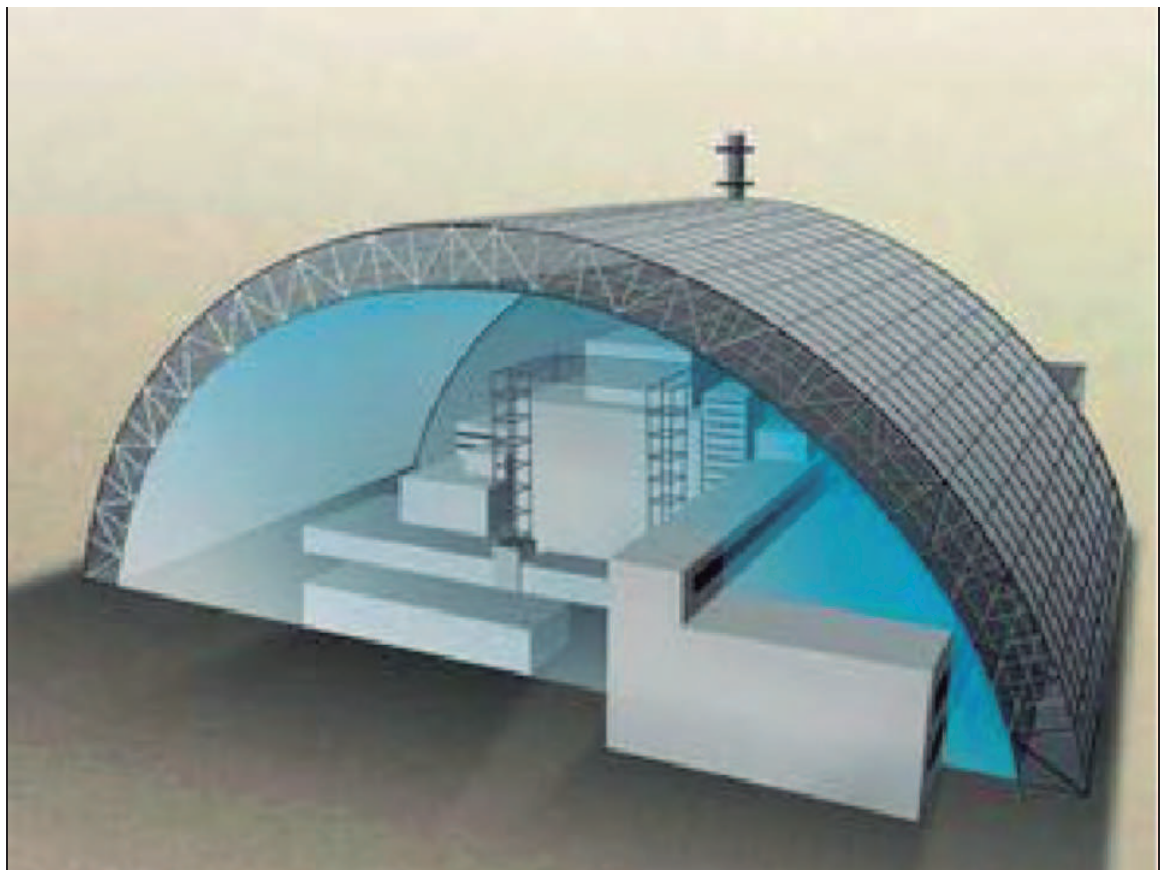
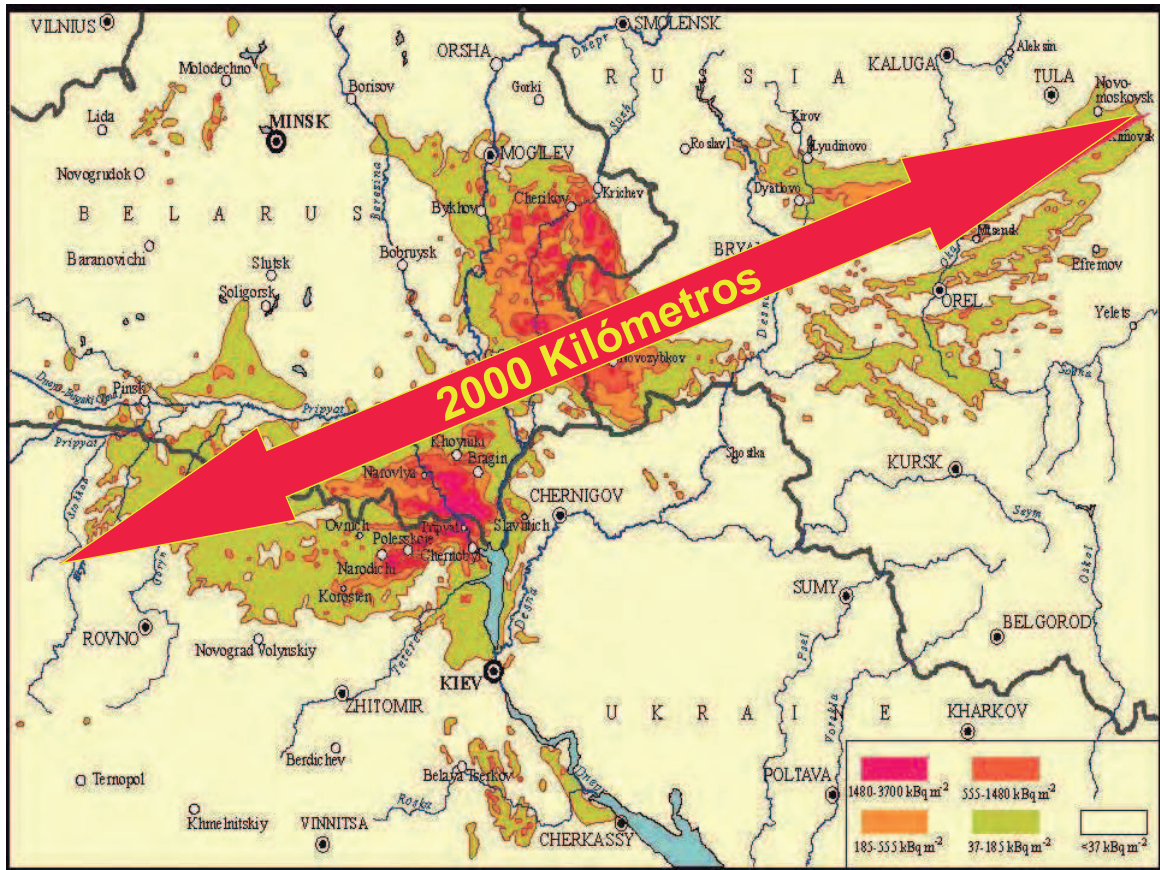


Las seis unidades de la central nuclear de Zaporizhzhia (azul); ubicación del centro de entrenamiento alcanzado por el proyectil (rojo); dirección aproximada de la imagen anterior (flecha amarilla); y, ubicación de la instalación de almacenamiento de combustible usado (naranja).

¿Qué se puede conjeturar?

Repasando la historia:  
Chernobyl







**Conjetura 2 en Ucrania**  
**Accidentes en otras instalaciones nucleares o radioactivas**

# Fuente de neutrones

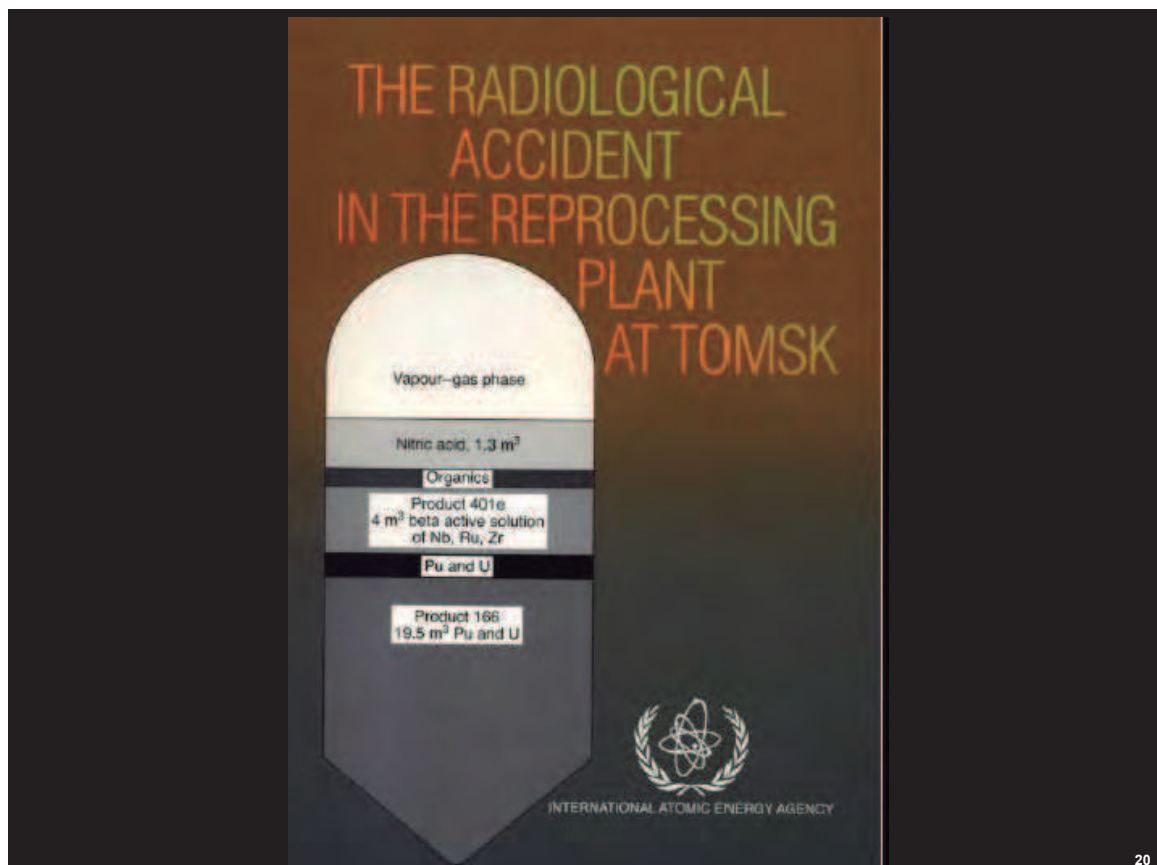
Instituto de Física y Ciencias de Tecnología  
en Kharkiv (ciudad bombardeada)

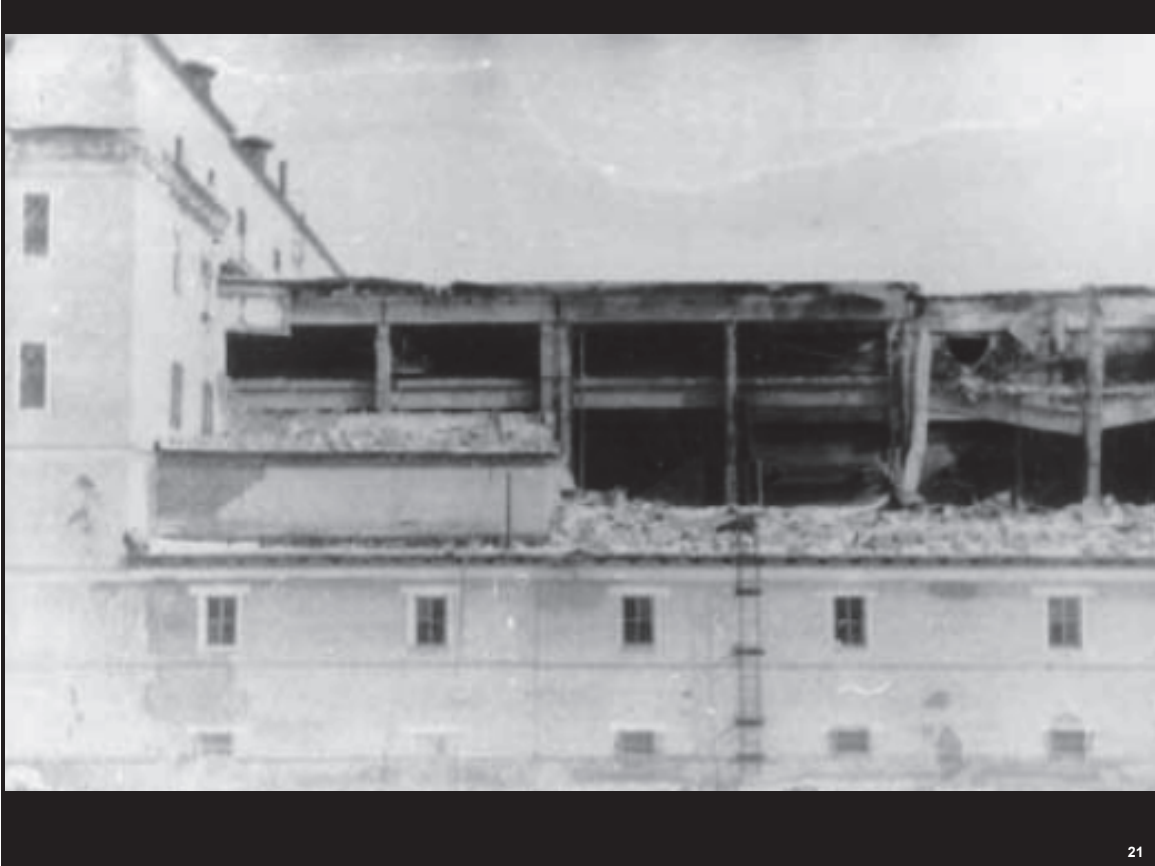


# Repasando la historia:

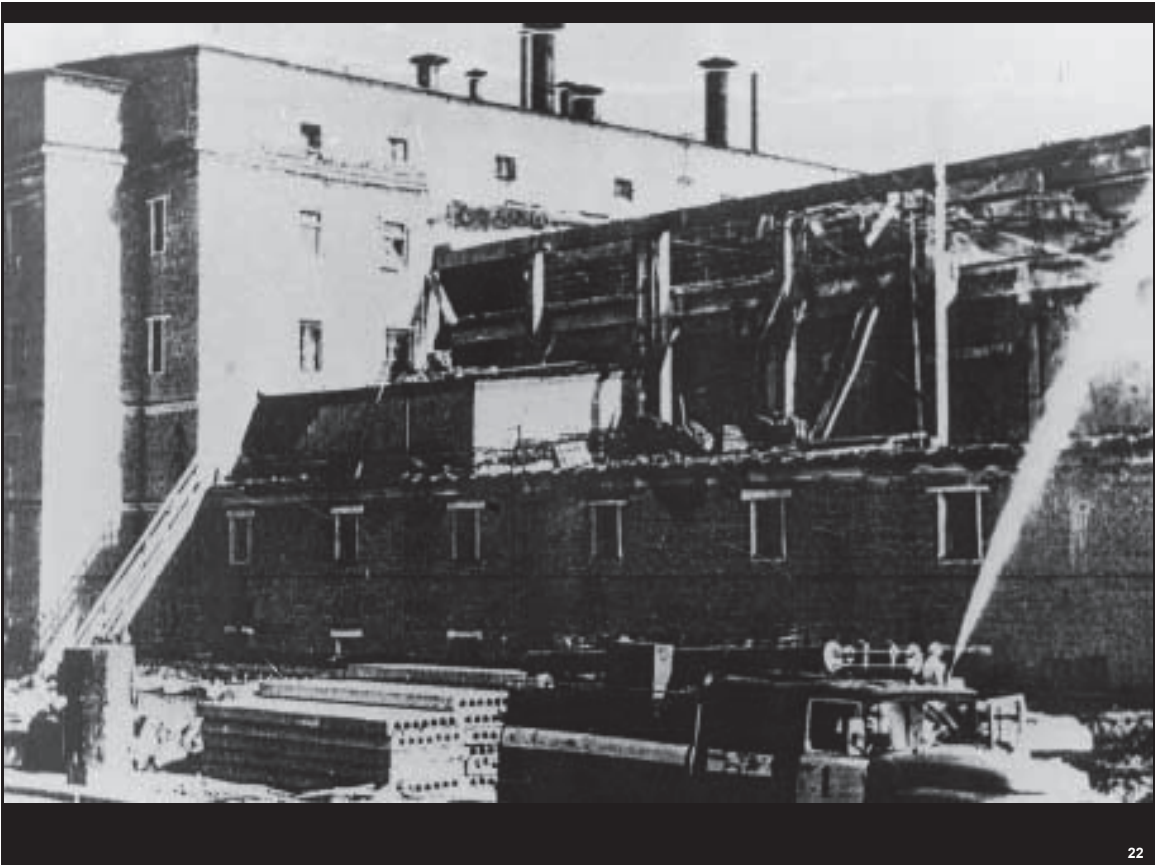
## El caso del laboratorio radioquímico de Tomsk

19

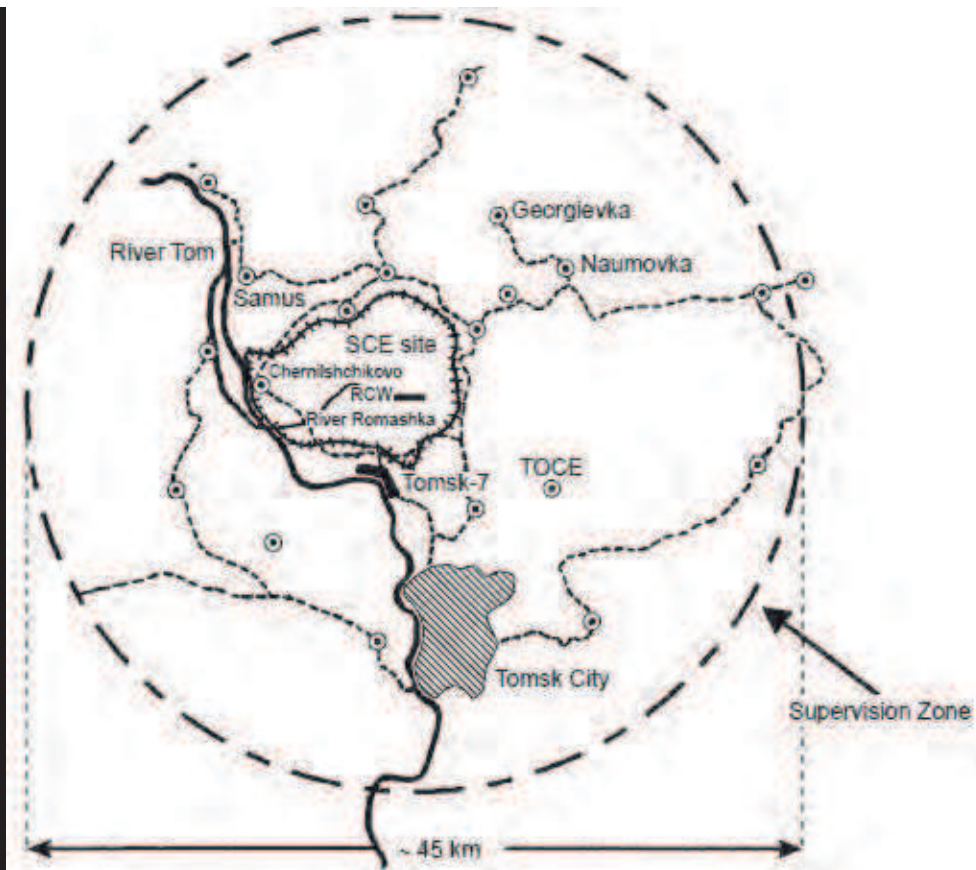




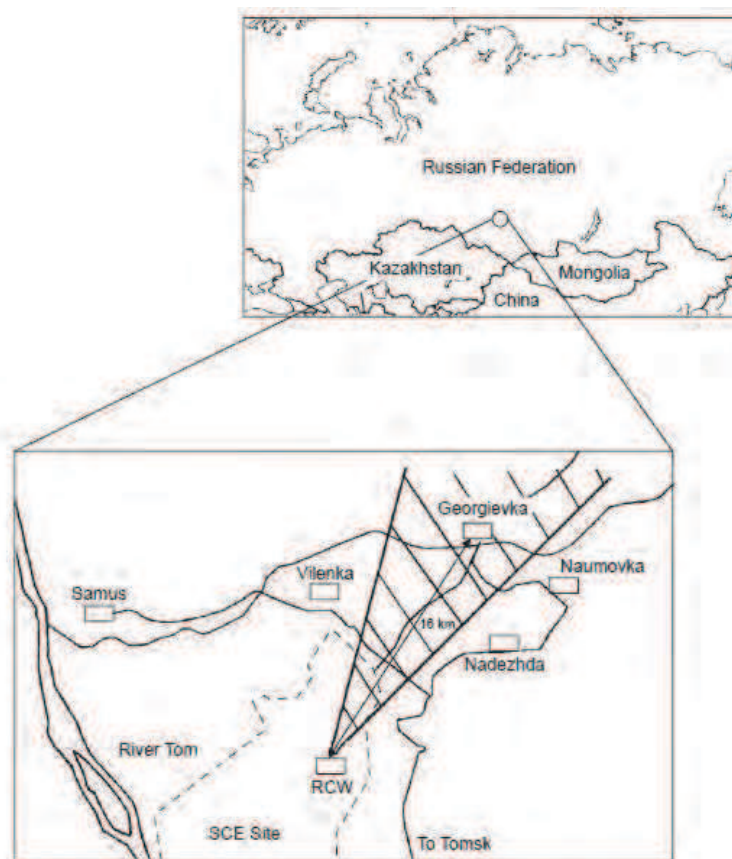
21



22



23



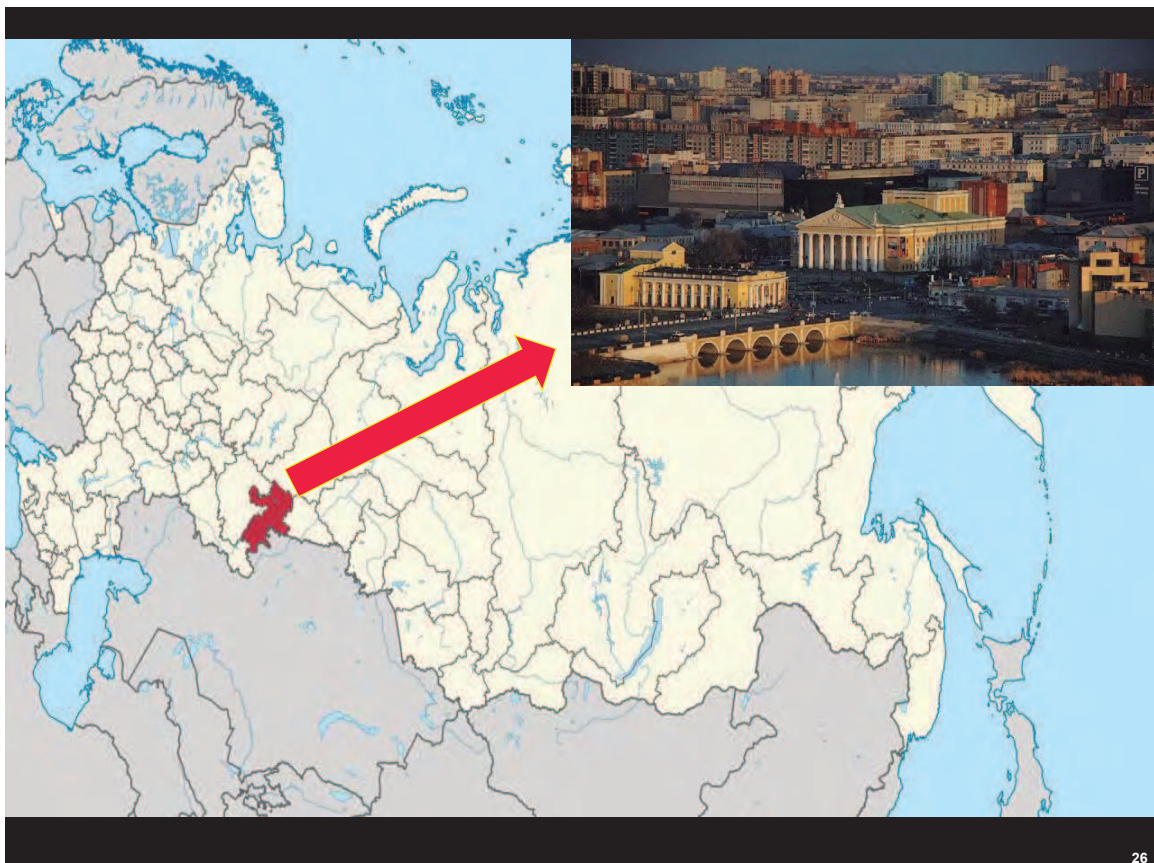
24



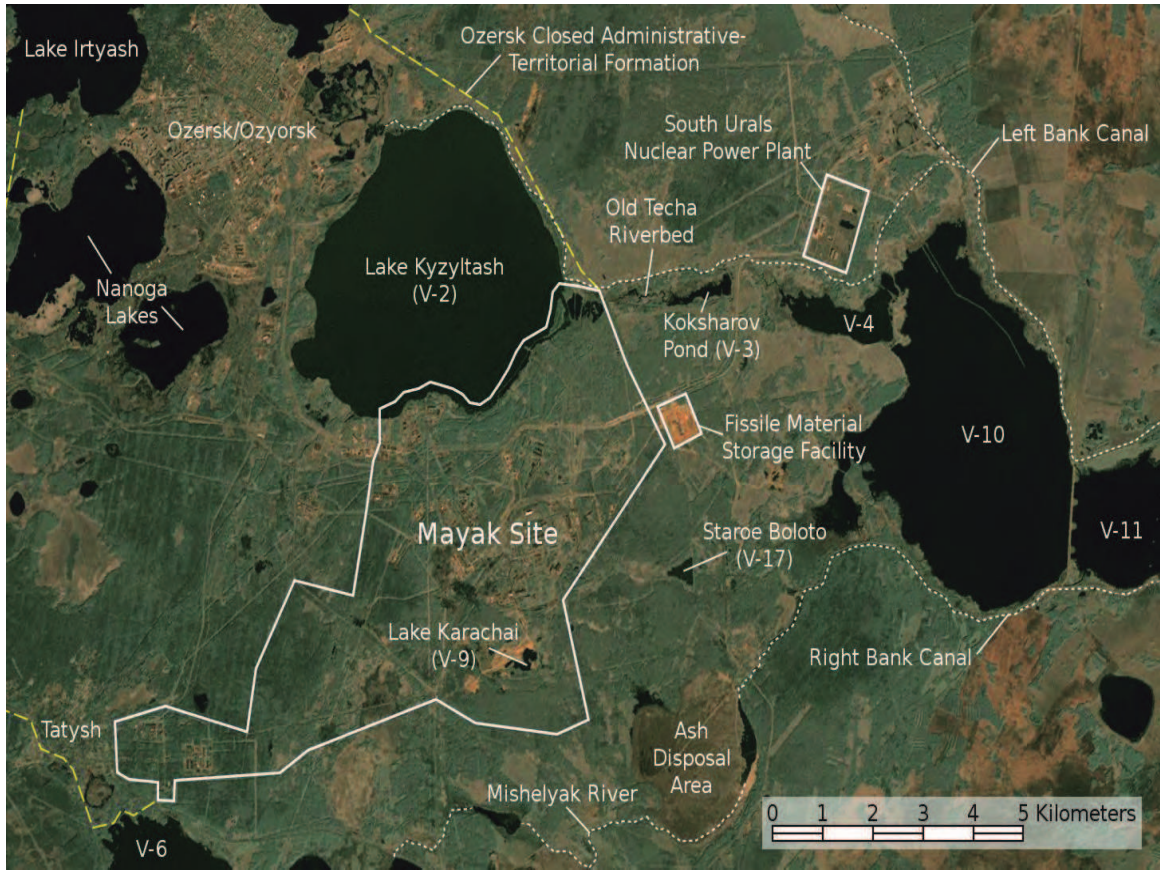
## Repasando la historia:

# El caso de los laboratorios de Mayak en Cheliábinsk

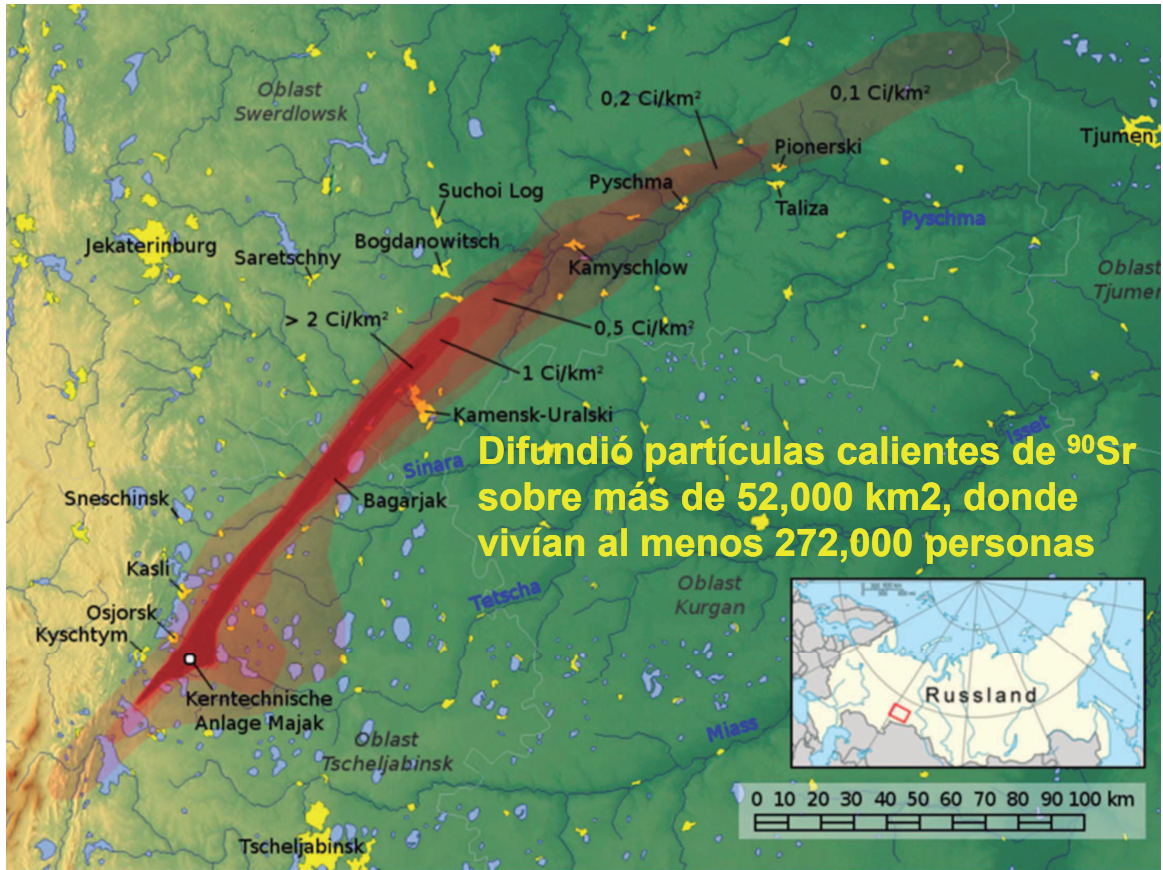
25



26



## Accidente de Kyshtym

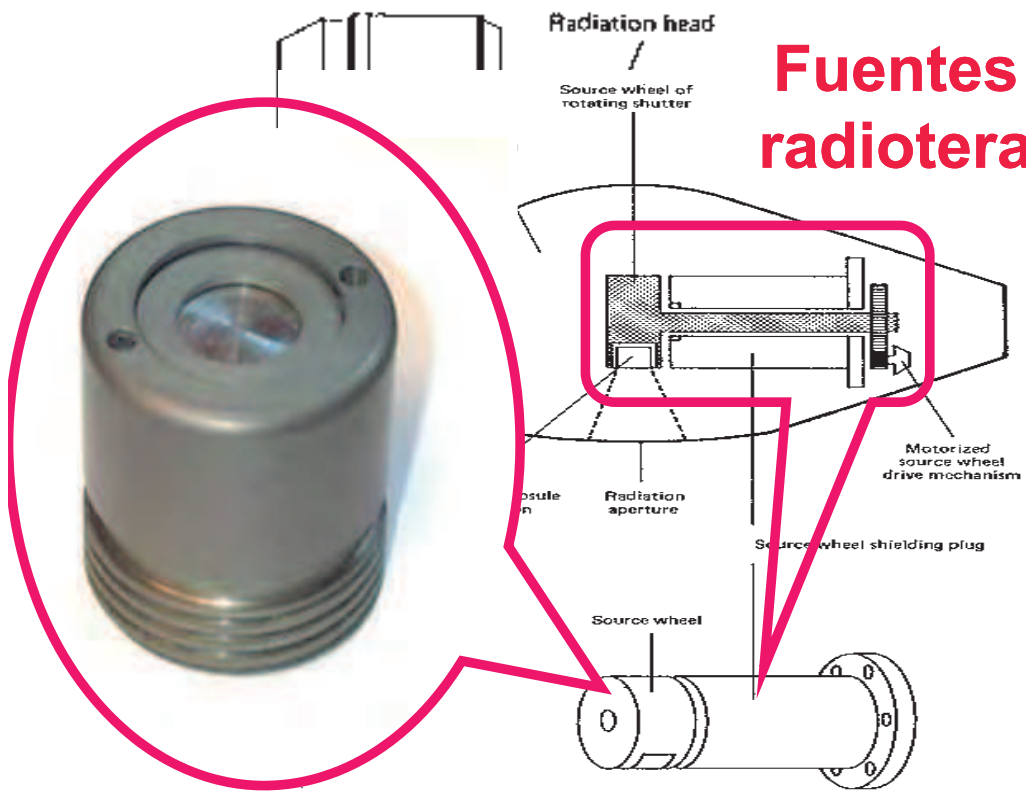




## Conjetura 3 en Ucrania

### Descontrol regulatorio de fuentes de radiación

# Fuentes de radioterapia



Pequeñas ...simples de perder...



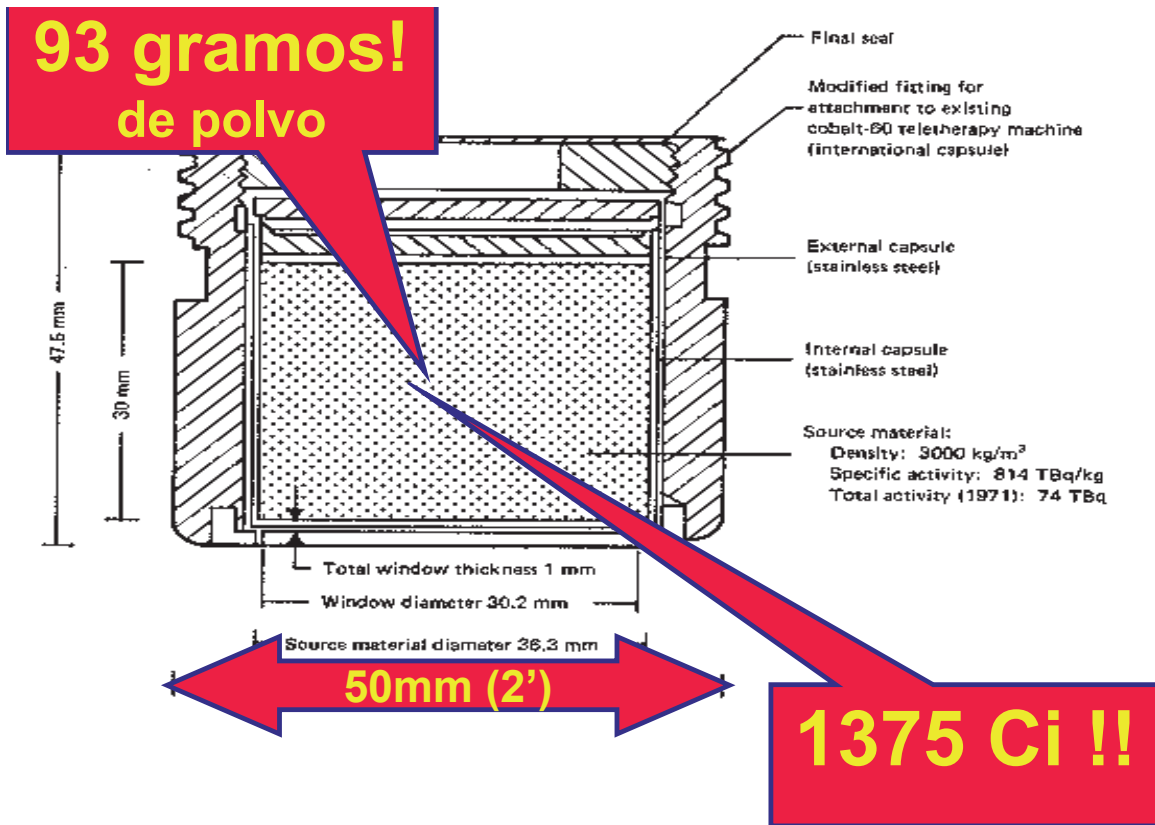
Fáciles de romper y dispersar...



## El accidente radiológico de Goiânia

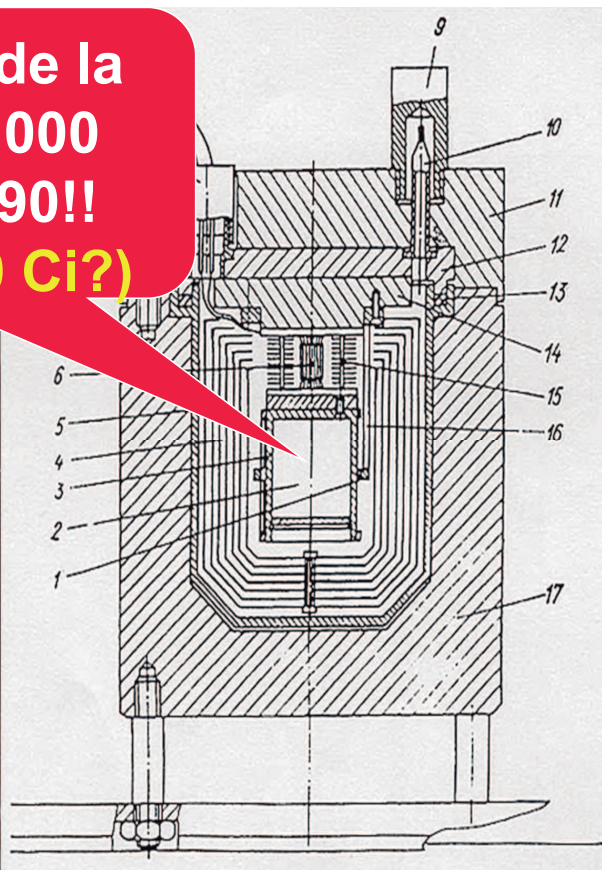


ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, VIENA, 1989

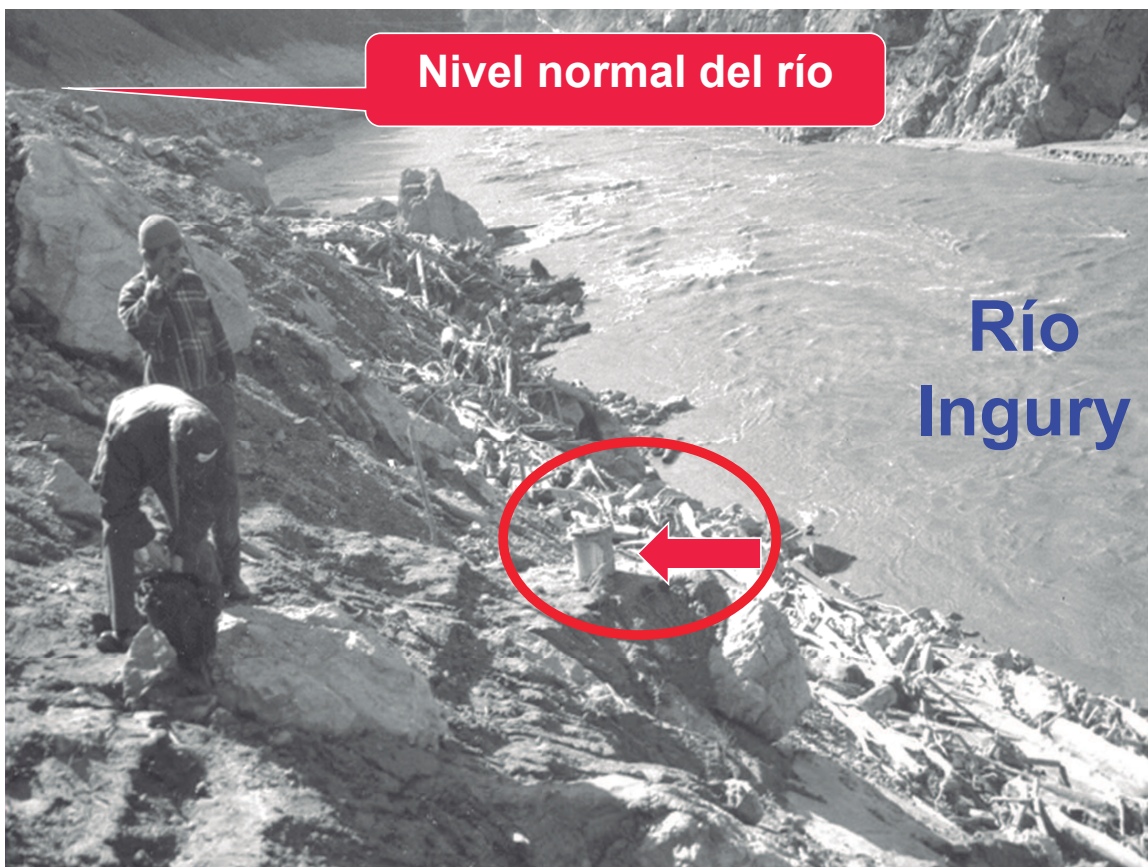


**Repasando la historia:  
Fuentes radioactivas poderosas de la  
ex Unión Soviética**

**Generadores de la  
ex-URSS: 40,000  
curies de Sr-90!!  
(hasta 150,000 Ci?)**



**Nivel normal del río**



**Río  
Ingury**

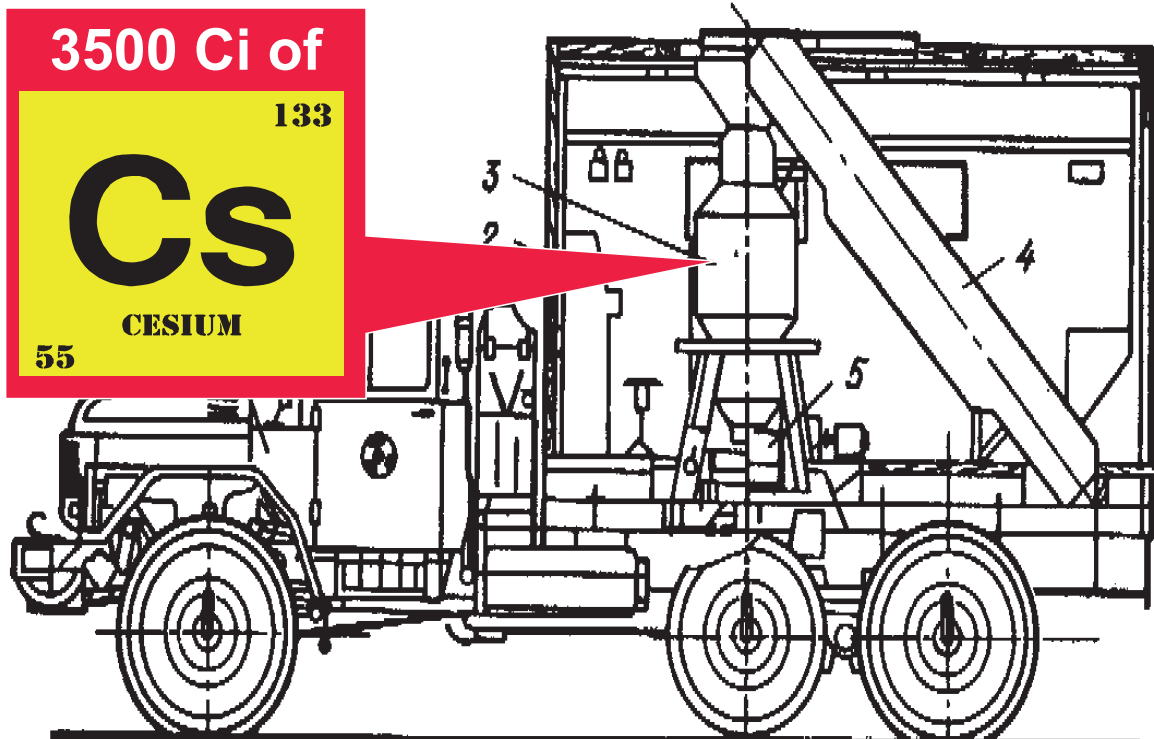




# THE RADIOLOGICAL ACCIDENT IN LIA, GEORGIA



43



Originalmente montadas en camiones ...

44

... y eran utilizadas para asegurar el mantenimiento de cereales en caso de conflicto...

Гамма – Колос  
“Espiga- Gamma”



... muchas fueron abandonadas!

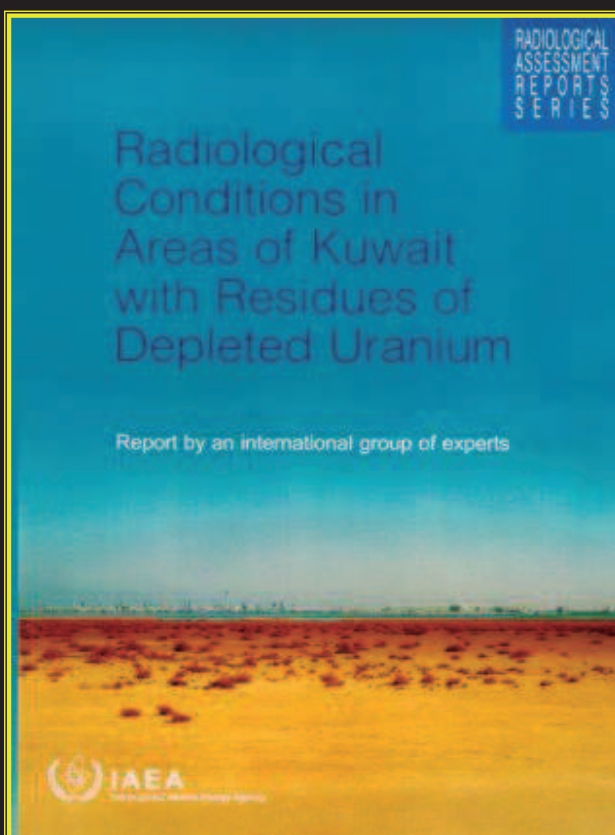


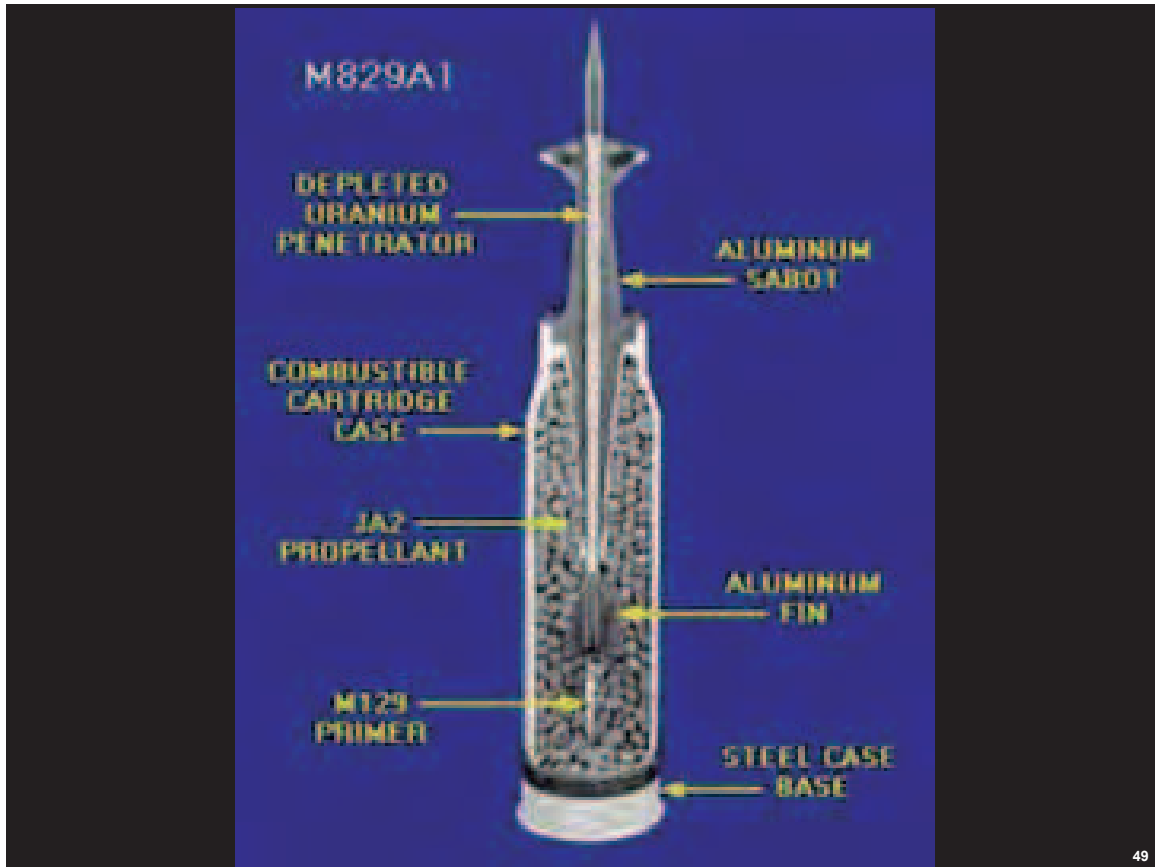
... como estas en Moldovia  
(¡Transdiestria!)

# Conjetura 4 en Ucrania

## Uso de munición de uranio

47





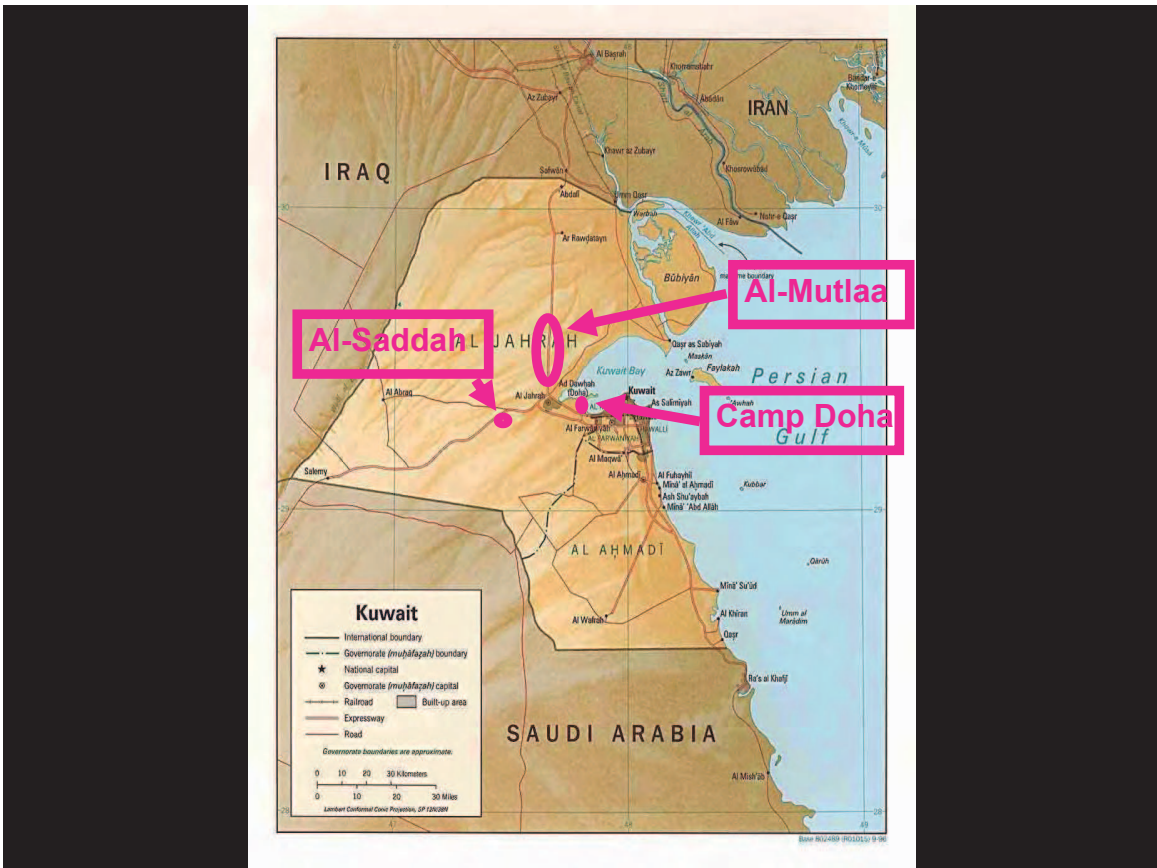
49

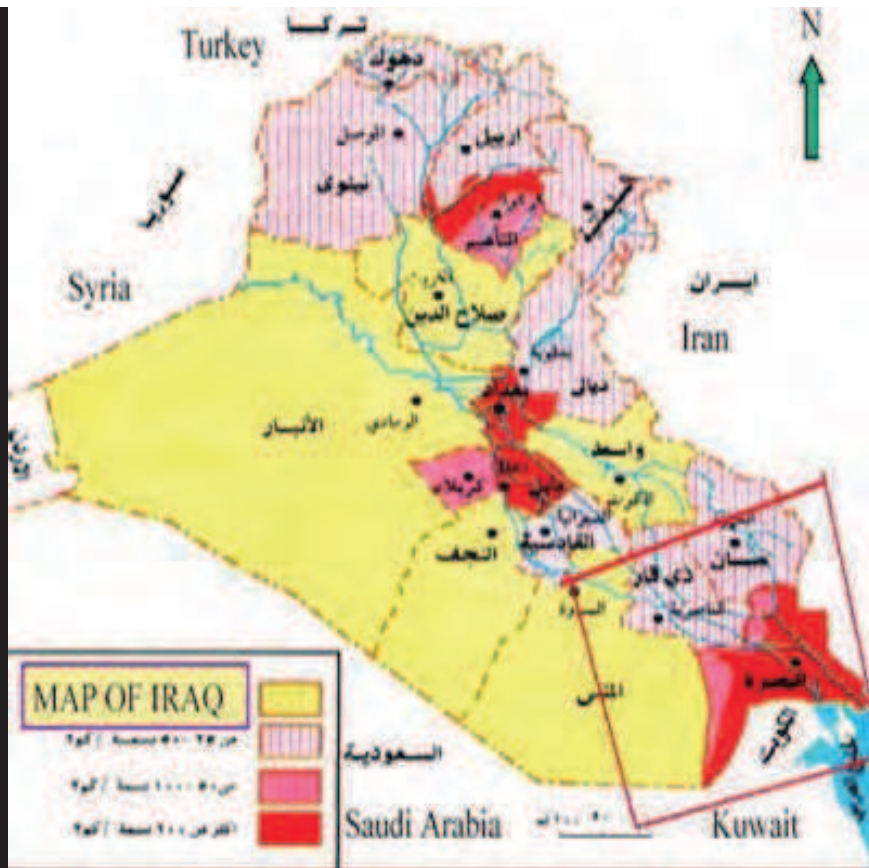


50



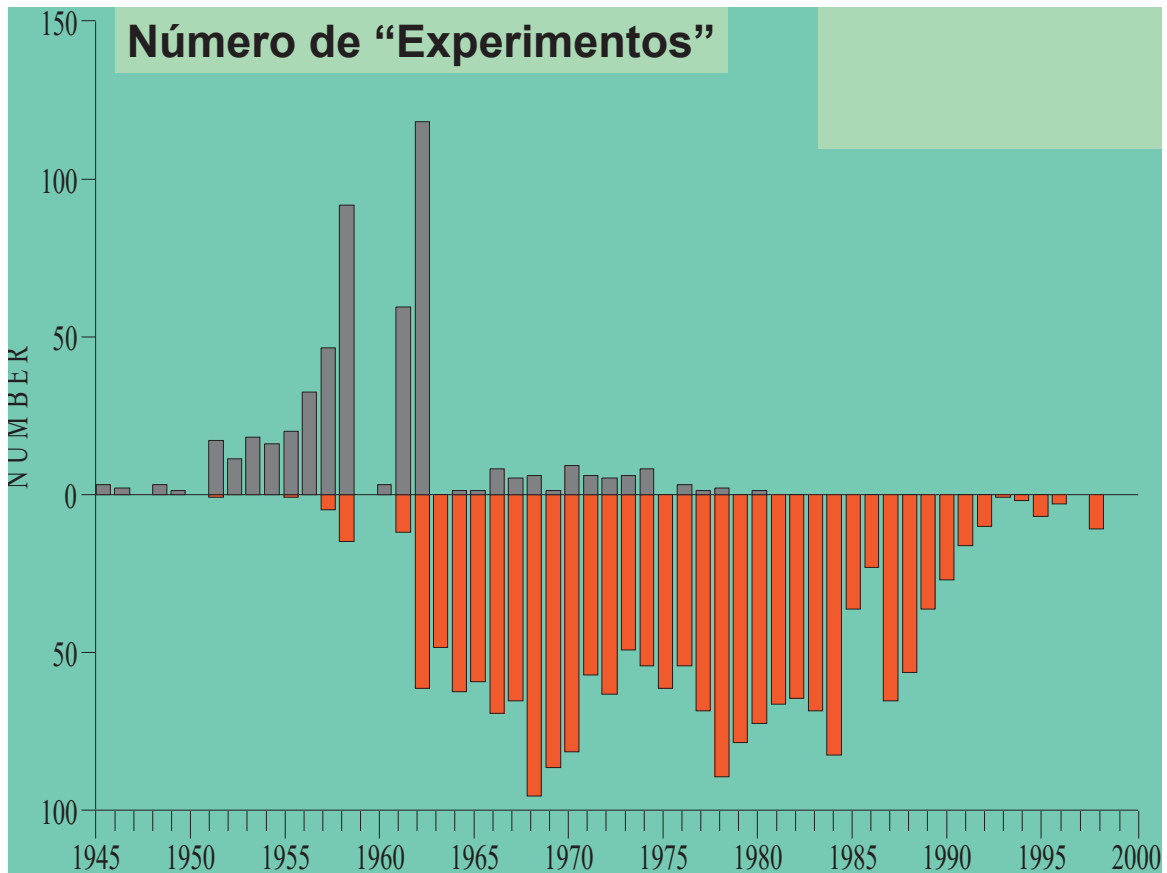
51





53

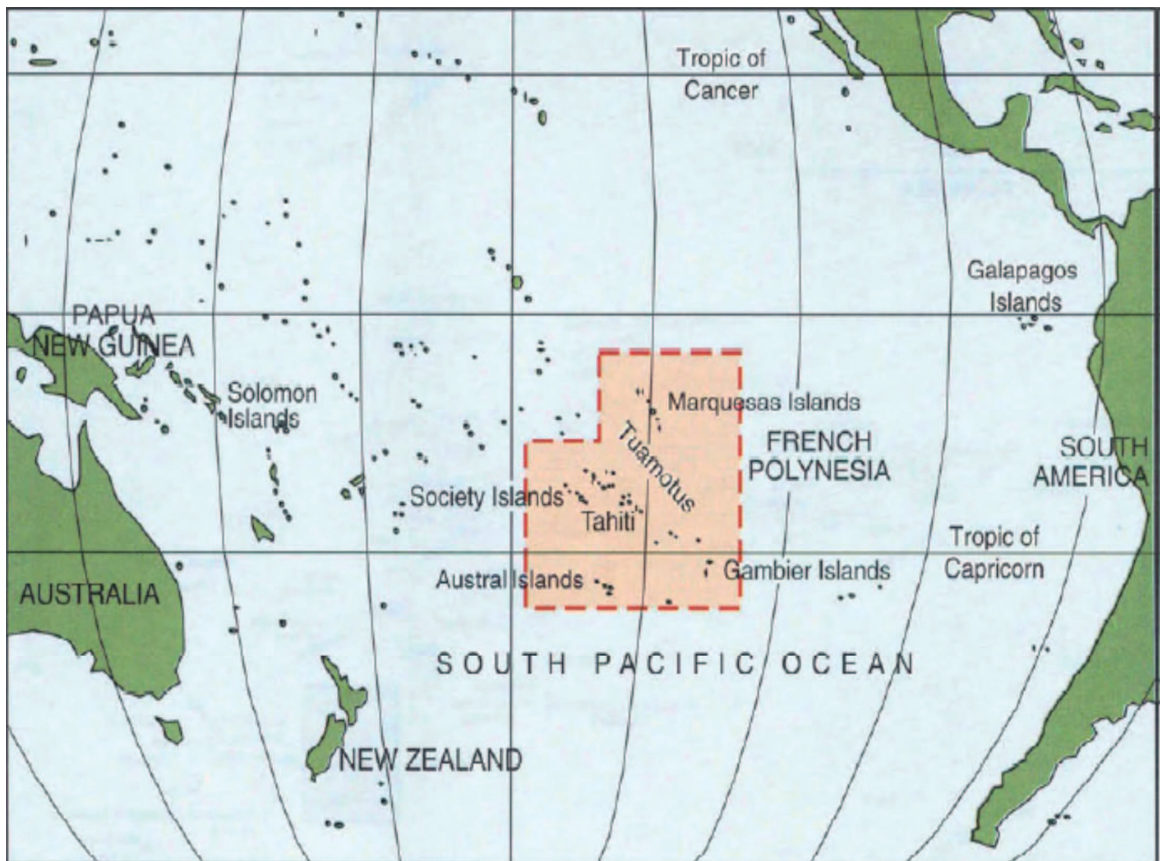
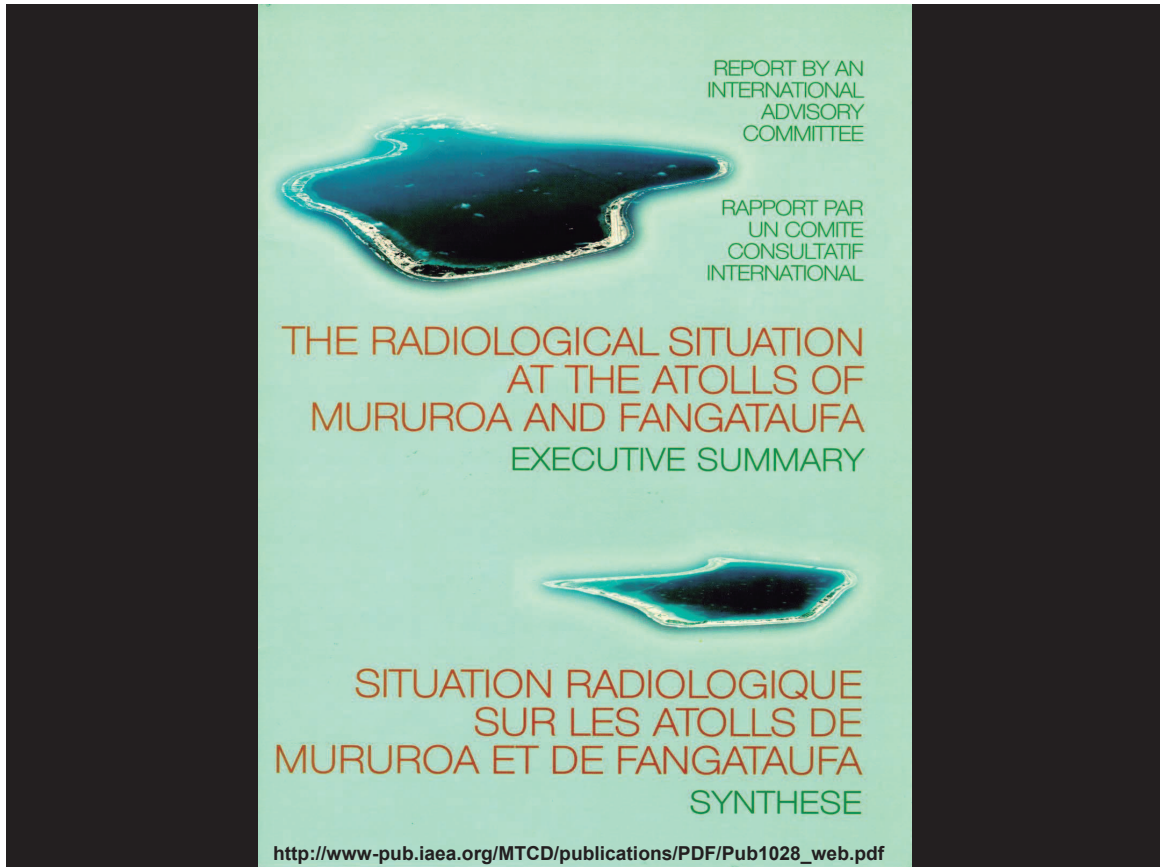
## Conjetura 5 en Ucrania Detonación de bombas nucleares

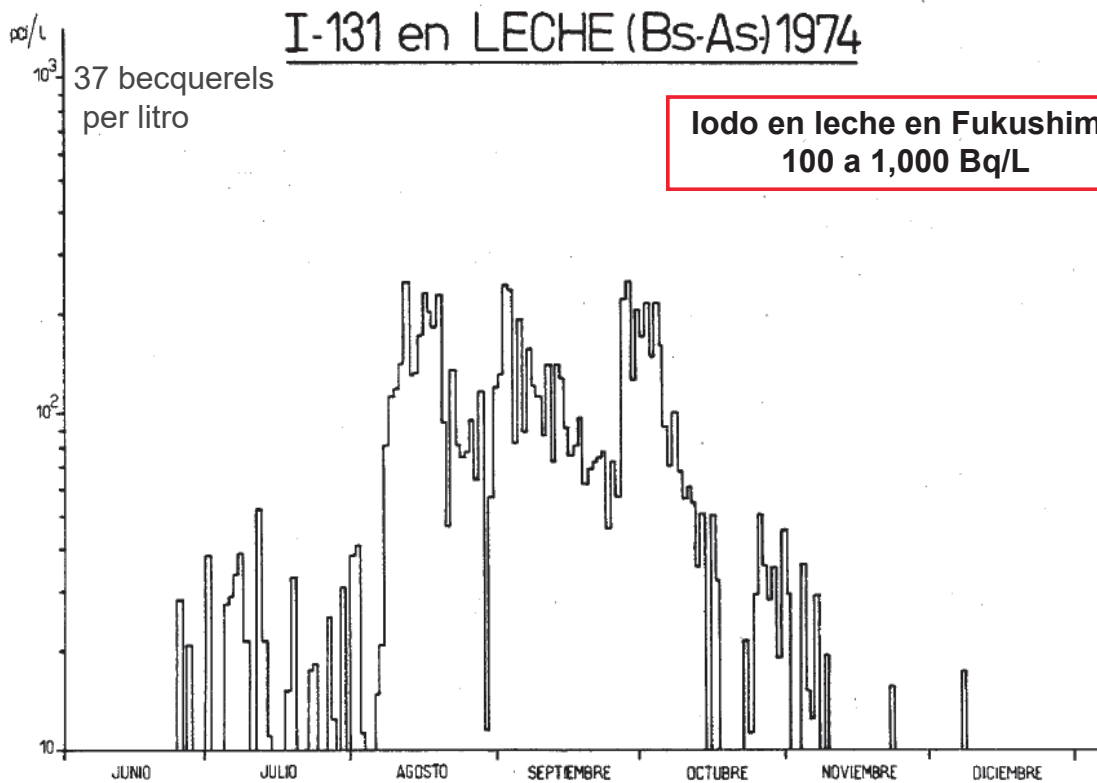


## Actividad descargada de los Tests Atmosféricos

RADIONUCLIDO	VIDA MEDIA	ACTIVIDAD [ $10^{18}$ Bq]
Tritium	12.32 años	240
Carbon-14	5730 años	0.22
Caesium-137	30.14 años	0.912
Strontium-90	28.6 años	0.604
Iodine-131	8.02 días	651
Plutonium-239	24100 años	0.0065







## Pérdidas de bombas atómicas

# El accidente del bombardero B-52 en Palomares, España







**Barriles de tierra contaminada en preparación para ser retirados a los Estados Unidos**

65



**Bomba recuperada del mar**

# Accidente del bombardero B-52 en la Base Aérea de Thule (Groenlandia)





Hielo contaminado siendo cargado en tanques de acero en Thule

**Conjetura 6 en Ucrania**  
**Quebrantamiento del**  
**sistema internacional**  
**de no-proliferación**

**Memorando sobre garantías de  
seguridad en relación con la adhesión  
de Ucrania al Tratado sobre la no  
proliferación de las armas nucleares**

**Budapest, 5 de diciembre de 1994**

**Los Estados Unidos de América, la Federación de  
Rusia y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda  
del Norte,**

- **acogiendo con beneplácito la adhesión de  
Ucrania al Tratado sobre la no proliferación de las  
armas nucleares como Estado no poseedor de  
armas nucleares, y**
- **teniendo en cuenta la compromiso de Ucrania de  
eliminar todas las armas nucleares de su  
territorio..**

**CONFIRMAN.....**



## **.....SU COMPROMISO CON UCRANIA,**

- de respetar la Independencia y la Soberanía y las fronteras existentes de Ucrania.
- de abstenerse de la amenaza o el uso de la fuerza contra la integridad territorial o la independencia política de Ucrania, y que nunca se usarán armas contra Ucrania,
- de abstenerse de toda coacción económica destinada a subordinar a sus propio interés el ejercicio por parte de Ucrania de los derechos inherentes a su soberanía y así obtener ventajas de cualquier tipo.

## **Desafío 2:**

### **Descargas de Fukushima**

La publicitada descarga de grandes cantidades de agua conteniendo sustancias radioactivas, fundamentalmente tritio, desde el sitio de Fukushima al océano.

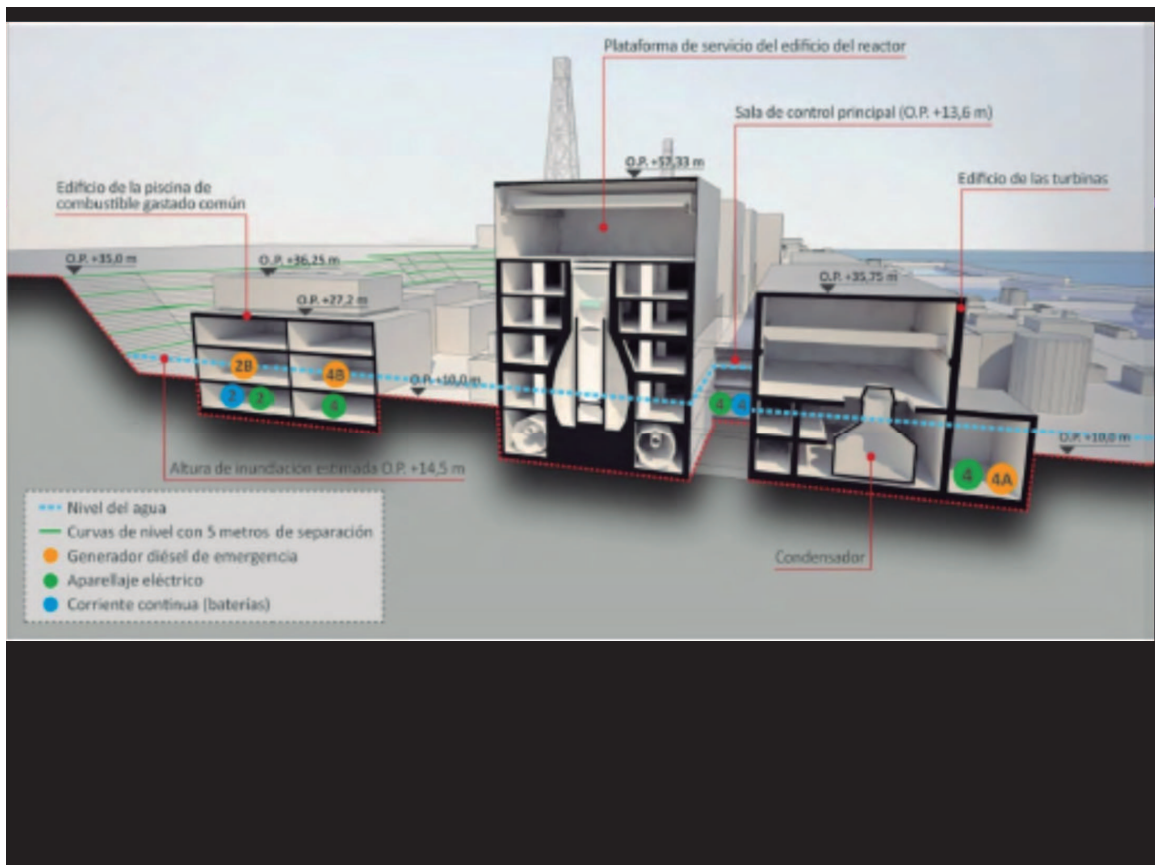
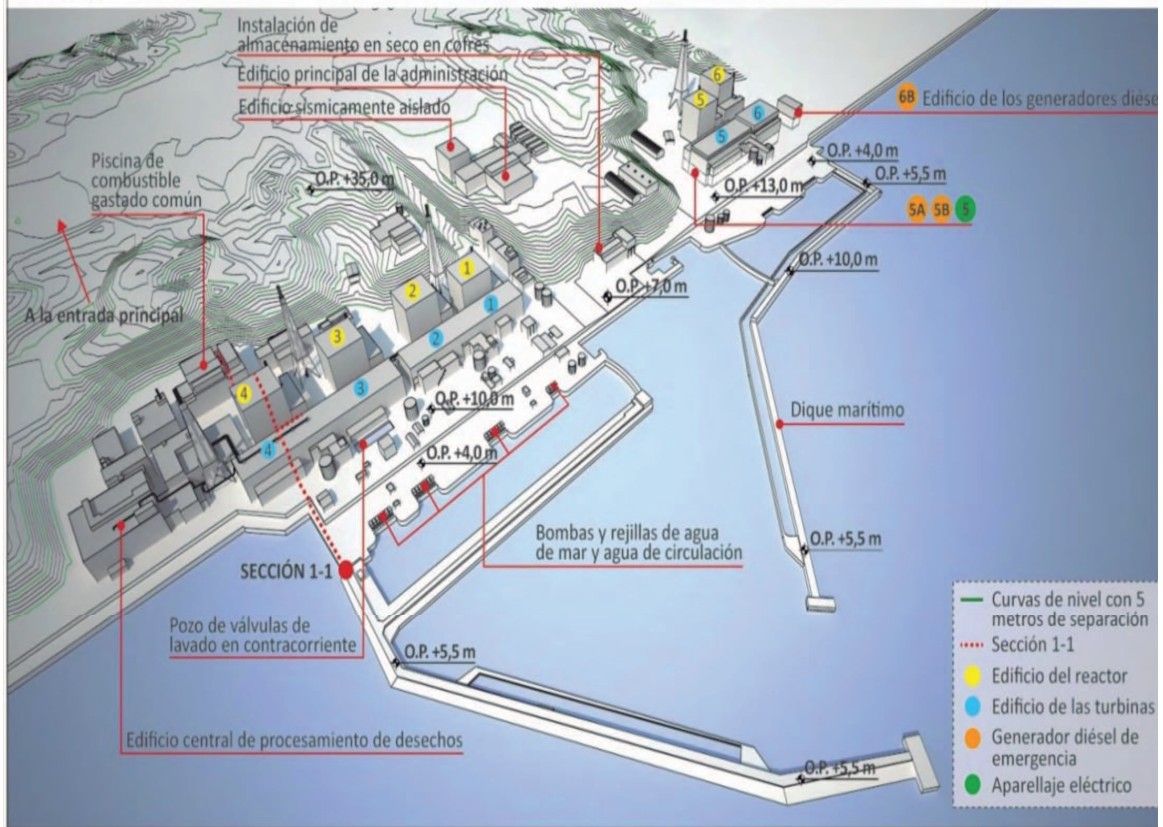


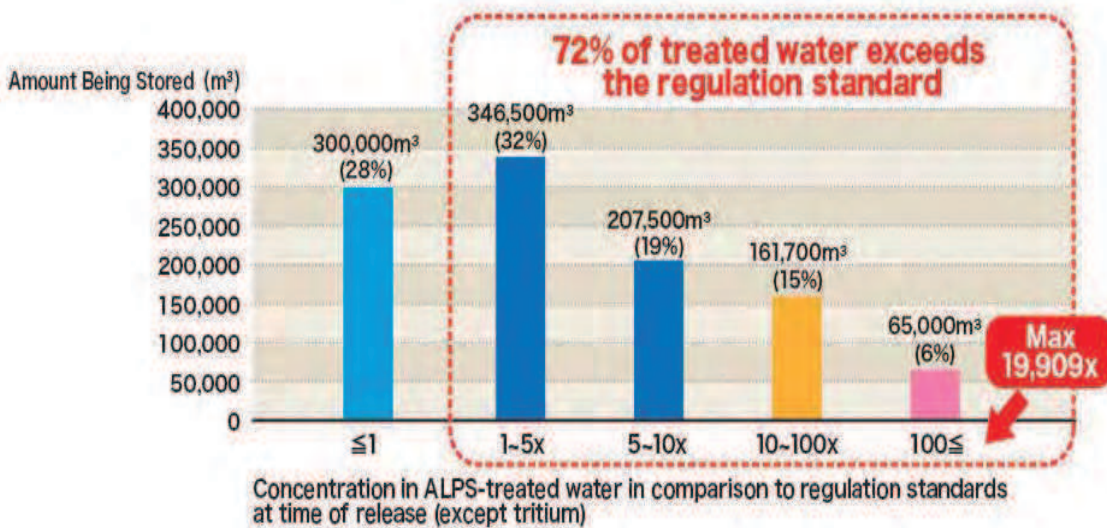
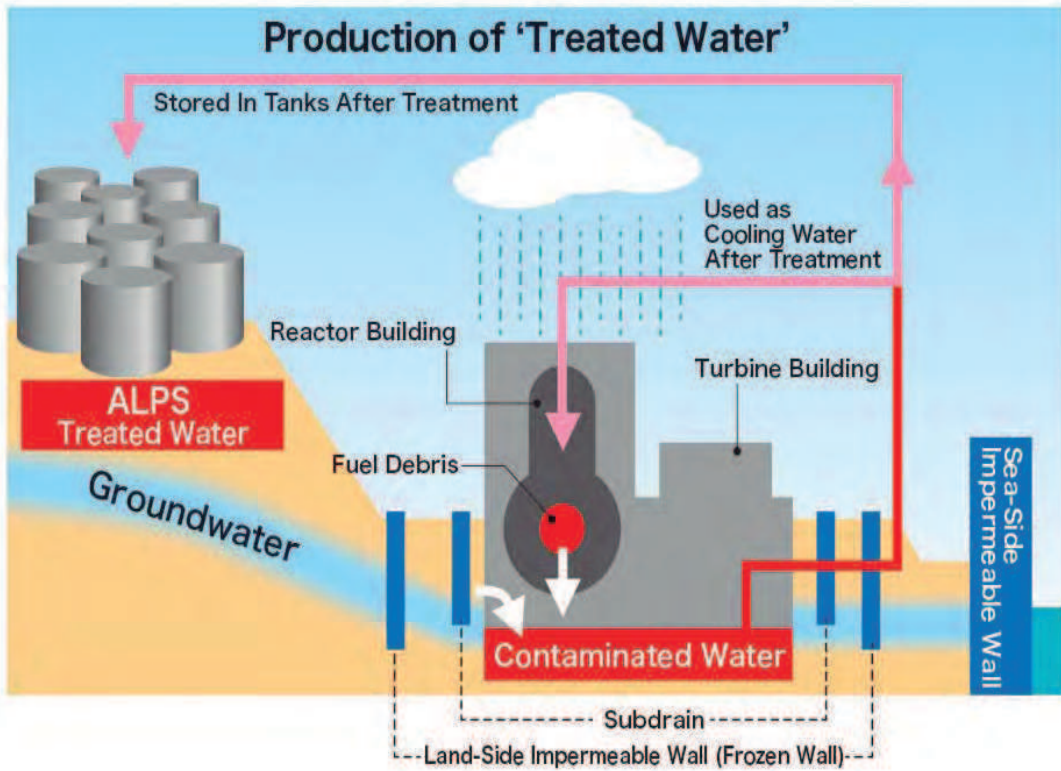
## Fukushima Dai-ichi NPP



Source: [www.tepco.co.jp](http://www.tepco.co.jp)

PERSPECTIVA











## La intervención del OIEA Antecedentes

- En abril de 2021, el Gobierno de Japón (GOJ) anunció descargas controladas en el mar de agua tratada ALPS almacenada en la Central Nuclear Fukushima Daiichi.
- El GOJ solicitó al OIEA que revisara sus actividades de descarga de agua vis-à-vis las normas de seguridad internacionales.
- El OIEA lo aceptó de conformidad con sus funciones estatutarias de “...proveer a la aplicación de las normas internacionales de seguridad, a petición de un Estado”.

# Foco y Alcance

- La corroboración del OIEA se centran en responder a dos preguntas clave:
  - ¿Son los planes y acciones del solicitante, conformes con las normas internacionales de seguridad?
  - ¿ Cumplen los planes y acciones del órgano regulador, con las normas internacionales de seguridad?

87





# La protection contra el tritio



United Nations

## Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Sixty-third session  
(27 June-1 July 2016)

General Assembly  
Official Records  
Seventy-first session  
Supplement No. 46

A/71/46

- El tritio ( $^3\text{H}$ ) es un isótopo radiactivo del hidrógeno que se desintegra únicamente por emisión de partículas beta de baja energía,
- La protección contra el tritio ha sido un tema de debate y todavía hay cuestiones que merecen una mayor investigación, por ejemplo:

**La acumulación de tritio en el componente orgánico de alimentos, o *tritio ligado orgánicamente*.**

- Actualmente, las dosis de radiación se calculan utilizando modelos anatómicos para el tritio en forma de agua tritiada, que representan su distribución en los órganos y tejidos del cuerpo según su contenido de agua.
- Pero hay menos información disponible sobre modelos adecuados para el comportamiento del ***tritio ligado orgánicamente*** y otros compuestos tritiados, incluidos los aminoácidos, algunos de los cuales están involucrados en la síntesis de ADN y proteínas asociadas.

- **Se han realizado varios estudios epidemiológicos de trabajadores y público expuestos al tritio.**
- **Sin embargo, ninguno de estos estudios hasta ahora ha mostrado una mayor frecuencia de cáncer en las poblaciones expuestas que podría atribuirse a la exposición a la radiación del tritio.**

**¡Se debe esperar el desarrollo de un corpus sustantivo de normas de seguridad sobre el tritio!**

## **Desafío 3: Nuevas tecnologías**

**El surgimiento de nuevas tecnologías, algunas revolucionarias, tanto para la producción de energía nuclear por fisión y por fusión, así como en nuevas prácticas de radiodiagnóstico y radioterapia, y la pregunta consecuente:**

***¿Es la actual normativa aplicable a estos desarrollos?***

Las “**Normas de Seguridad del OIEA**” son  
**internacionales**

(porque son copatrocinadas por todas las  
organizaciones internacionales)

e **intergubernamentales**

(porque son aprobadas por los gobiernos)

## Diferencias en la traducción

**Standard** (en inglés), fue traducido como :

- **Norma** (y no *estándar*) en castellano
- **Norme** (i no *estandar*) in Francés
- **Нормы [normy]** (y no стандартный [standartnyy]) in Ruso
- 标准 [Biāozhǔn - estándar] (y no 规则 [guīzé - norma]) in Chino

## Confusión en terminología

Estándar

≠

Norma

## Estándard

- **nivel de logro**

de *estendre* (que denota una bandera izada en un poste como modelo a imitar).



# Norma

- **precepto, regla**

[from Latin *norma* ,

Origen: cuadro de los carpinteros]



# Situación

Las normas de seguridad internacionales e intergubernamentales establecidas bajo los auspicios del OIEA incluyen tanto **estándares** como **normas**

**Los niveles de logro en protección deberían ser aceptables para cualquier situación de exposición a la radiación.**

**Por lo tanto:**

**Los estándares de protección son aplicables a cualquier actividad que implique exposición a la radiación**

**Pero las prescripciones y reglas de protección deberían adaptarse a situaciones específicas que impliquen exposición a la radiación.**

**Por lo tanto:**

**las normas de protección deben ser específicas a situaciones que impliquen exposición a la radiación**

Por lo tanto, podemos ahora intentar responder a la pregunta:  
**¿Son aplicables las Normas del OIEA a nuevas tecnologías?**

- Los **ESTÁNDARES DE SEGURIDAD** internacionales e intergubernamentales que se establecen bajo los auspicios del OIEA **SI SE APLICAN** a cualquier nuevo **DESARROLLO** que involucre exposición a la radiación.
- Las **NORMAS DE SEGURIDAD, ¡NO!**

**Ejemplo de "estándares" en el sistema actual**



## IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Jointly sponsored by

Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO



IAEA

WHO

### Safety Fundamentals

No. SF-1



## ¿Cuál es el desafío?

- Separar **estándares** y **normas** del corpus de documentos actuales.
- Desarrollar **normas** para los nuevos emprendimientos.

## **Desafío 4:**

### **Atribución de efectos**

**El irresoluto problema regulatorio de la atribución de efectos detrimentales a situaciones de exposición a bajas dosis de radiación.**

## **Confusión sobre 'LNT'**

**El acrónimo "LNT" describe diferentes conceptos**

## **‘LNT’ para los radio-biólogos**

- **Una teoría biológica:**

A dosis bajas de radiación, un incremento en la dosis producirá un incremento directamente proporcional en la probabilidad de contraer cáncer o efectos hereditarios atribuibles a la radiación.

## **‘LNT’ para los radio-epidemiólogos**

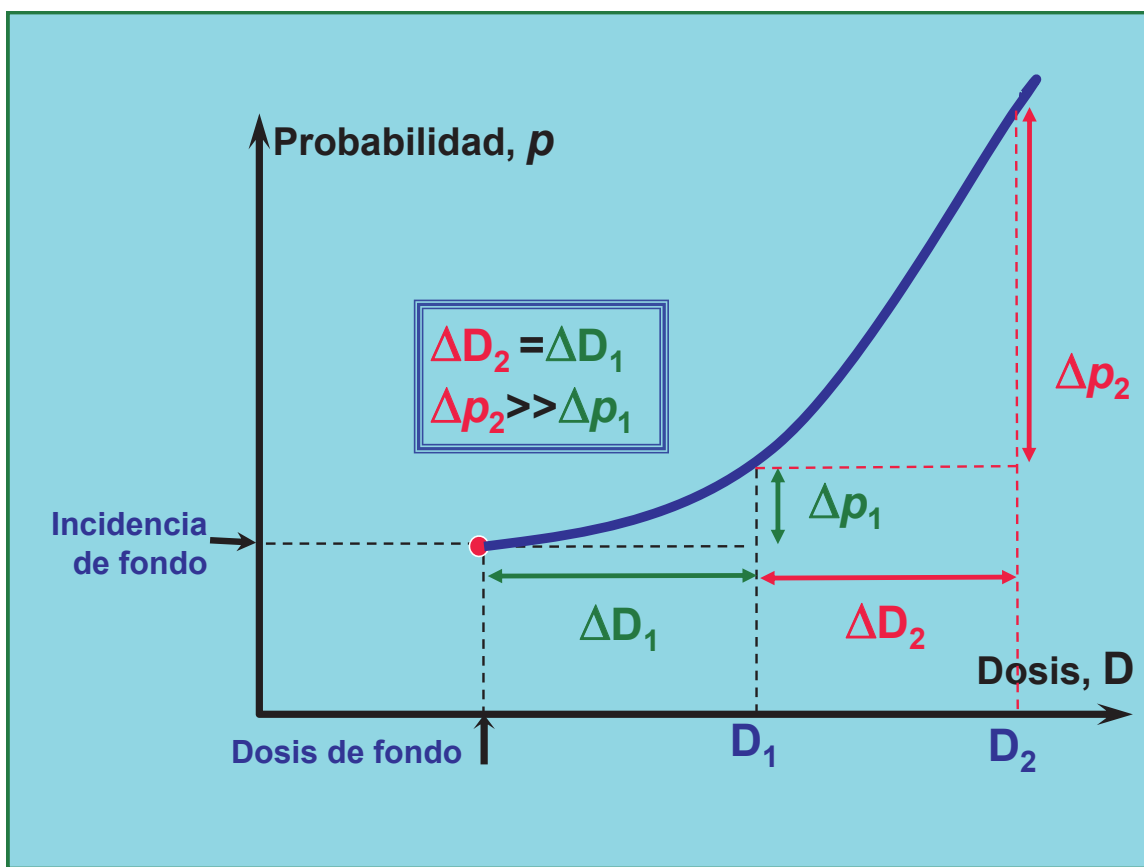
- **Una conjetura epidemiológica:**

la incidencia de efectos por unidad de dosis observada a dosis altas (con evidencia epidemiológica) permanece igual en dosis bajas (sin evidencia epidemiológica).

# 'LNT' para los radio-proteccionistas

- Un modelo de protección radiológica:

Un enfoque práctico para la gestión de la protección radiológica que considera la protección por dosis adicionales independientemente del nivel de dosis acumulada (entre otros motivos, para evitar discriminación laboral por edad)



SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION  
**UNSCEAR 2012 Report**

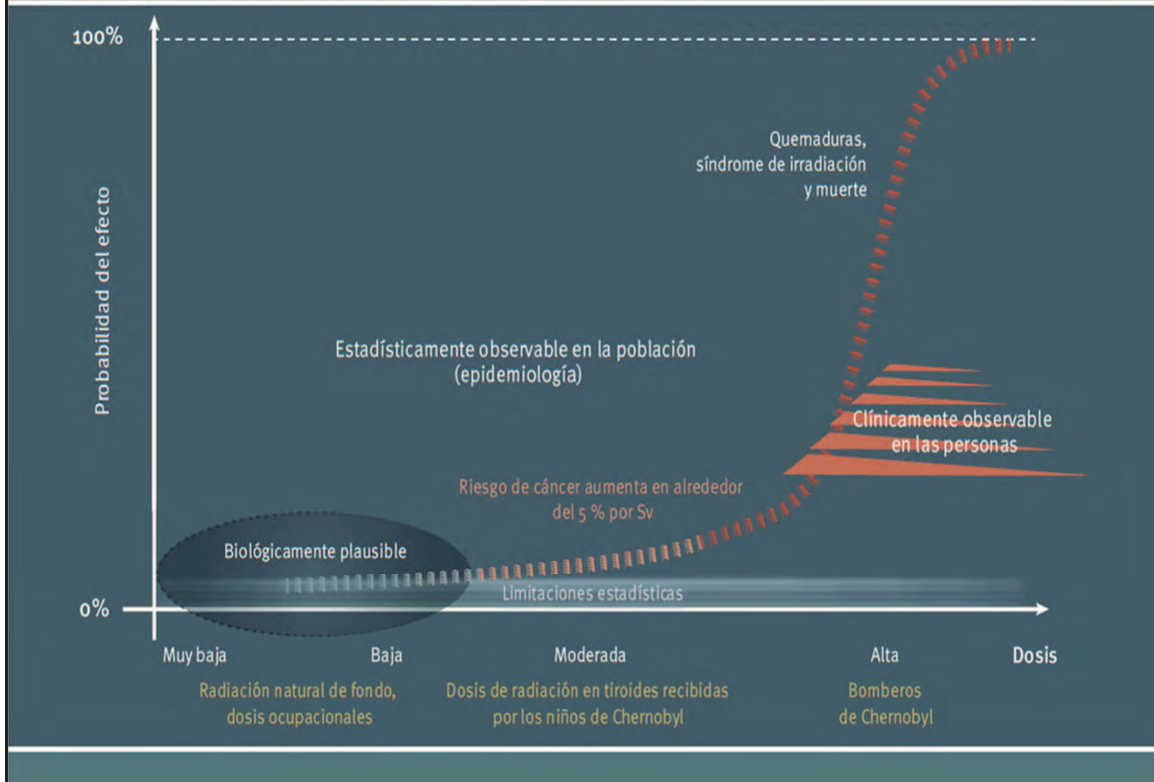
**Report to the General Assembly**

SCIENTIFIC ANNEXES A AND B

Annex A. Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks  
Annex B. Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer



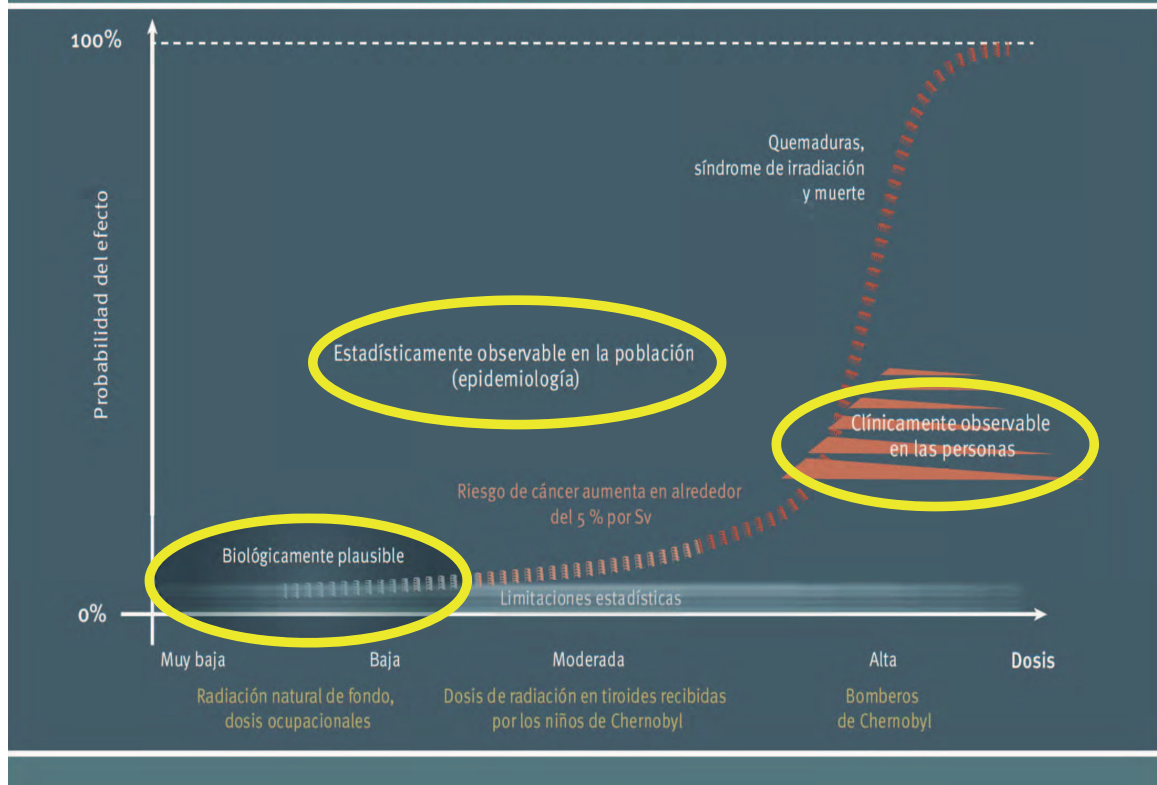
**Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud**



# Observación de efectos

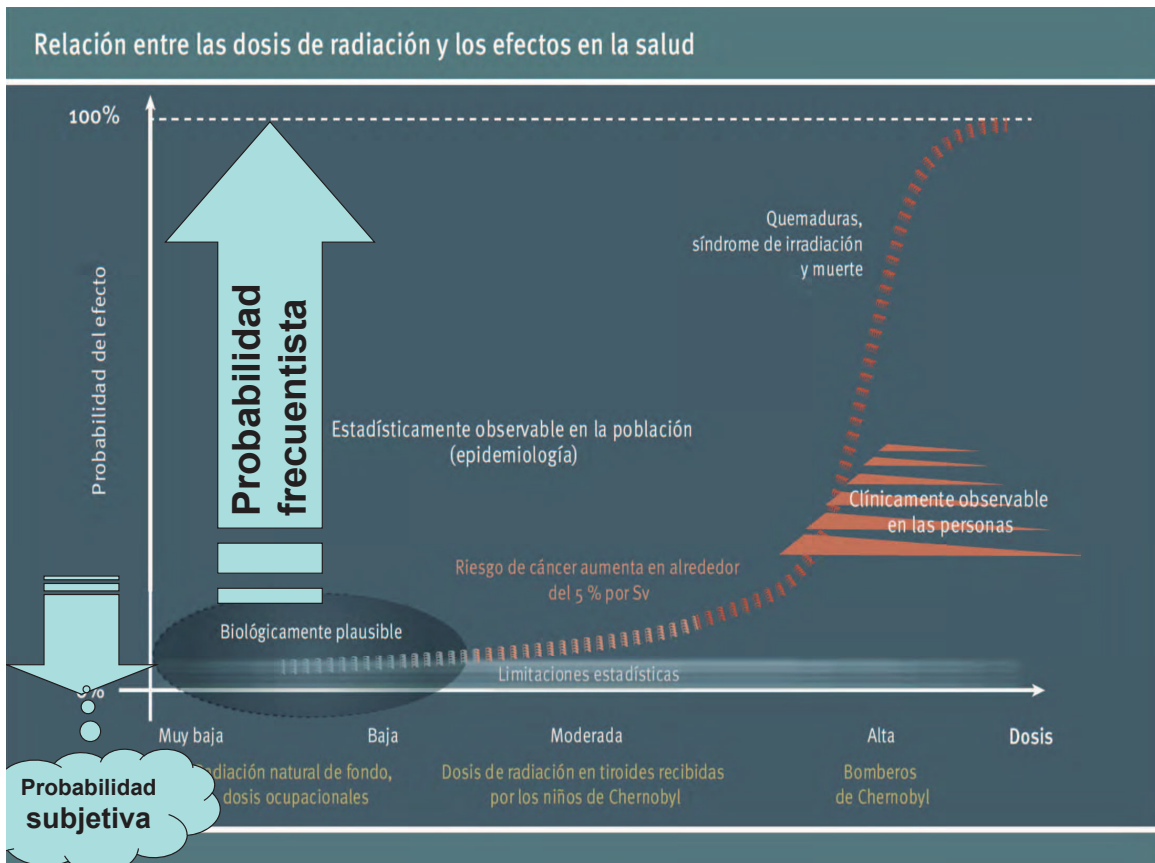
115

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



# Probabilidades frecuentistas *versus* Probabilidades subjetivas

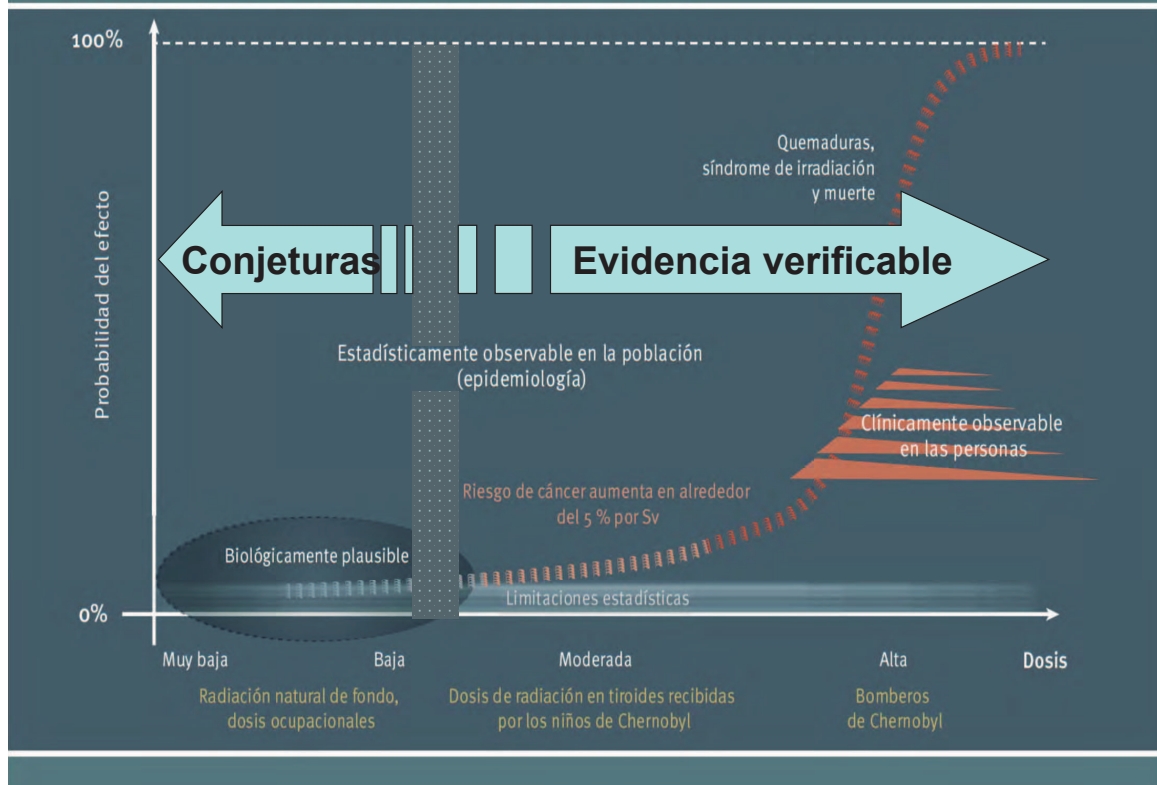
117



# Hechos versus Conjeturas

119

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud

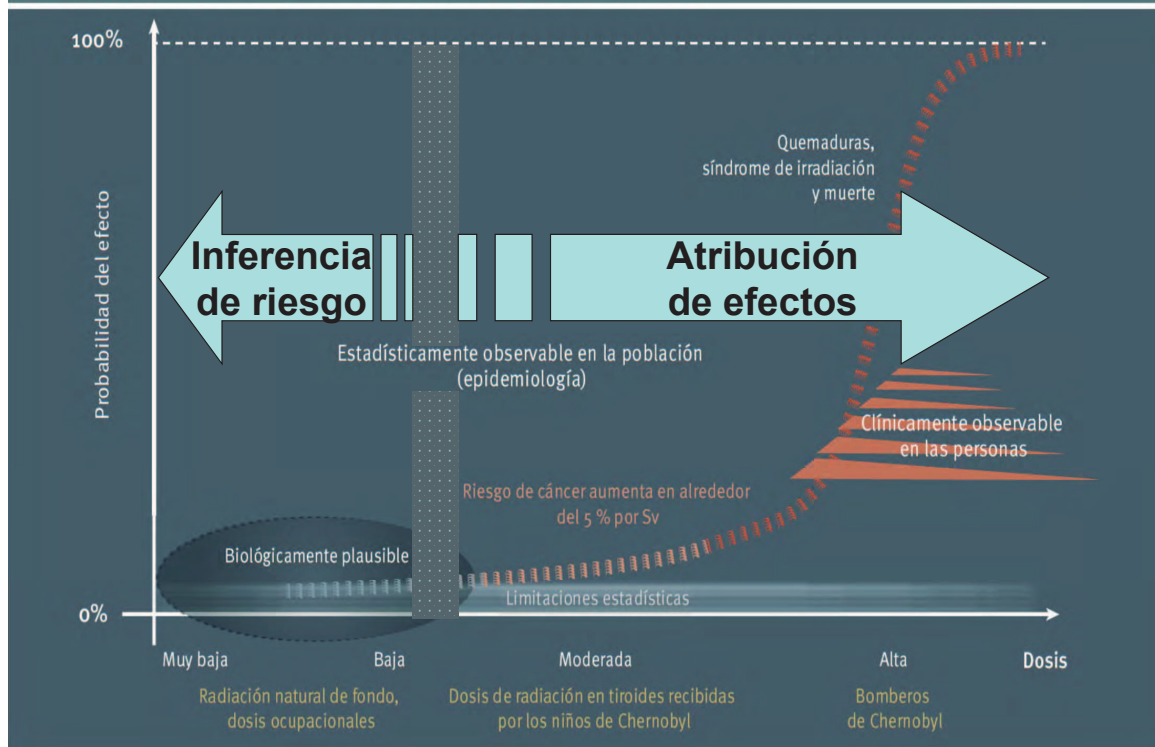




# Atribución *versus* Inferencia

121

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



# Diagnóstico individual

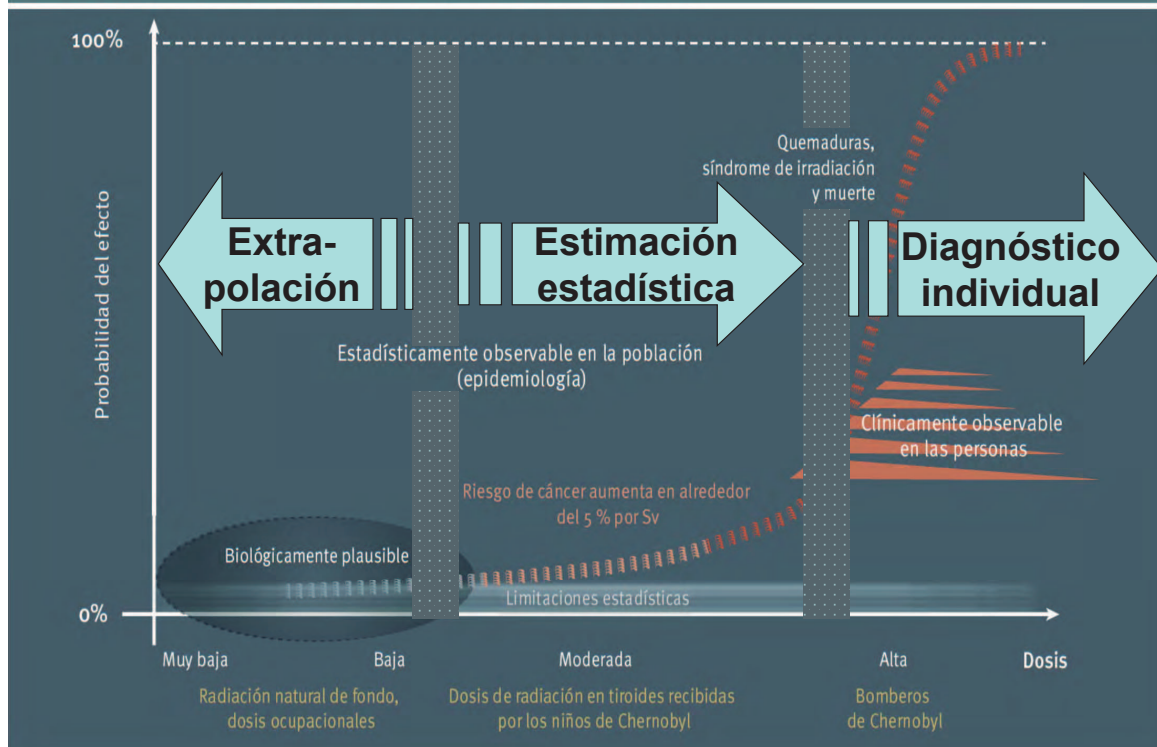
*versus*

# Estimación estadística

*versus*

# Extrapolación subjetiva

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



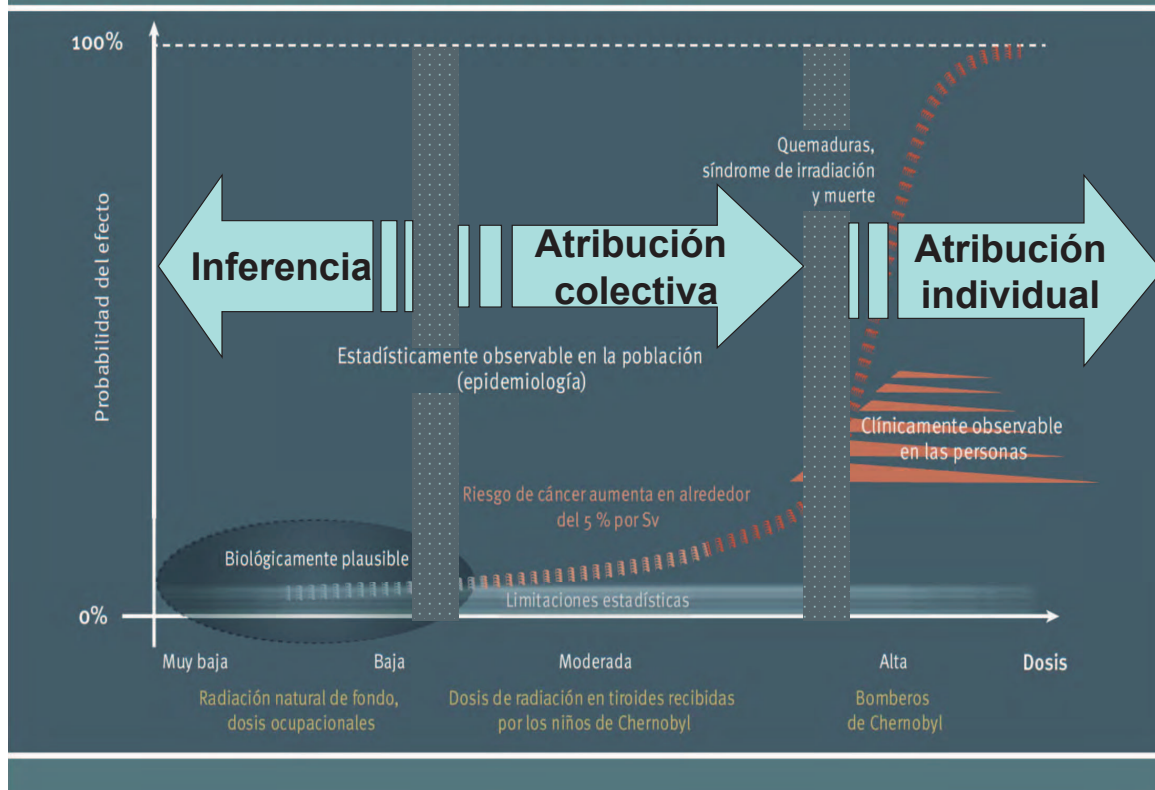
## **Desafío 5:**

# **Imputabilidad legal**

**El tema concomitante de la imputabilidad legal  
de efectos en la salud a situaciones de bajas  
dosis  
(agravada por la recientes demandas en las  
cortes japonesas en ese sentido)**

**Atribución individual**  
*versus*  
**Atribución colectiva**  
*versus*  
**Inferencia**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**Atestación patológica**

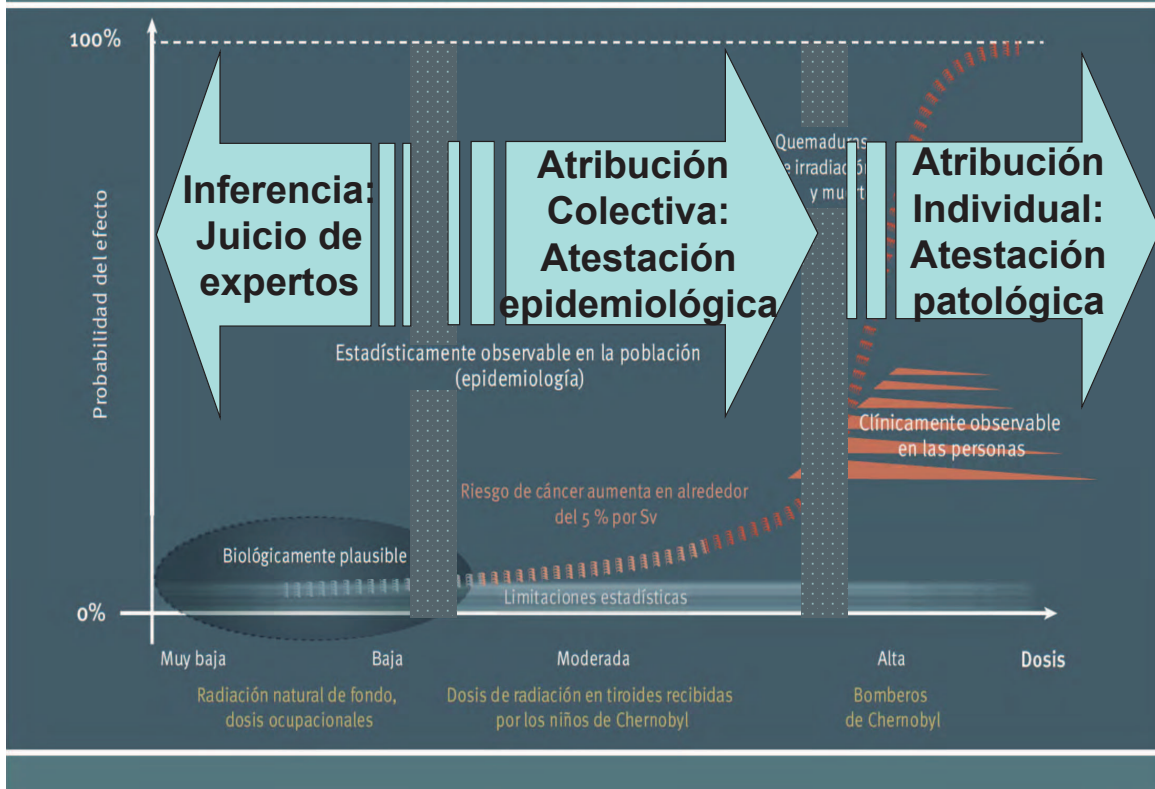
*versus*

**Atestación epidemiológica**

*versus*

**Juicio subjetivo de expertos**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



## Estimación de riesgo

**~5% / Sv** → **~0,005% / mSv**

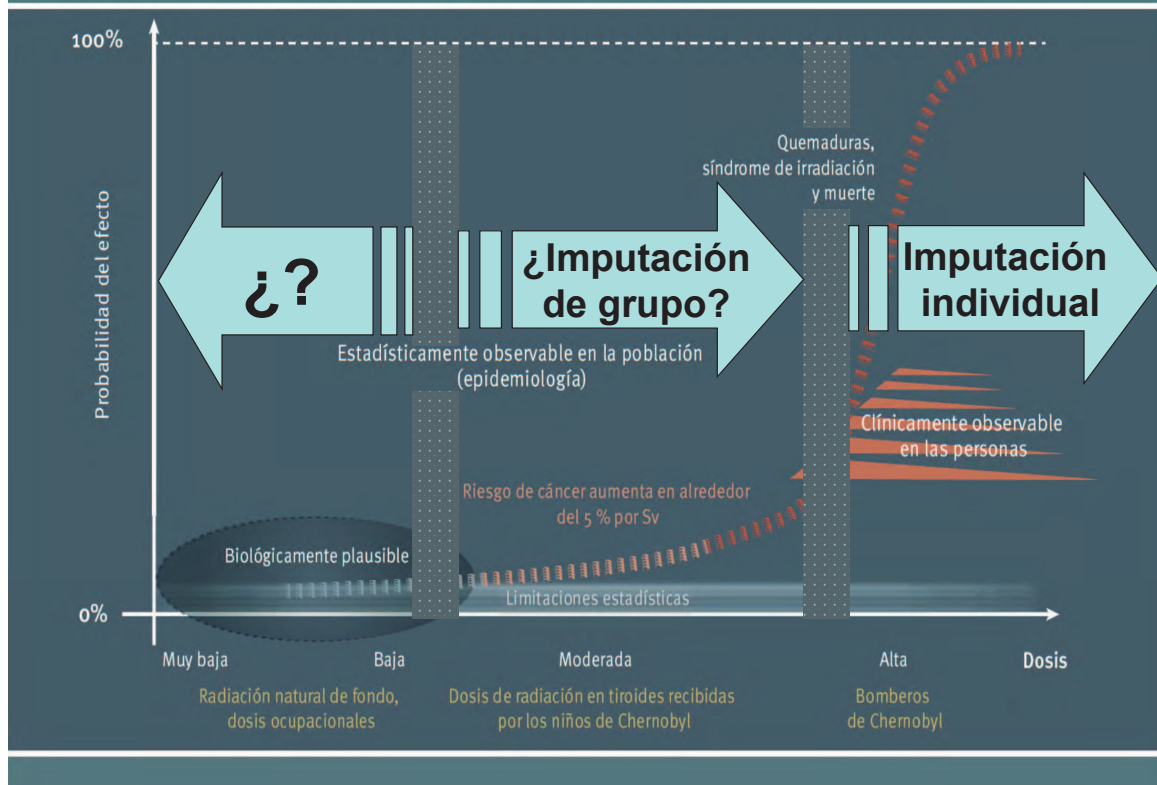
**Hecho objetivo**

**Conjetura subjetiva**

# Imputabilidad

131

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud

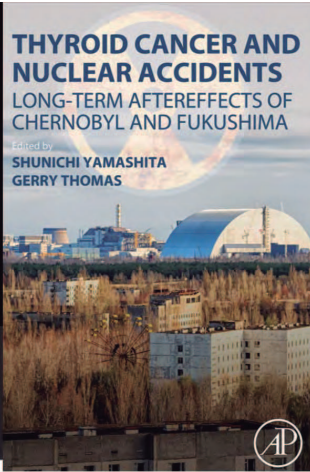


Libro del OIEA con motivo de la Primera Conferencia Internacional sobre Derecho Nuclear (ICNL) 2022.

## Chapter 7

# Legal Imputation of Radiation Harm to Radiation Exposure Situations

Abel Julio González



**THYROID CANCER AND NUCLEAR ACCIDENTS**  
LONG-TERM AFTEREFFECTS OF CHERNOBYL AND FUKUSHIMA  
Edited by  
SHUNICHI YAMASHITA  
GERRY THOMAS

**CHAPTER 4**

**Reassessing the Capability to Attribute Pediatric Thyroid Cancer to Radiation Exposure: The FHMS Experience**

**Abel J. González**  
Argentine Nuclear Regulatory Authority, Buenos Aires, Argentina

## **Desafío 6:**

### **Magnitudes y unidades**

**Los problemas causados por el sistema actual de magnitudes y unidades de protección radiológica y las propuestas para abordarlos.**

## **Una lección derivada del accidente de Fukushima**

- **Las magnitudes y unidades utilizadas en el paradigma causaron una gran confusión y problemas de comunicación.....**

**.....incluyendo:**



**Las diferencias entre las magnitudes no se comprenden bien, incluso por audiencias de alto nivel educativo;**

**Por ejemplo, diferencias entre:**

**dosis absorbida,  
dosis equivalente  
equivalente de dosis  
dosis efectiva**

**La distinción entre las magnitudes**

**físicas**

**de protección y**

**operacionales**

**es aún más difícil de entender.**

El uso de la misma unidad para diferentes magnitudes, sin especificar la magnitud, aumentó la confusión y los malentendidos.

Por ejemplo, el uso de la unidad **sievert** para

- **dosis equivalente** (incurrida por un órgano),
- **dosis efectiva** (contraída por el cuerpo), y
- **equivalente de dosis** (campo de radiación).

¡No está claro por qué se necesitan tantas magnitudes diferentes para proteger a las personas contra la radiación!

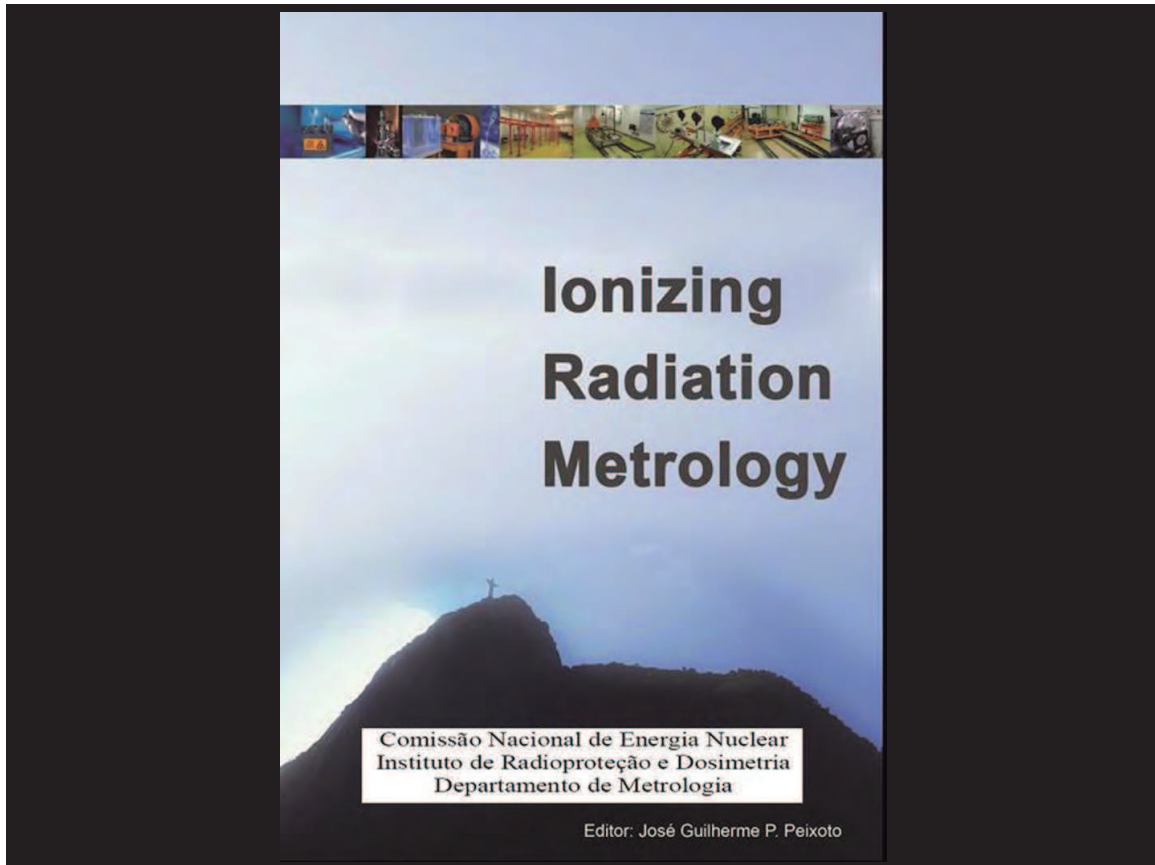
## Conclusiones de Fukushima

- La comunidad de protección radiológica tiene el deber ético de aprender de las lecciones de Fukushima y resolver los desafíos identificados.
- Antes de que ocurra otro accidente mayor:  
**¡Deben resolverse las confusiones sobre el sistema internacional de magnitudes y unidades!**

**CBMRI**

## **Primeiro Congresso Brasileiro de Metrologia da Radiação Ionizante**

Rio de Janeiro, Brazil, 23-25 November 2014.



## **Chapter V**

# **Radiation Protection Quantities and Units: Desirable Improvements**

**Abel Julio González**  
**Carlos Eduardo Veloso de Almeida**  
**Francisco Spano**

## **Nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP**

## **Nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP**

- Las nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP son una mejora....

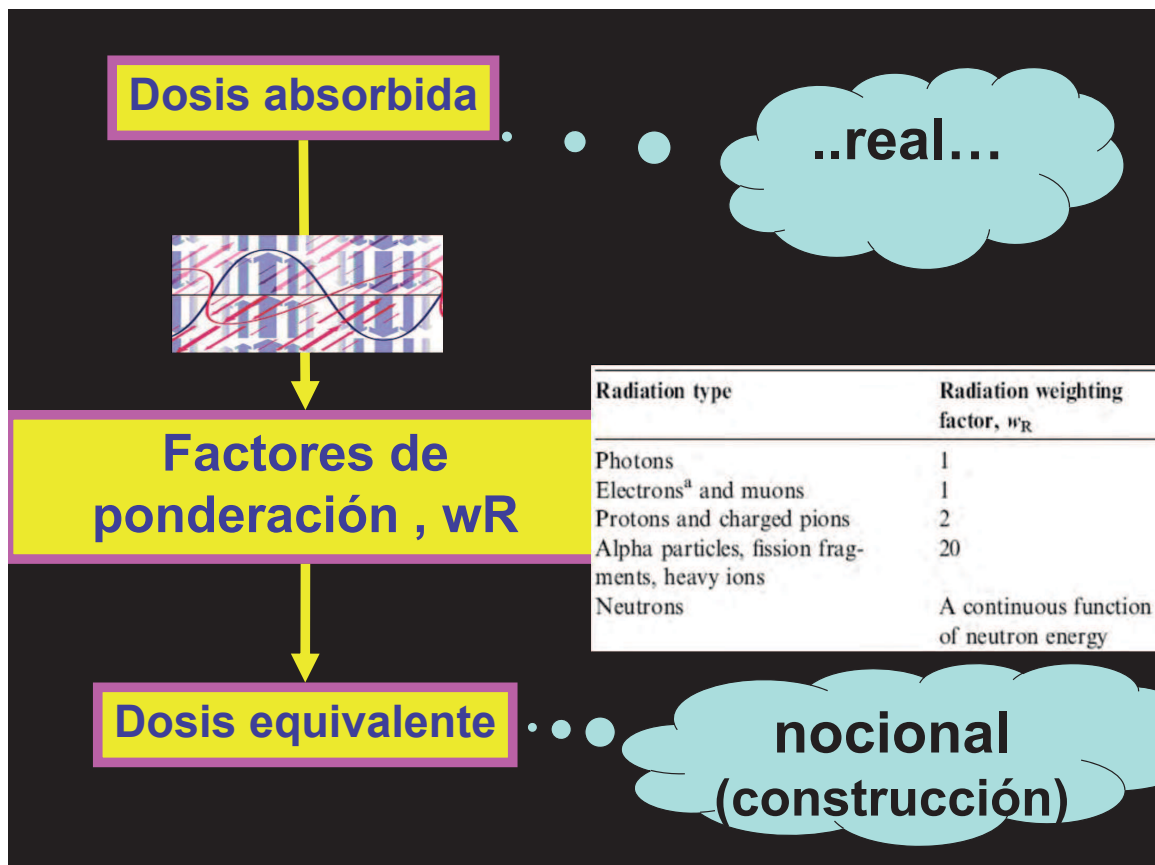
... pero ...

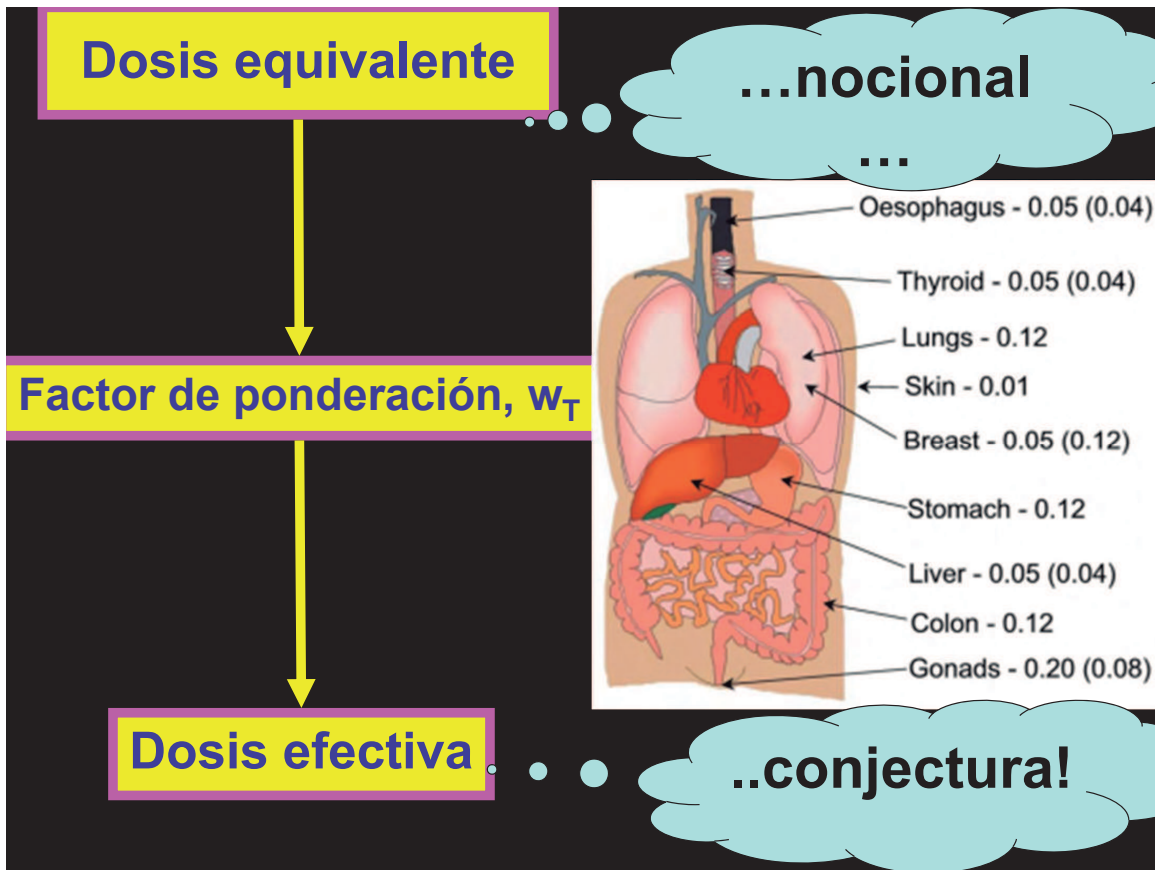
**¡Son necesarios otros cambios!**

## El problema epistemológico fundamental :

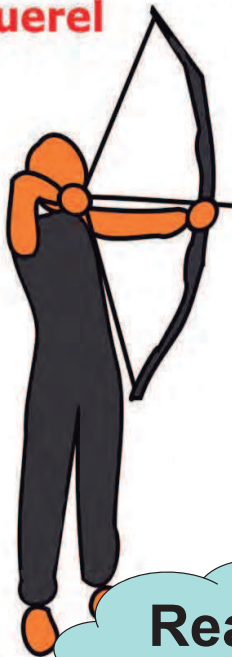
¿Debe utilizarse la misma magnitud y unidad (sin ninguna condición) para:

- calcular efectos atribuibles, e
- inferir riesgos conjeturales?



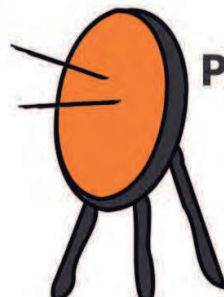


Number of Shots:  
**Becquerel**



**Realidad**

Number of Hits:  
**Gray**



**Conjetura**

Points: **Sievert**

# Dudas epistemológicas

## La gran duda epistemológica:

¿Deberían utilizarse las mismas magnitudes y unidades para cuantificar:

- efectos fácticos atribuibles en individuos,
- efectos fácticos atribuibles en cohortes
- riesgos conjeturales inferidos?



**¿Es correcto utilizar las mismas magnitudes y unidades para estas tres situaciones legales tan distintas?**

153

**¿Debería utilizarse la misma familia de “magnitudes y unidades” (sin ninguna condición) como:**

- **magnitudes intensivas, y**
- **magnitudes extensivas?**

**(Esto no sucede en otras áreas de la física)**

## Magnitudes intensivas

- Una magnitud intensiva es una magnitud física cuyo valor no depende de la cantidad de sustancia para la que se mide.

(Por ejemplo, la magnitud *temperatura*)

¡La *dosis individual* es una magnitud intensiva!

## Magnitudes extensivas

- Una *magnitud extensiva* es una magnitud física cuyo valor es proporcional al tamaño del sistema que describe.

(Por ejemp., la *energía* es una *magnitud extensiva*)

¡La *dosis colectiva* es una *magnitud extensiva* !

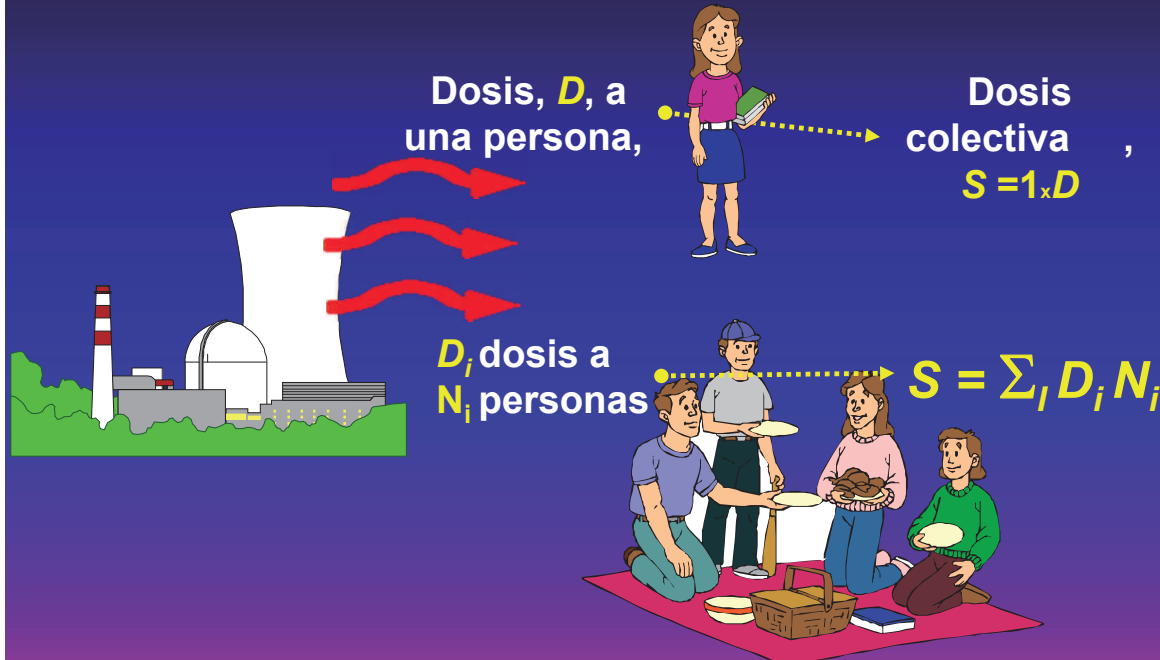
**¿Es epistemológicamente correcto  
utilizar la magnitud *dosis* tanto para  
*dosis individuales*  
como para  
*dosis colectivas*?**

157

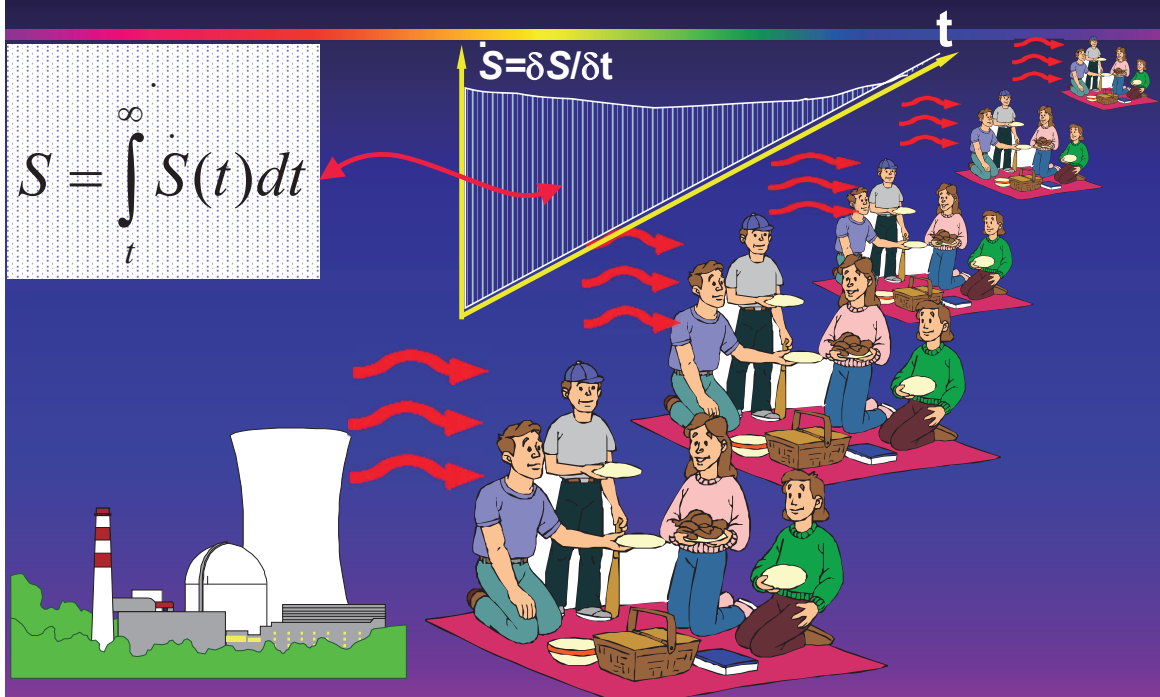
**Un tema controversial**

**El uso de la magnitud *dosis* colectiva**

# La dosis colectiva, S



# Dosis colectiva integrada en el tiempo



**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**  
Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

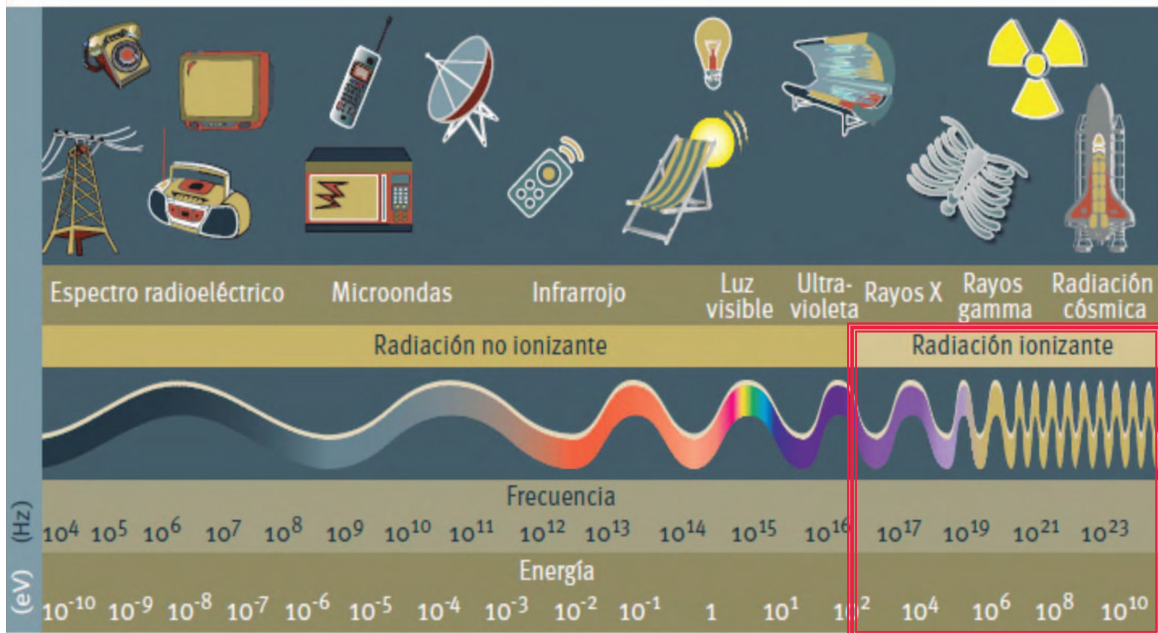
**Emerging Challenges  
in the  
International System  
of  
Quantities and Units  
for  
Radiation Protection**

Abel J. González

**Desafío 7:  
Radiaciones no ionizantes**

**La creciente preocupación por la falta de un  
régimen internacional de protección contra  
las radiaciones no ionizantes similar al  
existente para las radiaciones ionizantes  
(y la posibilidad de sinergias en los efectos de ambos tipos de  
radiación).**

## Tipos de radiación utilizada en distintas aplicaciones



La radiación no ionizante no tiene energía suficiente — medida en electronvoltios (eV)— para modificar la estructura de moléculas o átomos.

**Existe un régimen internacional e intergubernamental para la protección contra las radiaciones ionizantes**

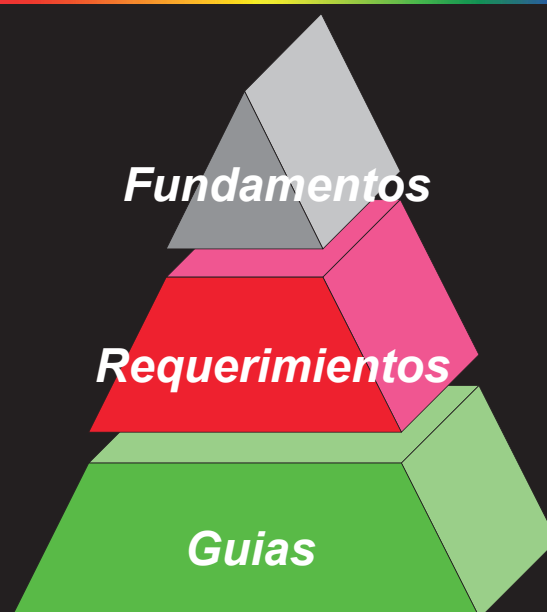


## RÉGIMEN DE NORMATIVO PARA LAS RI

- ✓ **Convenciones Vinculantes**
- ✓ **Estándares Internacionales**
- ✓ **Provisiones para su Aplicación**

# La Normativa Internacional e Intergubernamental

## Los Estándares





# Provisiones para la aplicación de la normativa internacional



**¡No existe nada ni  
remotamente parecido para  
las radiaciones no  
ionizantes!**

**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**

Topic Session Program: Topic 3. System of Protection, Standards and Regulation - 8. Radiological Protection – Past and Future (T3.1-0597)

**Seoul, Korea; January 18-22, 2021**

**Protection against ionizing radiation**

**vis-à-vis**

**Protection against non-ionizing radiation:**

**Different approaches**

**Rodolfo Touzet\* & Abel Julio González\*\***

\*Comision Nacional de Energía Atómica, ✉ Av. Libertador 8250, Buenos Aires, Argentina ☎ +54 9 11 2880-1880, 📧 rodolfo.touzet@gmail.com

\*\*Autoridad Regulatoria Nuclear; ✉ Av. del Libertador 8250; (1429) Buenos Aires, Argentina +54 1163231758; 📧 abel\_j\_gonzalez@yahoo.com

**Las radiación no ionizante es competencia de IRPA  
Entonces las sociedades constitutivas del IRPA  
tienen derecho a hacer preguntas tan básicas  
como:**

- **¿Cuál es la ciencia consensuada internacional sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes?;**
- **¿Cuál es la ética del paradigma de protección?;**
- **¿Cuál es el régimen intergubernamental de normas de protección?; y,**
- **¿Cuáles son las disposiciones para la aplicación global de dichas normas?**

## **Parece esencial para la IRPA**

**(es decir, para las sociedades nacionales de protección radiológica y para la plétora de profesionales de la protección radiológica)**

**buscar respuestas inequívocas a estas preguntas.**



# Epílogo

## Este fue un somero repaso de algunos desafíos. ¡Hay mas!

- El control de radioactividad en los bienes de consumo (alimentos, productos, agua)
- El monitoreaje de las dosis adventicias en radioterapia.
- La protección contra la exposición a la radiación natural (¡NORMs!)
- El uso adecuado de los conceptos de riesgos y probabilidades

“No podemos predecir el futuro, pero podemos crearlo”

Denis Gabor





Av. del Libertador 8250  
Buenos Aires



+541163231306

*Gracias por la  
atención!*



# Fusion: Do The IAEA Safety Standards Apply?

González, A.J.

Presentado en: First International Conference on Nuclear Law: The Global Debate del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Viena, Austria, 25 al 29 de abril de 2022





# FUSION: DO THE IAEA SAFETY STANDARDS APPLY?

A.J.GONZÁLEZ  
Autoridad Regulatoria Nuclear  
Ciudad de Buenos Aires, Argentina

## Abstract

The paper address the basic question on whether or not the IAEA Safety Standards are applicable to new and potential practices involving radiation exposure, such as fusion. It is suggested that the so-termed 'IAEA Safety Standards, which actually are international and intergovernmental standards of safety for the protection of health established under the aegis of the IAEA, include *standards*, i.e. levels of attainment, and *norms*, i.e. rules and precepts. It is concluded that: (i) the STANDARDS within the 'IAEA Safety Standards', DO APPLY TO FUSION because they are universal and should be applied to any endeavour involving radiation exposure; and, (ii) the NORMS, within the 'IAEA Safety Standards', are specific to each type of endeavour involving radiation exposure and, therefore, DO NOT APPLY TO FUSION. It is envisaged that specific safety norms for fusion reactors will have to be developed and that this will be a major challenge. While it seems premature to describe the issues that these new norms will have to cover, the paper advances at least three topics that must be addressed with much more detail than their current coverage in international standards. These are the protection against tritium, the protection (fundamentally occupational) against neutrons and a coherent protection system against non-ionizing radiation.

## 1. INTRODUCTION

A basic question is being voiced in many nuclear policy circles: *Are the 'International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Standards' applicable to radiation and nuclear endeavours that are essentially diverse than those currently in use?; e.g., are IAEA Safety Standards applicable to fusion reactors or to other innovative nuclear reactors?*

This paper aims at proposing some basic answers to such fundamental question.

Firstly, the paper will attempt to scrutinize the basic concept under the name 'IAEA Safety Standards'. Then the diverse concepts of *standard* vis-à-vis *norm* will be analyzed. This will facilitate the formulation of some answers to that initial fundamental question. Finally, few potential challenges arising from those answers will be discussed.

## 2. THE 'IAEA SAFETY STANDARDS'

In order to react to the fundamental question heading the paper it is proposed to examine the significance of the expression 'IAEA Safety Standards'.

The origin of the 'IAEA Safety Standards' phrase should be searched in the IAEA Statute. Article III of the IAEA Statute [1] establishes as a fundamental IAEA's function that the Agency is authorized to establish standards of safety for protection of health. This is to be performed in consultation and in collaboration with the competent organs of the United Nations and with the specialized agencies concerned.

Following such mandate the IAEA has established standards of safety that have been generally co-sponsored by relevant international organizations, particularly those within the United Nations family. It should be noted that in international language co-sponsoring indicates that the policy making organs of the co-sponsoring organizations are adopting the document concerned; this is an important difference with documents that are developed 'in cooperation with', which do not commit the cooperating organizations.

Therefore, a conclusion of this scrutiny is that the 'IAEA Safety Standards' are standards of safety for the protection of health. Another is that, while they are established under the aegis of the IAEA, they are co-sponsored by relevant international organizations, which converts them into international standards rather than

just IAEA's standards.

The IAEA Statute also establishes that the IAEA General Conference, consisting of representatives of all Member States, elects a Board of Governors with authority to carry out the functions of the Agency in accordance with the Statute, including the establishment of the standards of safety.

Therefore, this would mean that the international standards of safety for the protection of health established under the aegis of the IAEA are also intergovernmental, because they are approved by governments.

In sum, it seems that when reference is made to the 'IAEA Safety Standards', the precise denotation would be: *international and intergovernmental standards of safety for the protection of health established under the aegis of the IAEA*. This clarification is important for the discussion on the universality of these standards a concept implied in the question generating this paper.

The first standards of safety was approved by the IAEA Board of Governors, on 31 March 1960, under the name "The Agency's Safety Standards and Measures", reproduced in document INFCIRC/18) [2], which was revised in 1975 and approved by the IAEA Board of Governors in February 1976 and reproduced in INFCIRC/18/Rev.1 [3], a document that contains some relevant definitions. It indicates that "Safety standards" means standards, regulations, rules or codes of practice established to protect man and the environment against ionizing radiation and to minimize danger to life and property; i.e. that the word standard is used with a wide meaning.

### 3. STANDARDS *vis-à-vis* NORMS.

Perhaps it was that interpretation of the IAEA Board of Governors that triggered subtle but important differences in the official translation of the English term 'standards' in the Statute. This disparity is relevant for answering to the question addressed by this paper. The Statute indicate that it is done in the Chinese, English, French, Russian and Spanish languages, each being equally authentic.

The English term 'standard' has been translated as follows:

- into Spanish as *norma*, i.e., *norm* in English, and not as *estándar*, which is the Spanish term for standard;
- into French, as *norme*, i.e., *norm* in English, (and not as *estandar*, which is the French term for standard;
- into Russian as Нормы [normy], i.e., *norm* in English, and not as стандартный [standartnyy], which is the Russian term for standard; and, however,
- into Chinese as 标准 [Biāozhǔn] = standard (and not as 规则 [guīzé] = norm).

Therefore, it seems that translators have generally assumed that the terms *standard* and *norm* are interchangeable, namely that they are synonyms.

But the denotations of *standard* and *norm* are different!

*Standard*, which derive from an old expression denoting a flag on a pole as a rallying point, generally means a **level of attainment** ideally represented by that flag. Namely, standard is a generic concept expressing general principles for achievement rather than detailed rules; it is a strategic rather than a tactic concept.

*Norm*, on the other hand, directly derives from the Latin *norma*, which originates in the 'carpenter's square', and clearly denotes a **rule** or **precept**. The norms contain the tactics to achieve that strategic level of attainment contained in the standards

In sum, *level of attainment* is not a synonym to *rule* or *precept*, and *standard* is not a synonym of *norm*.

It should therefore be concluded that, as advanced by the IAEA Board of Governors, the 'IAEA Safety Standards' is a collection of *standards*, i.e., *levels of attainments*, and *norms*, i.e., *rules* and *precepts*.

A follow up deduction is that certain level of safety attainment should be a condition for accepting a radiation exposure situation whatever the source of exposure. Thus, the *standards* within the 'IAEA Safety Standards' should apply to any endeavour involving radiation exposure.

Another obvious inference is that specific *rules* and *precepts* are in addition required for achieving safety and that those need be tailored to definite situations involving radiation exposure. Therefore, the *norms* within the ‘IAEA Safety Standards’ should be specific to the definite endeavour involving radiation exposure.

It can now be proposed to answer the question *Do the IAEA Safety Standards apply to fusion?*, as follows:

- The STANDARDS within the ‘IAEA Safety Standards’, DO APPLY TO FUSION because they are universal and should be applied to any endeavour involving radiation exposure.
- The NORMS, within the ‘IAEA Safety Standards’, are specific to each type of endeavour involving radiation exposure and, therefore, DO NOT APPLY TO FUSION. Specific safety norms for fusion reactors will have to be developed.

#### 4. APPLICABILITY TO FUSION

The main levels of attainment, or standards, within the ‘IAEA Safety Standards’, are described in the so-called ‘Fundamental Safety Principles’ [4]. They account for ten primary principles described as follows:

- Responsibility for safety: The prime responsibility for safety must rest with the person or organization responsible for facilities and activities that give rise to radiation risks.
- Role of government: An effective legal and governmental framework for safety, including an independent regulatory body, must be established and sustained.
- Leadership and management for safety: Effective leadership and management for safety must be established and sustained in organizations concerned with, and facilities and activities that give rise to, radiation risks.
- Justification of facilities and activities: Facilities and activities that give rise to radiation risks must yield an overall benefit.
- Optimization of protection: Protection must be optimized to provide the highest level of safety that can reasonably be achieved.
- Limitation of risks to individuals: Measures for controlling radiation risks must ensure that no individual bears an unacceptable risk of harm.
- Protection of present and future generations: People and the environment, present and future, must be protected against radiation risks.
- Prevention of accidents: All practical efforts must be made to prevent and mitigate nuclear or radiation accidents.
- Emergency preparedness and response: Arrangements must be made for emergency preparedness and response for nuclear or radiation incidents.
- Protective actions to reduce existing or unregulated radiation risks: Protective actions to reduce existing or unregulated radiation risks must be justified and optimized.

These ten principles formulate the basic level of attainment required for the safety of any endeavour involving radiation exposure. They apply to fusion reactors.

The ‘IAEA Safety Standards’ also include Requirements and Guides. The first establishes the requirements that must be met to ensure the protection of people and the environment, both now and in the future. The second provide recommendations and guidance on how to comply with the safety requirements. Requirements include mainly standards but also some norms. Guides include mainly norms but also some standards. Dissecting standards and norms between Requirements and Guides is demanding but not impossible. For instance, the *Requirement for the Safety of Nuclear Power Plants: Design* [5]. establish requirements for management of safety, for design, for quality, etc, that are standards, i.e. levels of attainment, which are applicable to basically any installation involving radiation exposure and would then be generally applicable to fusion reactors. However, this Requirement also demands control of reactivity as a fundamental safety functions to be performed, which is an important safety norm for fission reactors but is not applicable to fusion reactors. Obviously most norms in the ‘IAEA Safety Standards’ are not tailored, and not applicable to fusion.

It should be noted that the standards within the ‘IAEA Safety Standards’ are based on higher level standards. The standard on the internationally agreed levels and effects of radiation exposure is the remit of the

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), which periodically submit its estimates to the United Nations General Assembly. The standard on an internationally accepted protection paradigm, including its ethical basis, has traditionally been the remit of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), and independent nongovernmental charity that develops radiation protection recommendations since the early days of ionizing radiation uses [6].

## 5. CHALLENGES

From the discussion heretofore it seems that *ad hoc* SAFETY NORMS for fusion will have to be developed by the international intergovernmental organizations and established and issued under the aegis of the IAEA. This will be a major challenge.

Many descriptions have been made on the safety differences of fusion *vis-à-vis* fission reactors. A substantive comparison has been made by the international nuclear fusion research and engineering megaproject ITER [7]. Conjectural safety comparisons seem to incline the balance positively toward fusion. Nonetheless, these evaluations still indicate that a significant corpus of safety norms will have to be developed and established for fusion.

While it seems premature to describe the issues that these new norms will have to cover, it is suggested that at least three topics will have to be addressed with much more detail than their current coverage in international standards. These are the protection against tritium, the protection (fundamentally occupational) against neutrons and a coherent protection system against non-ionizing radiation.

### 5.1. Protection against tritium

Tritium ( $^3\text{H}$ ), the radioactive isotope of hydrogen that decays solely by low-energy beta-particle emission, will be dominant in fusion. The protection against tritium has been a matter of debate and there are still issues that warrant further investigation. UNSCEAR has estimated the potential health effects of tritium and has also addressed some of those issues [8].

An issue that requires further investigation is the potential accumulation of tritium in the organic component of foodstuffs, referred to as organically-bound tritium. UNSCEAR reports that radiation doses are currently calculated using anatomical models for tritium in the form of tritiated water, representing its distribution throughout body organs and tissues according to their water content. But less information is available with which to construct adequate models for the behaviour of various forms of organically bound tritium and other tritiated compounds, including amino acids, some of which are involved in the synthesis of DNA and associated proteins. This might imply a higher risk from tritium exposure than what is currently estimated.

Nevertheless and conversely, UNSCEAR also has informed that while a number of epidemiological studies have been conducted of workers and members of the public who may have been exposed to tritium, however, none of these studies have so far shown an increased frequency of cancer in the exposed populations that could be attributed to radiation exposure from tritium! This might imply that the current protection measures against tritium could be exaggerated.

These current contradictions imply that a substantive corpus of safety norms on tritium and its implication in fusion could be expected in the future.

### 5.2. The protection against neutrons

The operation of fusion devices may imply substantive levels of radiation exposure to neutrons, which might affect mainly workers involved in the operation. There is available a substantial corpus of international standards and norms on occupational radiation protection [9] [10] that are co-sponsored by the International Labour Organization (ILO), and which are legally binding for most countries that are part of the ILO Radiation Protection Convention C115 [11]. However, the occupational protection against neutrons includes a limited corpus of international standards.

The physical radiation doses incurred by people have to be weighted by a radiation weighting factor, which is a number by which the absorbed dose in a tissue or organ is multiplied to reflect the relative

biological effectiveness of the radiation in inducing health effects at low doses, the result being a dose (termed equivalent dose) that is being regulated. The values of the radiation weighting factors are selected to be representative of the relevant relative biological effectiveness. For all radiation types, except neutrons, these values are represented by a number. For neutrons however the value of the radiation weighting factor vary with the neutron energy, which complicate the dosimetry and standards of protection, such as for instance the application the principle of optimization of protection.

The variety of neutron fields that might be expected from the operation of fusion reactors might require the development of more elaborated norms of occupational protection against neutrons.

### 5.3. The protection against non-ionizing radiation

Fusion installations might be particular generators of non-ionizing radiation. There is an apparent dichotomy between the safety requirements for endeavours involving ionizing radiation exposure and those exposing people to non-ionizing radiation. The safety system for ionizing radiation discussed in this paper is universal and consensual; founded on internationally accepted science; based on a universally accepted paradigm; resulted in an international and intergovernmental regime of standards and norms co-sponsored by all relevant international agencies, and established under the aegis of the IAEA; enforced by obligations undertaken by States in forms of Conventions and Codes of Conduct; and, including provisions for practical applications supported by all relevant international agencies. Nothing equivalent exists for the safety of non-ionizing radiation. The development of fusion might be a trigger for closing the gape between safety for ionizing radiation and that for non-ionizing radiation.[12]

## 6. EPILOGUE

The arrival of new and innovative endeavours for profiting from nuclear energy present bots, a challenge and an opportunity for the international and intergovernmental regime sustained by the so-termed 'IAEA Safety Standards'. Facing up the situation, in the front trenches, will be the IAEA Commission of Safety Standards (CSS), which is a standing body of senior government officials holding national responsibilities for establishing standards and other regulatory documents relevant to nuclear, radiation, transport and waste safety, and to emergency preparedness and response. The CSS is the ultimate body endorsing the standards before they are established by governments' representatives. The CSS will have the primer responsibility of dissecting the current system of 'IAEA Safety Standards into safety standards proper, i.e., levels of attainment, and safety norms, i.e., rules and precepts. It will also be this body which will have to trigger the development of the new safety demanded by the new endeavours.

## REFERENCES

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Statute (As amended up to 23 February 1989). Headquarters of the United Nations, Twenty -sixth day of October, one thousand nine hundred and fifty-six.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Agency's Health and Safety Measures, INFCIRC/18, IAEA, Vienna (1960).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Agency's Safety Standards and Measures, INFCIRC/18/Rev. 1, IAEA, Vienna (1976).
- [4] EUROPEAN ATOMIC ENERGY COMMUNITY, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fundamental safety principles. IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X; No. SF-1. STI/PUB/1273. ISBN 92-0-110706-4. IAEA, Vienna : International, 2006..
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safety of nuclear power plants: design. Safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. NS-R-1. STI/PUB/1099. ISBN 92-0-101900-9. IAEA, Vienna, 2000.

- [6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier (2007).
- [7] ITER. Advantages of fusion. <https://www.iter.org/sci/Fusion>.
- [8] UNITED NATIONS. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2016 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Annex C. UN Sales No. E.17.IX.1, ISBN: 978-92-1-142316-7, e-ISBN: 978-92-1-060002-6. UN, New York, 2017.
- [9] EUROPEAN COMMISSION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. IAEA Safety Standards Series, ISSN 1020-525X; no. GSR Part 3. STI/PUB/1578. ISBN 978-92-0-135310-8. IAEA, Vienna, 2014
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY and INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Occupational radiation protection. IAEA Safety standards series, ISSN 1020-525X; no. GSG-7. IAEAL 18-01183 | ISBN 978-92-0-102917-1. UDC 614.8.086.5 | STI/PUB/1785. IAEA, Vienna, 2018
- [11] INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Radiation Protection Convention C115, 1960. [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID:312260](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312260)
- [12] TOUZET, R. and GONZÁLEZ, A.J. Protection against ionizing radiation vis-à-vis Protection against non-ionizing radiation: Different approaches. IRPA15 - 15th International Congress of the International Radiation Protection Association. Topic Session Program: Topic 3. System of Protection, Standards and Regulation 8. Radiological Protection – Past and Future (T3.1-0597). Seoul, Korea; January 18-22, 2021

First International Conference on

# nuclear law

the Global Debate



25–29 April 2022  
Vienna, Austria



#ICNL2022

Technical Session No. IV.a

Legal Framework for New Nuclear Technologies: Fusion

## Fusion:

# Do the IAEA Safety Standards Apply?

Abel Julio GONZÁLEZ

Argentine Nuclear Regulatory Authority

In order to answer such basic question....

...let's first scrutinize the meaning of

**'IAEA Safety Standards'**

#ICNL2022



# The IAEA Statute



#ICNL2022

## ARTICLE III *Functions*

### A. The Agency is authorized:

.....

6. To establish...in consultation and...in collaboration with the **competent organs of the United Nations** and with the specialized agencies concerned, **standards of safety for protection of health...**



#ICNL2022



Furthermore, the 'IAEA safety standards' are approved by governments

- **The General Conference consisting of representatives of all Member States...elects members of the Board of Governors**
- **The Board of Governors has authority to carry out the functions of the Agency in accordance with this Statute**  
**(including the establishment of standards of safety)**

#ICNL2022



In summary, '**IAEA safety standards**' means

**'International and Intergovernmental standards of safety'**

Because, while they are **established under the aegis of the IAEA**, they are also

- **co-sponsored by relevant international organizations; and,**
- **approved by governments.**

#ICNL2022



# Translation differences

The English term *standard* has been translated

- into Spanish as *norma* (and not as *estándar*)
- into French as *norme* (and not as *estandar*)
- into Russian as *нормы* [*normy*] (and not as *стандартный* [*standartnyy*])
- into Arabic as *معايير* [*maeayir*, norm] (and not as *القاعدة* [*alqaeida*, standard])
- into Chinese as *标准* [*Biāozhǔn* - standard] (and not as *规则* [*guīzé* - norma])



#ICNL2022

## Confusion in terminology

**Standard**

≠

**Norm**



#ICNL2022

# Standard

## Level of attainment

From Latin *estendre* denoting a flag raised on a pole as a rallying point.



#ICNL2022

# Norm

## Precept, rule

[from Latin *norma* ,  
Origen: carpenter's square']



#ICNL2022

Therefore, by design or by chance:

The corpus of international and intergovernmental standards of safety  
established under the aegis of the IAEA

has assembled both

**standards and norms!**

#ICNL2022



The accepted ***standards of safety***, or level of safety attainment,  
shall govern all radiation exposure situations.

Thus:

the **standards of safety**, within the 'IAEA Safety Standards',  
shall apply to any practice involving radiation exposure

#ICNL2022



Conversely, the norms of safety, or safety rules, need be tailored to specific situations involving radiation exposure.

Thus:

the norms of safety, within the 'IAEA Safety Standards', should be made to order, for types of practices involving radiation exposure



#ICNL2022

Therefore, we can now attempt to answer the question:  
*Do the IAEA Safety Standards apply to fusion?*

- The STANDARDS OF SAFETY SHOULD APPLY to any practice with radiation; therefore, the STANDARDS OF SAFETY , within the 'IAEA Safety Standards', DO APPLY TO FUSION.
- The NORMS OF SAFETY were developed for practices other than fusion; therefore, the NORMS OF SAFETY, within the 'IAEA Safety Standards', DO NOT APPLY TO FUSION.



#ICNL2022

# What are *'standards'* in the current safety regime?

#ICNL2022



SCIENCE



PARADIGM



**IMPLEMENTATION**  
Global Radiation Safety Regime



First, the science:

UNSCEAR

#ICNL2022

s



#ICNL2022

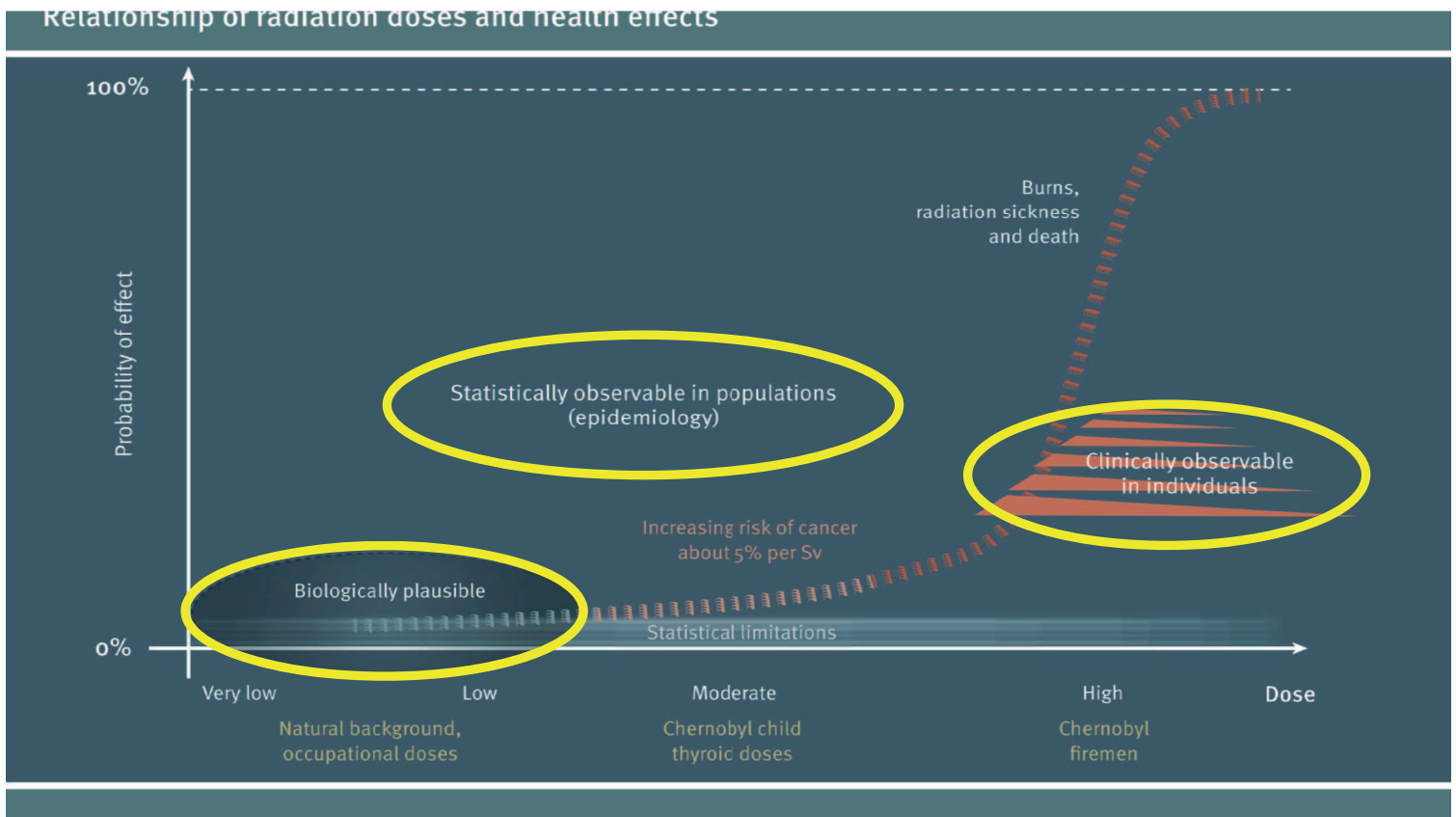
UN General Assembly: 193 States



UNSCEAR provides the international *'standard'* for answering the question:

What does radiation exposure do to us?

#ICNL2022





Should the UNSCEAR international 'standard' on the effects of radiation exposure apply to fusion?

YES!

#ICNL2022



Second, the paradigm:

ICRP

#ICNL2022

s



ICRP provides the international 'standard' for answering  
the question:

What is the model for protecting people against  
radiation exposure?

#ICNL2022



**LNT**

is a *model for radiation protection purposes...*

...rather than just a biological or epidemiological hypothesis

#ICNL2022



Should the ICRP international 'standard' on the radiation protection paradigm apply to fusion?

**YES!**

#ICNL2022



Third, the regime:

**INTERNATIONAL INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS**

#ICNL2022

s





#ICNL2022

s



The international intergovernmental organizations provide the international *'standard'* for answering the question:

What are the fundamental safety principles?

#ICNL2022



## IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

### Fundamental Safety Principles

Jointly sponsored by  
Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO



#### Safety Fundamentals No. SF-1



#ICNL2022

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273_web.pdf)



- **1: Responsibility for safety**
- **2: Role of government**
- **3: Leadership and management for safety**
- **4: Justification of facilities and activities**
- **5: Optimization of protection**
- **6: Limitation of risks to individuals**
- **7: Protection of present and future generations**
- **8: Prevention of accidents**
- **9: Emergency preparedness and response**
- **10: Protective actions to reduce extant radiation risks**

#ICNL2022



Would these fundamental *'standards'* (levels of attainment),  
of the 'IAEA Safety Standards',  
apply to fusion?

**YES!**

#ICNL2022

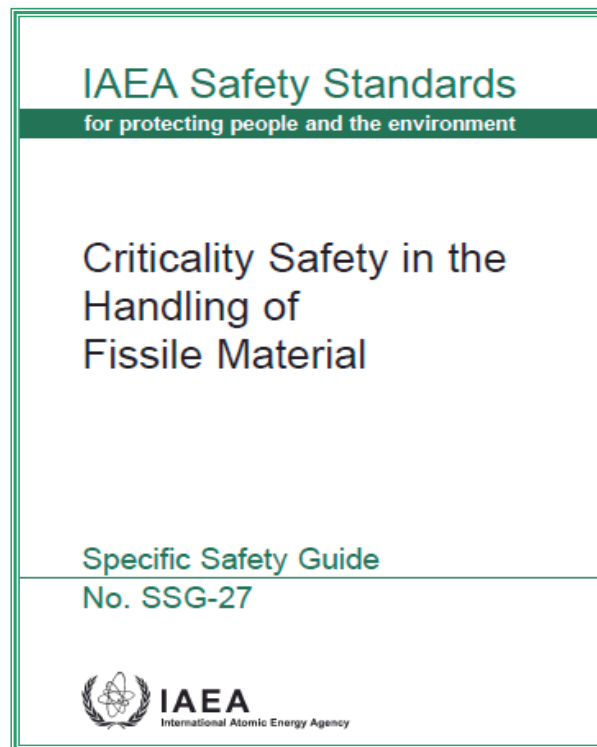


What are *'norms'*  
in the current safety regime?

#ICNL2022



Just an  
example:



#ICNL2022



Would the '*norms*' of the 'IAEA Safety Standards' apply  
to fusion?

**NO!**

#ICNL2022



Therefore:

*Ad hoc* **SAFETY NORMS** for fusion will have to be developed by the international intergovernmental organizations and established and issued under the aegis of the IAEA.

#ICNL2022



## Epilogue

Some technical challenges  
for future **Safety Norms for fusion**

#ICNL2022





# The protection against tritium

#ICNL2022



- Tritium ( $^3\text{H}$ ), the radioactive isotope of hydrogen that decays solely by low-energy beta-particle emission, will be relevant in fusion.
- The protection against tritium has been a matter of debate and there are still issues that warrant further investigation, such as the accumulation of tritium in the organic component of foodstuffs, referred to as *organically-bound tritium*.

#ICNL2022



- Radiation doses are currently calculated using anatomical models for tritium in the form of tritiated water, representing its distribution throughout body organs and tissues according to their water content.
- But less information is available with which to construct adequate models for the behaviour of various forms of organically bound tritium and other tritiated compounds, including amino acids, some of which are involved in the synthesis of DNA and associated proteins.



#ICNL2022

- A number of epidemiological studies have been conducted of workers and members of the public who may have been exposed to tritium.
- However, none of these studies have so far shown an increased frequency of cancer in the exposed populations that could be attributed to radiation exposure from tritium!

**A corpus of specific safety norms on tritium  
should be expected for fusion!!**



#ICNL2022

# The protection against non ionizing radiation

#ICNL2022



IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association

Topic Session Program: Topic 3. System of Protection, Standards and Regulation - 8. Radiological Protection – Past and Future (T3.1-0597)  
Seoul, Korea; January 18-22, 2021

---

## Protection against ionizing radiation

vis-à-vis

## Protection against non-ionizing radiation:

## Different approaches

#ICNL2022



# IAEA's Challenge

#ICNL2022



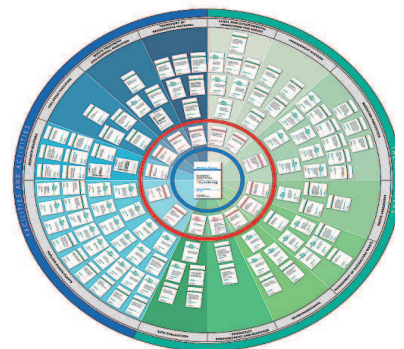
The large available corpus of  
'IAEA Safety Standards' should be:

(1) dissected into:

- standards, and
- norms

(2) completed with norms for fusion

IAEA Safety Standards  
protecting people and the environment



#ICNL2022

11 July, 2022



44

# Codes of Conduct on Radiation & Nuclear Safety & Security: Genesis & Prospective

González, A.J.

Esta memoria fue presentada en la Sesión Especial “*Códigos de conducta, evolución y efectos prácticos*”, que tuvo al Ing. Abel J. González como único orador, en el marco de la [Primera Conferencia Internacional sobre Derecho Nuclear: El Debate Global](#), organizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Presentado en: First International Conference on Nuclear Law: The Global Debate.  
Viena, Austria, 25 al 29 de abril de 2022



# CODES OF CONDUCT ON RADIATION & NUCLEAR SAFETY & SECURITY: *Genesis & Prospective*

A.J. González  
Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina  
Ciudad de Buenos Aires, Argentina

## Abstract

The paper describes the genesis of the concept of ‘code of conduct’, a novel combination of two elements, as follows: (i) *preamble declarations*, describing the awareness, desires, affirmations of States adhering to such ‘code of conduct’ and what they recognize, keep in mind and take into account from the situation that triggered the need for a code of conduct; and (ii) *pronouncements*, outlining the norms, rules, and responsibilities to be followed by individuals, organizations and governmental bodies in such State, including what is and what is not acceptable and the expected behaviors for compliance. The paper portrays the international concretion of this novel concept, firstly into a Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources, and then into a Code of Conduct on the Safety of Research Reactors. It also analyzes the possibility to extend the concept into challenging issues such as: (i) the safety and security tests associated the denials of shipment during transport of radioactive and nuclear materials; (ii) some unresolved topics in occupational radiation protection; and, (iii) potential safety approaches for new endeavors and installations involving radiation exposure, which could be based, *mutatis mutandi*, on the already accepted principles of the Vienna Declaration on Nuclear Safety. The report concludes that, since the codes of conduct established until now, have demonstrated to be extremely efficient instruments to promote safety and security obligations in Member States, without generating the difficulties involved in the adoption of legally binding undertakings such as conventions and treaties, the concept could, and perhaps should, be extended to resolve other pending issues on radiation and nuclear safety and security. The IAEA Secretariat could consider initiating a process of developing and establishing new codes of conduct for addressing open issues in radiation and nuclear safety and security that require some kind of commitment by States.

## 1. INTRODUCTION

The paper describes the genesis of a new concept establishing commitments by States within the international regime for radiation and nuclear safety and security, which become termed ‘*code of conduct*’. It also portrays the currently available codes of conduct, and, explores future possibilities a using the concept for enhancing safety and security in endeavours involving radiation exposure and nuclear energy.

At the beginning of the current century the notion of ‘*code of conduct*’ was unfamiliar in the radiation and nuclear safety area. Moreover, while the concept of *safety* was clear and widely understood, the concept of *security* was formally absent from safety requirements. In sum, both concepts, ‘code of conduct’ and ‘security’ were foreign to the regime of international and intergovernmental nuclear and radiation safety standards being established under the aegis of the International Atomic Energy Agency (IAEA), in fulfilment of a central IAEA statutory function and in cosponsorship with relevant international organizations.[1]

These innovative concepts had to be introduced when concerns grown on the radiation safety and security of radioactive and nuclear materials. Exploratory discussions were held related to a possible international legally binding undertaking by States, such as a convention, addressing the concerns. While many States, expressed interest in this idea, some thought that aiming for an international convention would be too ambitious. They felt that other types of instruments would be more feasible targets. The unwillingness and reluctance for legal commitments, triggered proposals for some kind of codified agreements on behaviour. This was genesis for the idea of a ‘code of conduct’ as a declarative ethical voluntary commitment rather than a legally binding undertaking.

Argentina was very active during this evolution. A main actor was the Argentine’s nuclear regulator, the Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), an independent governmental organization reporting directly to the

Argentine Presidency. ARN worked together with the Argentine Ministry of Foreign Affairs (through its Directorate for International Security, Nuclear and Space Affairs [DIGAN] and the Embassy and Permanent Mission of Argentina to the International Organizations in Vienna) in the creation of the concept. A substantive work was done for the development and establishment of the first code of conduct, the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources and its supporting Guidance and then in the development and establishment of a Code of Conduct on the Safety of Research Reactors.

The code of conduct concept is suitable for resolving other pending issues of radiation and nuclear safety and security. Some suggestions are included in the paper.

## 2. THE GENESIS OF THE CODE OF CONDUCT

It is always difficult to mark precisely the beginning of a new idea. In the case of the concept of a 'code of conduct' related to radiation and nuclear safety, perhaps, the origin could be traced back to the 1988 radiological accident in the city of Goiânia, Brazil, in September 1997 [2]. This accident was a most serious misfortune; it resulted in the death of four persons, it caused radiation injuries in many others, and was responsible of the radioactive contamination of parts of a large city and its resulting social and economical consequences. The accident caused a big commotion and regulatory authorities realized that while the *safety* of radiation sources was well covered by international standards, another challenge, the *security* of those sources, had not been properly tackled. The notion of *security*, as indicated heretofore, was another unfamiliar concept in the IAEA Statute.

The IAEA had a long tradition in addressing the safety of radiation sources, namely the features that diminish the likelihood of something going wrong with a source as a result of which people are overexposed. But in the IAEA tradition there was not specific mention to the security of radioactive material, namely to the features preventing any unauthorized possession of those materials by ensuring that their control is not relinquished or improperly transferred. It seems that the IAEA Statute understood that the security of radioactive materials was an essential element of the safety of radioactive sources, because of source which radioactive materials are not secure is not safe but a source can be safe and its materials be nevertheless insecure.

Confronted with these challenges, Argentina then initiated an international campaign to assess the implication of both safety and security issues in the use of radioactive materials and to improve existing international safety instrument. A step was the organization of an international conference to discuss the issues. by the IAEA of the successful

### 2.1. The Dijon Conference

Just a year after the Goiânia accident, in September 1998, the IAEA convened an *International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive*, in Dijon, France (the Dijon Conference) [3]. The Dijon Conference was hosted by France and its organizing scientific committee, which had the responsibility of its scientific content, findings and conclusions, presided by Argentina. It was the first major event of IAEA addressing the issue of security.

The Dijon Conference undertook an important decision for the evolution of the forthcoming 'code of conduct' concept: it recommended investigating whether international undertakings concerned with an effective operation of national systems for ensuring the safety of radiation sources and the security of radioactive materials, and attracting broad adherence, could be formulated.

### 2.2. The IAEA Forty-second General Conference

The recommendations of the Dijon Conference were essentially adopted by the Resolution GC(42)/RES/12 of the 1998 IAEA Forty-second General Conference [4], where the General Conference:

- welcomed an IAEA reporting on the Dijon Conference contained in document GC(42)/INF/15[5];
- encouraged all governments to join in international co-operative efforts directed towards strengthening the safety of radiation sources and the security of radioactive materials and to take steps to ensure the existence within their territories of effective national systems of control for ensuring such safety and security; and, significantly,



- requested the preparation for the consideration of the IAEA Board of Governors a report on:
  - o how national systems for ensuring the safety of radiation sources and the security of radioactive materials can be operated at a high level of effectiveness, and
  - o whether international undertakings concerned with the effective operation of such systems and attracting broad adherence could be formulated.

### 2.3. The international Action Plan for the Safety and Security of Radiation Sources

Both the IAEA Forty-second General Conference, and the subsequent IAEA's Board of Governors Meeting, in March 1999, underscored the importance of taking timely action on the issue. The Board endorsed major elements of an Action Plan which was revised by a technical committee meeting in July 1999. The Action Plan would be eventually approved by the Board in September 1999 (see hereinafter). It included inter alia the action of initiating a meeting of technical and legal experts for exploratory discussions relating to an international undertaking, "*such as, for instance, a code of conduct, in the area of the safety of radiation sources and security of radioactive materials*". This could be considered the formal starting point for the notion of 'code of conduct'.

## 3. DESCRIBING THE CODE-OF-CONDUCT CONCEPT

In spite of the intentions for achieving a 'code of conduct', this concept was not formally defined. There was, nonetheless, a general understanding that what it was needed was a document containing a broad set of *preamble declarations*, followed by some *pronouncements*, by those adhering to it, as follows:

- the *preamble declarations* would be aimed to describe the adherents' awareness, notes, desires, affirmations and what they recognize, keep in mind and take into account from the situation that triggered the need for a code of conduct; and,
- the *pronouncements* would outline the norms, rules, and responsibilities for performing properly a practice or endeavour, which are to be followed by individuals, organisations or governments, and which would include what is and what is not acceptable and the expected behaviours for compliance.

It has to be noted that such 'code of conducts' adopted by States would involve non-mandatory commitment of behaviour, performance and accomplishment; namely, they will not be a legally binding undertaking for those adhering to the code.

## 4. THE CODE OF CONDUCT FOR THE SAFETY AND SECURITY OF RADIOACTIVE SOURCES

### 4.4. The Buenos Aires Conference and the (first) Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive

The next step in the Argentine promotion of the notion of a 'code of conduct' for the safety and security of radioactive sources was to convene a meeting of regulators to discuss the issues in Resolution GC(42)/RES/12. Thus, ARN and DIGAN, together with the IAEA, organized an *International Conference of National Regulatory Authorities with Competence in the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials*, which was held in Buenos Aires, Argentina, on 11–15 December 2000 [6]. The Buenos Aires Conference was a natural follow up of the Dijon Conference and came to a number of major findings which were to be essentially adopted by a resolution of the IAEA Board of Governors in March 2001. Thus, the first 'code of conduct', the *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources* was approved by the IAEA Board of Governors in March 2001 [7].

### 4.5. The 9-11-2001 events: Towards reinforcing the concept of 'code of conduct'

On the morning of Tuesday, September 11, 2001 four terrorist attacks against the United States of America took place. These will have an enormous impact in reinforcing the concept of 'code of conduct'. Ironically, on 10 September 2001, an Action Plan for the Safety and Security of Radiation Sources to implement

the recently approved (first) Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive was endorsed by the IAEA Board of Governors, and the next day, 11 September, the terrorist attacks took place.

The September 11 events had a tremendous impact on public opinion and their political representatives reinforcing the code of conduct concept. Before 11 September, many were ignoring the necessity of a code of conduct, even qualifying the idea of the security of sources as a ‘red hearing’; but after 11 September, there was a demand for reinforcements and instant solutions. Firstly there was public concern and media hype, and these were followed up by political demands: Politicians now wanted quick solutions.

In sum, the events of 11 September 2001 led to an increased awareness on the importance of the security of radioactive materials and of commitments by States in this regard. They called the attention on the possible use of radioactive sources for malicious purposes, for example by shrouding conventional explosives with radioactive sources to disperse the radioactive material in an urban environment. In sum, they reinforced the emphasis on the need to strengthening the international commitment to the security of radioactive materials.

#### 4.5.1. *The 3003 IAEA Forty-sixth General Conference*

The IAEA Forty-sixth General Conference in September 2002 was another major event for reinforcing the ‘code of conduct’ concept. The Committee of the Whole of that Conference was chaired by the head of DIGAN [GC decision GC(46)/DEC/3]. The Conference concluded proposing that, in the light of the concerns that emerged after 11 September 2001, an international conference should be convened to promote information exchange on, and raise governmental and public awareness of, key issues relating to the security of high risk radioactive sources, and to foster a better understanding of the measures necessary in order to improve the security of such sources and enhance preparedness for radiological emergencies

This was a trigger for two important events for the evolution of the ‘code of conduct concept’:

- the *International Conference on Security of Radioactive Sources* held in Vienna in March 2003 (the Hofburg Conference); and, subsequently; and,
- the *G-8 Annual Summit* held in Evian, France, in June 2003.

Both of these events would be relevant for reinforcing the concept of ‘code of conduct’.

#### 4.5.2. *The International Conference on Security of Radioactive Sources (the Hofburg Conference)*

From 10 to 13 March 2003, the *International Conference on Security of Radioactive Sources* took place at the Hofburg Palace in Vienna. The Conference was organized by the IAEA in cooperation with the European Commission, the European Police Office, the International Criminal Police Organization and the World Customs Organization, and co-sponsored by the Government of the Russian Federation and the Government of the United States of America and hosted by the Government of Austria. The ARN participated with a keynote paper. [8]

The Hofburg Conference addressed the concerns triggered by the September 11 events and called for international initiatives, including reinforcing the ‘code of conduct’ concept and updating the IAEA Action Plan for the Safety and Security of Radioactive Sources.

In fact, a major finding of the Conference was that States should make a concerted effort to follow the principles contained in the revised Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources (The Code was being revised at the time of the Conference and a draft revised version was presented to the Conference).

#### 4.5.3. *The Evian G-8 Summit*

The so-called ‘G8 Summit’ is an unofficial annual forum for the leaders of Canada, the European Commission, France, Germany, Italy, Japan, Russia, the United Kingdom and the United States. The 29th G8 summit (termed ‘the Evian G-8 summit’) was held in Évian-les-Bains, France, on June 1–3, 2003. While the top priority at the Evian G-8 summit was the reconciliation amongst the G8 leaders following the wake of the beginning of the Iraq War, the summit also addressed other important international issues,. Significantly, the

Evian G-8 summit issued a statement on securing radioactive sources, which will prove to be essential for the reinforcement of the concept of ‘code of conduct’. The G8 Summit welcomed *inter alia* the findings of the 2003 Conference on Security of Radioactive Sources and stated support for advancing the IAEA’s programs to improve the security of radioactive sources, in order to promote the implementation of the Code of Conduct and the recommendations for its application [9].

The G8 Summit launched a G8 Action Plan indicating *inter alia* that the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources represented an essential feature of the IAEA work. The G8 encourages as many States as possible to observe the principles contained in the Code when the revisions to it have been completed and approved, with a view to improving national systems for the control of sources. The G8 lends its political support to the Agency for the implementation of its action in this field. It undertakes to promote the application of the Code of Conduct, collectively or individually, when the revisions to the Code have been completed and approved, and to encourage States to request the assistance of the IAEA in this sphere. Thus, the concept of ‘code of conduct’ became a full international objective.

#### **4.6. The (strengthened) Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources**

As a result of these events the Code would be strengthened to take account of international security concerns. The revised Code [10] was approved by the IAEA Board of Governors in September 2003 and in resolution GC(47)/RES/7 the IAEA General Conference welcomed the Board’s approval. The revised Code reflects the important findings produced by the Hofburg Conference. The Code was published by IAEA in January 2004 and many countries have since written to the Director General, expressing their political support for the Code.

##### *4.6.4. Additional Guidance to the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*

The completion of the first ‘code of conduct’ was not the end in this newest approach. Further practical guidance on how to implement the Code was developed. In September 2004, States having declared their adherence to the Code approved the *Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources* [11]. In resolution GC(48)/RES/10.D the IAEA General Conference:

- welcomed the Board’s approval of the Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources;
- endorsed the Guidance while recognizing that it is not legally binding; and,
- encouraged States to act in accordance with the Guidance on a harmonized basis and to notify the

Director General of their intention to do so [12]

Another related issue, the management of disused sources, was a matter of disagreement among States. Notwithstanding, the Chairman of the Board of Governors invited the Ambassador of Argentina to negotiate an agreement. An enormous diplomatic effort by the Permanent Mission of Argentine to the International Organizations in Vienna was required to reach an agreement. But, on September 2017, a guidance on the management of disused radioactive sources could be agreed among States. The IAEA Sixty first General Conference, in resolution GC(61)/RES/8 [13], endorsed the new Guidance on the Management of Disused Radioactive Sources [14].

The IAEA Sixty first General Conference also called on all Member States to make a political commitment to implement the Code of Conduct and its supplementary Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources and its supplementary Guidance on the Management of Disused Radioactive Sources and to act in accordance with the Code and the Guidance.

##### *4.6.5. Concluding the genesis: The International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout Their Life Cycle*

The closing of the successful process of generating and implementing a ‘code of conduct’ took place at two Conferences:

- the *International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout Their Life Cycle*, held in Bordeaux, France, 27 June–1 July 2005. [15]; and,

- the *International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Maintaining Global Control of Sources throughout their Life Cycle*, held in Abu Dhabi, United Arab Emirates on 27-31 October 2013 [16]

At the end of the road from Dijon to Bordeaux, the time was ripe for binding commitments for a harmonized, effective and sustainable international regime for the safety and security of radioactive sources.

Thus, the original suggestion of Argentina of promoting the code of conduct concept was finalized for the issue of safety and security of radioactive sources. This success would be the origin of the idea of extending the concept to other critical areas

## 5. FOLLOW-UP: THE CODE OF CONDUCT ON THE SAFETY OF RESEARCH REACTORS

The long road that was necessary to follow to achieve the first ‘code of conduct’ led to the development of Code of Conduct on the Safety of Research Reactors. The implementation of this Code was discussed at the recent IAEA International Meeting on Application of the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors.

The process leading to this new ‘code of conduct’ was triggered somehow by the International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG) where Argentina was represented. In a 1998 report, INSAG, had expressed concerns about the safety of research reactors. In 2000, giving the experience going on with the conduct of conduct for sources, INSAG recommended to begin developing an international protocol or a similar legal instrument to address those concerns.

Thus, in September 2000, the IAEA General Conference reacted to these developments and, in resolution GC(44)/RES/14 [17], requested “exploring options to strengthen the international nuclear safety arrangements for civil research reactors, taking due account of input from INSAG and the views of other relevant bodies”. A working group recommended that “the Agency consider establishing an international action plan for research reactors” and that the action plan include preparation of a Code of Conduct “that would clearly establish the desirable attributes for management of research reactor safety”.

Therefore, in September 2001, in resolution GC(45)/RES/10.A [18] the General Conference endorsed a request by the IAEA Board of Governors to develop and implement an international research reactor safety enhancement plan which included preparation of a Code of Conduct on the Safety of Research Reactors. Finally, the Board adopted the Code on 8 March 2004 [19].

The Code of Conduct on the Safety of Research Reactors was thus developed to deal with the safety of any nuclear reactor used mainly for the generation and utilization of neutron flux and ionizing radiation for research and other purposes, including experimental facilities associated with the reactor as well as storage, handling and treatment facilities for radioactive material on the same site that were directly related to safe operation of the research reactor. There was an understanding that facilities commonly known as critical assemblies were included. The scope is wide and therefore the undertakings could not be very specific.

The Code of Conduct on the Safety of Research Reactors describes the roles of the State where the research reactor operates, of the regulatory authority providing the licence of the research reactor and of the operating organization. It then addresses specifically some issues related to the safety of research reactors, including: siting, design, construction and commissioning, and operation, maintenance, modification and utilization. Specific requirements are described for extended shutdown and for decommissioning.

Paraphrasing the Code on sources, the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors also include separate chapter addressing the role of the IAEA, which is somehow peculiar in a code of conduct for those that operate research reactors rather than the IAEA.

But it is to be noted that there are some fundamental differences between the original code of conduct for sources and the code for research reactors, as follows:

- The Code for sources clearly express obligations by States; relevant paragraphs start as ‘every State..should...’. Conversely, the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors starts indicating that the IAEA Member States ‘decide that the following Code of Conduct should serve as guidance to States for, inter alia, the development and harmonization of policies, laws and regulations on the safety of research reactors’. In sum, the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors has a more generic and soft formulation of the requirements than that for sources.

- Another difference is that while the Code for sources has been enriched with additional ‘sub-codes of conduct’ in the form of guidance, this has not occurred with the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors.

The sole guidance supporting the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors are those issued for self-assessment of research reactor safety [20]. These guidelines are aimed for a research reactor operating organization to perform a self-assessment of the safety management and the safety of the facility and to identify gaps between the current situation and the IAEA safety requirements for research reactors, and also provide a methodology for Member States, regulatory bodies and operating organizations to perform a self-assessment of their application of the provisions of the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors.

The time is ripe for questioning whether the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors should not be somehow strengthened with some supporting guidance acting as ‘sub-code of conduct’ as in the case of sources.

## 6. FUTURE POTENTIAL USES OF THE CODE OF CONDUCT CONCEPT

The concept of code of conduct has been highly successful for improving the safety and security of radioactive sources and of research reactors. It is reasonable to question why the same concept cannot be used for solving other problems that have been reluctant to solution. In the following sections some suggestions are presented where a code of conduct could be a solution.

### 6.1. The Denial-of-Shipment Conundrum

The issue termed *denials of shipment*, usually identified with the acronym DoS, presents a good opportunity for the use of the concept of code of conduct.

DoS result from the cumulative effect of a policy of not accepting radioactive material by carriers, ports, airports, terminals, and/or handling facilities. This practice has been growing in proportion turning out to be an unresolved conundrum.

For regulatory authorities, the main concern presented by DoS is its inherent challenge to safety and security, since this practice triggers alternative routes and longer journeys adding artificial complexity to transport and creating potential significant risk. Additionally, DoS is highly detrimental for the timely usage of radioactive materials, fundamentally in medicine.

In order to deal with DoS it is important to analyse its precise denotation. It should be firstly recognized that the *transport of radioactive materials* comprises all operations and conditions associated with and involved in the movement of radioactive material; these include the design, manufacture, maintenance and repair of packaging, and the preparation, consigning, loading, carriage including in-transit storage, unloading and receipt at the final destination of loads of radioactive material and packages. DoS is involved in all this cycle except that it does not relate to the design and manufacture stages, since there is no radioactivity involved at these stages. DoS related to maintenance and repair is possible but it is not clear that it has occurred in practice.

Initially, DoS was vaguely described as a shipment in which a problem was encountered while in transport. An International Steering Committee on Denials of Shipment of Radioactive Material (ISC-DoS) was set up to deal with the issue. The ISC-DoS discussed a definition for DoS as a (explicit or implicit) refusal to carry or allow a shipment of radioactive material though it conforms to all the applicable Regulations. This definition has been questioned on several grounds, and it was suggested that DoS could be better described as indicated heretofore, namely a result from the cumulative effect of a policy of not accepting radioactive material by carriers, ports, airports, terminals, and/or handling facilities, regardless that the materials be transported in compliance with international and intergovernmental safety standards.

It is to be noted refusal of transport because of non-compliance with regulations is not DoS. But it is also underlined that *all* applicable regulations might not be limited to international regulations but may also include additional national regulations. If national regulations include additional requirements for transport of radioactive material, which have not been internationally adopted, such additional requirements may result in DoS. This applies also to additional operational requirements by carriers, which may result in DoS.

As a result of all these problems, there has been a generalized lack of agreement around the world about the extent of DoS. This is partly because industry is, in fact, finding sub-optimal but riskier, costly and time

consuming solutions to getting their product from one destination to another. This practice has not only economic and social costs but also, primarily, may involve safety and security consequences. In fact, it is worthwhile to repeat, the main problem with DoS for regulatory authorities is **impairment of safety and security attributable to DoS**. Alternative routes and longer journeys are often feasible and used to circumscribe DoS. This artificial added complexity on transport clearly entails a potentially significant risk to safety and security.

As indicated before, additionally to the safety and security concerns associated to DoS, there are obvious economic and social impacts attributable to this practice. These impacts may also affect health as well, becoming an indirect safety issue, and some were identified as follows: DoS in the transport of radiopharmaceuticals is reducing the efficiency and reliability of transfer resulting patients missing nuclear medicine procedures and practitioners having to send patients to other locations for treatment; and, highly radioactive sources, were not able to be transported by sea to some countries, due to DoS, causing problems for radiotherapy practices and their patients, and for radio-sterilisation for safety of medical products and foodstuff. Medical isotope producers with a global customer base depends on the transportation of radioactive materials for the stability of the medical isotope industry; for producer countries DoS is a fundamental issue that must be understood and whose risks must be highlighted.

Denouncing DoS and claiming for its resolution has been going on at the international level for more than two decades. By the beginning of the century, many conferences and symposia had been convened on the topic of the packaging and transport of radioactive material, where, however, the problematic issue of DoS was sidelined from the main discussions. Notwithstanding this initial disregard, a number of international gatherings would succeed to address DoS. Perhaps, the first important international event discussing DoS was the 2003 International Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material. That International Conference identified as a concern and area for improvement “*such actions as the denial of service by airline pilots and truck drivers, or refusals by various carriers, ports and handling facilities to deal with radioactive material*”. It moreover suggested that “*the IAEA should work more closely with the modal organizations and with NGOs in determining why shipments of radioactive material are being denied, and develop a strategy for addressing this issue.*” [21].

The follow up of the 2003 International Conference was intense, but unfortunately the efforts did not resolve the DoS problems discussed at the Conference. The IAEA convened a *Fact Finding Discussion Forum on DoS* at the International Maritime Organization (IMO) headquarters in London 16 July 2004, which was followed by a meeting of the IMO Facilitation Committee (FAL) and by a consultants meeting which was held in Vienna on 26-30 July 2004. An ICAO Dangerous Goods Panel Working Group, discussed the issue of DoS at its meeting in Abu Dhabi on 4-8 Oct. 2004. By that time the IAEA developed an Action Plan for the Safety of Transport of Radioactive Material. In 2006, an *ad hoc* committee, termed *International Steering Committee on Denials of Shipment of Radioactive Material (ISC-DoS)*, was established by the IAEA, but it was disbanded several years after.

On 17-21 October 2011 took place another major gathering: the *International Conference on the Safe and Secure Transport of radioactive Material: The Next Fifty Years – Creating a Safe, Secure and Sustainable Framework*. This Conference reached the following conclusion “*Denial of shipments (DoS) continues to be a problem which must be addressed. DoS can adversely affect security – e.g., if a package is left at a facility, it may be misplaced or abandoned. Efforts to reduce denials have both safety and security benefits. DoS is also hindering radioactive source returns as well as beneficial uses involving radioactive material. Information on why carriers deny shipments should be developed.*” [22].

In April 2014, following the closure of the ISC-DoS, a Transport Facilitation Working Group (TFWG) was set up, as an independent, multi-stakeholder standing group of experts including former Chairs of the ISC-DoS and representatives of interested States. All these efforts were to no avail for solving the DoS problem.

By 2018, some lights at the end of the tunnel were envisaged. On 18 September 2018, a meeting on *Denials and Delays of Shipments of Nuclear and Other Radioactive Materials* took place as a side event to the 62nd IAEA General Conference. On October 29, 2019: a TFWG Meeting took place in the Vienna International Center Vienna, Austria. These meetings addressed possible approaches to the facilitation of a safe and secure transport of radioactive materials [23] suggesting the development of an *ad hoc* code of conduct to deal with the DoS conundrum. Last but not least, a *Technical Meeting on Denials of Shipment – Issues and Solutions* took place at the IAEA Headquarters, Vienna, Austria; 23-26 March 2021, where it was suggested a *code of conduct*

on the facilitation of the safe and secure transport of radioactive materials as a potential solution for the conundrum of denials of shipment [24].

But the main follow up of the DoS issue was the IAEA General Conference and started at the 2003 47<sup>th</sup> IAEA General Conference up to 65<sup>th</sup> Conference. The claim from the IAEA Member States participating at these Conferences was coherent and consistent: they basically resolved to encourage efforts to avoid and address problems related to **denials of and delays in the shipment of radioactive material**, and to called upon Member States **to facilitate the transport of radioactive material**. Again, all these resolutions were to no avail for solving the DoS problem. However, the latest General Conferences requested to consider the options for addressing denials of and delays in shipment, including a code of conduct on facilitation. [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. In fact, the IAEA General Conference did finally resolve to request options for addressing DoS, including a **code of conduct** on facilitation

Thus, few global issues have accumulated so much international and intergovernmental efforts than DoS. Governments have voiced their concern on the DoS conundrum on multiple international and intergovernmental meetings, particularly in the last two decades. The issue has been discussed in a vast number of meetings of specialists. Expert groups have been formed to solve the conundrum and disbanded when they felt sufficient measures have been taken. But all these efforts seem to have been in vain. One of the few concrete achievement seems to have been the promotion of the establishment of ‘national focal points’ (NFPs) on DoS, and few NFPs exist today in various countries. They help to monitor the situation and improve security of supply and are a valuable mechanism to deal with DoS, but they alone cannot provide a stable and durable solution for managing the DoS issue.

In sum, notwithstanding all the international hard work described heretofore, the DoS conundrum remains unsolved and the issue appears to continue to be ‘in limbo’.

Perhaps the parties involved in searching for the solution, such as the various bodies conveyed by international organizations and the industry, are unable to solve the problem. The solution might be in the hands of those urging for a solution, namely: the States themselves.

It seems therefore that until a consensual understanding is agreed among governments on a universal code conduct for facilitating the transport of radioactive materials and preventing DoS the solution of the problem will be elusive.

Thus, a proposal for a *Code of Conduct for the Facilitation of the Safe and Secure Transport of Radioactive Material*, was presented at the International Conference on the Safe and Secure Transport of Nuclear and Radioactive Materials, which took place in Vienna, Austria, on 13–17 December 2021. A draft text for such a code of conduct was also submitted. This was expected to be a solution to the DoS conundrum. [42]

## 6.2. Occupational radiation protection

Occupational radiation protection, namely the protection of workers engaged in work involving radiation exposure, is the oldest radiation and nuclear safety discipline. In fact the same foundations of the ICRP were triggered by occupational protection problems of radiologists. Most countries have undertaking legally binding obligations on radiation protection under the ILO Convention 105 [43]. ILO has also cosponsored to key documents: International Basic Safety Standards on the Radiation Protection and Safety of Radiation Sources [44], which include occupational protection obligations, and the Occupational Radiation Protection Guide [45].

In spite of the abundant requirements on the available documents, still there are obligations related to occupational radiation protection problems that have not been resolved. Few examples follow:

- protection of responders to an accident (e.g. relaxing formal limits to avoid a catastrophe);
- protection of volunteers during emergencies;
- protection of comforters in radiology;
- protection against natural radiation;
- attribution of effects to occupational exposure situations; and,
- imputation of radiation harm to employers.

These problems cannot be solved only with standards of safety. They also require some kind of common undertakings but are elusive to legally binding obligations. An *ad hoc* **code of conduct** supplementing the old Convention 105, properly negotiated with the participation of governments (through regulatory authorities), employers’ representatives and workers’ labour unions) could offer a practical and effective solution.

### 6.3. The Vienna Declaration on Nuclear Safety

The Vienna Declaration on Nuclear Safety on principles for the implementation of the objective of the Convention on Nuclear Safety to prevent accidents and mitigate radiological consequences was adopted by the Contracting Parties of the Convention meeting at the Diplomatic Conference of the Convention on Nuclear Safety, in Vienna, Austria, on 9 February 2015 [46]. In the Declaration the Parties adopted the principles to guide them in the implementation of the objective of the Convention to prevent accidents with radiological consequences and mitigate such consequences should they occur.

The Convention on Nuclear Safety, and therefore the Vienna declaration, apply to "nuclear installations" defined as any land-based civil nuclear power plant under the jurisdiction of the Parties, including such storage, handling and treatment facilities for radioactive materials as are on the same site and are directly related to the operation of the nuclear power plant.

The principles of the Vienna Declaration are generic in nature and it can be questioned why they should not be extended to facilities other than 'nuclear installations, e.g., by means of *ad hoc* 'codes of conduct'.

*Mutatis mutandi* the principles could be formulated as follows:

- Facilities involving risks of significant radiation exposure of people are to be designed, sited, and constructed, consistent with the objective of preventing accidents in the commissioning and operation and, should an accident occur, mitigating possible releases of radionuclides causing long-term off site contamination and avoiding early radioactive releases or radioactive releases large enough to require long-term protective measures and actions.
- Comprehensive and systematic safety assessments are to be carried out periodically and regularly for existing facilities throughout their lifetime in order to identify safety improvements that are oriented to meet the above objective. Reasonably practicable or achievable safety improvements are to be implemented in a timely manner. National requirements and regulations for addressing this objective throughout the lifetime of those facilities are to take into account the relevant IAEA Safety Standards and, as appropriate, other good practices.

Thus, these general principles, which have already been accepted by Governments for 'nuclear installations' could be extended via *ad hoc* 'codes of conduct' to other facilities.

## 7. EPILOGUE

The concept of code of conduct, and the Codes of Conduct established until now, have demonstrated to be extremely efficient instruments to promote safety and security obligations in Member States without generating the difficulties involved in the adoption of legally binding undertakings such as conventions and treaties.

They could, and perhaps should, be extended to resolve other pending issues on radiation and nuclear safety and security.

The IAEA Secretariat could consider to initiate a process of developing and establishing new codes of conduct for addressing open issues in radiation and nuclear safety and security that require some kind of commitment by States.

With this purpose the IAEA Secretariat could undertake – for instance- the following actions:

- *convene* competent consultancies to develop *ad hoc* draft codes of conduct;
- *assemble* Technical Meeting of experts, holding wide Member States' representation, to review, discuss, revise and eventually endorse a final draft of such codes.
- *submit* those final drafts to the IAEA Board of Governors for approval;
- *report* to the IAEA General Conference such final codes as approved by the IAEA Board of Governors; and,
- *pursue* with letters from the IAEA Director General to Member States representatives inviting their Governments to adhere to the codes.

The time is ripe for innovation and the IAEA Secretariat might take the lead.



## REFERENCES

- [1] IAEA 1956. Statute (Done at the Headquarters of the United Nations, the twenty -sixth day of October, one thousand nine hundred and fifty-six.) International Atomic Energy Agency, Vienna, 1956.
- [2] IAEA 1988. The Radiological Accident in Goiânia. STI/PUB/815 ISBN 92-0-129088-8. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 1988.
- [3] IAEA 1999. Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials; Proceedings of an International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials / jointly organized by the European Commission ... [et al.] and held in Dijon, France, 14-18 September 1998. Proceedings series, ISSN 0074-1884. STI/PUB/1042. ISBN 92-0-101499-6. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1999.
- [4] IAEA 1998. The Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials, GC(42)/RES/12. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 1998.
- [5] IAEA 1998. Report on the International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials. Document GC(42)/INF/15. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 1998.
- [6] IAEA 2001. National Regulatory Authorities with Competence in the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials. IAEA-CSP-9/P. ISSN 1563-0153. International Atomic Energy Agency, Vienna, August 2001
- [7] IAEA 2001. *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*. IAEA/CODEOC/2001. IAEA, Vienna, March 2001.
- [8] IAEA 2003. Security of radioactive sources. Proceedings of an international conference held in Vienna, Austria, 10-13 March 2003 / organized by the International Atomic Energy Agency...[et al.]. Proceedings series, ISSN 0074-1884) STI/PUB/1165 ISBN 92-0-107403-4. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003.
- [9] Library of Congress 2003. *The G8 Evian Meeting*. Library of Congress Web Archives <http://webarchive.loc.gov/all/20060718183015/http%3A//www.g8.fr/evian/english/home.html>
- [10] IAEA 2004. Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources. IAEA/CODEOC/2004. International Atomic Energy Agency, Vienna, January 2004.
- [11] IAEA 2012. Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources. IAEA/CODEOC/IMO-EXP/2012 IAEA, International Atomic Energy Agency Vienna. May 2012
- [12] IAEA 2004. General Conference Resolution GC(48)/RES/10.D. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2004.
- [13] IAEA 2018. Sixty first General Conference. Resolution GC(61)/RES/8 International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2018..
- [14] IAEA 2018. *Guidance on the Management of Disused Radioactive Sources*. IAEA/CODEOC/MGT-DRS/2018. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018.
- [15] IAEA 2006. *International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout Their Life Cycle*. Proceedings of an international conference held in Bordeaux, France, 27 June-1 July 2005 / organized by the International Atomic Energy Agency in cooperation with the European Commission ... [et al.]. Proceedings series, ISSN 0074-1884. STI/PUB/1262 ISBN 92-0-108306-8. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2006.
- [16] IAEA 2015. *Safety and Security of Radioactive Sources: Maintaining Continuous Global Control of Sources throughout Their Life Cycle*. Proceedings of an International Conference Organized by the International Atomic Energy Agency, in Cooperation with the International Commission On Radiological Protection, International Criminal Police Organization, International Source Suppliers and Producers Association, and World Institute For Nuclear Security, hosted by the Government of the United Arab Emirates and held in Abu Dhabi, 27-31 October 2013. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2015.
- [17] IAEA 2000. IAEA Forty-fourth General Conference. Resolution GC(44)/RES/14. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2000.
- [18] IAEA 2001 IAEA Forty-fifth General Conference. Resolution GC(45)/RES/10.A. International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2001.
- [19] IAEA 2006. Code of Conduct on the Safety of Research Reactors. International Atomic Energy Agency, Vienna, April 2006.
- [20] IAEA 2018. Guidelines for Self-Assessment of Research Reactor Safety. IAEA, IAEA-SVS-35 ISSN 1816-9309. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018.

- [21] IAEA, 2004. Proceedings of an International Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material, organized by the International Atomic Energy Agency, co-sponsored by the International Civil Aviation Organization ... [et al.], and held in Vienna, 7–11 July 2003. Proceedings series, ISSN 0074–1884, STI/PUB/1200, ISBN 92–0–108504–4, Pages 49-59. International Atomic Energy, Vienna, 2004.
- [22] IAEA, 2016. Proceedings of the International Conference on the Safe and Secure Transport of Radioactive Material: The Next Fifty Years, IAEA-TECDOC-CD-1792, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016.
- [23] González 2019. Abel J. González. Possible approaches for the facilitation of a safe and secure transport of radioactive materials. Transport Facilitation Working Group (TFWG) Meeting (alongside TRANSSC 39) Vienna International Center, MOE24, Vienna, Austria, Tues 29 October (2019) [available from the author]
- [24] González 2021. Abel J. González. A Potential Solution for the Conundrum of Denials of Shipment: Towards a Code of Conduct on the Facilitation of the Safe and Secure Transport of Radioactive Materials. Technical Meeting on Denials of Shipment — Issues and Solutions IAEA Headquarters, Vienna, Austria; 23-26 March 2021.
- [25] IAEA, 2004. 48th IAEA General Conference. Resolution GC(48)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2011 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2004)
- [26] [26] IAEA, 2005. 49th IAEA General Conference. Resolution GC(49)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2005 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2005)
- [27] IAEA, 2006. 50th IAEA General Conference. Resolution GC(50)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2006 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2006)
- [28] IAEA, 2007. 51st IAEA General Conference. Resolution GC(51)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2007 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2007)
- [29] IAEA, 2008. 52nd IAEA General Conference. Resolution GC(52)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2008 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2008)
- [30] IAEA, 2009. 53rd IAEA General Conference. Resolution GC(53)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2009 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2009)
- [31] IAEA, 2010. 54th IAEA General Conference. Resolution GC(54)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2010 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2010)
- [32] IAEA, 2011. 55th IAEA General Conference. Resolution GC(55)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted 22 September 2011 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2011)
- [33] IAEA, 2012. 56th IAEA General Conference. Resolution GC(56)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 20 September 2012 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2012)
- [34] IAEA, 2013. 57th IAEA General Conference. Resolution GC(57)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 19 September 2013 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2013)
- [35] IAEA, 2014. 58th IAEA General Conference. Resolution GC(58)/RES/10 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 25 September 2014 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2014)
- [36] IAEA, 2015. 59th IAEA General Conference. Resolution GC(59)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 17 September 2015 during the eighth plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2015)
- [37] IAEA, 2016. 60th IAEA General Conference. Resolution GC(60)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 29 September 2016 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2016)
- [38] IAEA, 2017. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. 61st IAEA General Conference. Resolution GC(61)/RES/8 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 21 September 2017 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2017)
- [39] IAEA, 2018. 62nd IAEA General Conference. Resolution GC(62)/RES/6 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 20 September 2018 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2018).
- [40] IAEA, 2019. 63rd IAEA General Conference. Resolution GC(63)/RES/7 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 19 September 2019 during the seventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2019)
- [41] IAEA, 2020. 64th IAEA General Conference Resolution GC(64)/RES/9 on Nuclear and Radiation Safety adopted on 25 September 2020 during the eleventh plenary meeting. International Atomic Energy Agency, Vienna (2020).

- [42] González 2021. Abel J. González. Recommending A Code Of Conduct For Facilitating The Safe And Secure Transport Of Radioactive Materials: Towards a Possible Solution of the DoS Conundrum. In Proceedings of the International Conference on the Safe and Secure Transport of Nuclear and Radioactive Materials, which took place in Vienna, Austria, on 13–17 December 2021. (IN PRINT)
- [43] ILO 1960. C115 - Radiation Protection Convention, 1960 (No. 115). [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID:312260](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312260) International Labour Organisation, Geneva, 1960.
- [44] IAEA, 2014. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X; no. GSR Part 3. STI/PUB/1578. ISBN 978–92–0–135310–8. International Atomic Energy Agency; Vienna, 2014.
- [45] IAEA 2018. Occupational radiation protection. IAEA safety standards series. ISSN 1020–525X; no. GSG-7. IAEAAL 18-01183. ISBN 978–92–0–102917–1. UDC 614.8.086.5. STI/PUB/1785. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2018.
- [46] IAEA 2015. Vienna Declaration on Nuclear Safety on principles for the implementation of the objective of the Convention on Nuclear Safety to prevent accidents and mitigate radiological consequences. Adopted by the Contracting Parties meeting at the Diplomatic Conference of the Convention on Nuclear Safety, held in Vienna, Austria on 9 February 2015. Document IAEA INFCIR/872 dated 18 February 2015. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2015.

# First International Conference on Nuclear Law: The Global Debate

Vienna, Austria; 25–29 April 2022

Side Event on Codes of Conduct:  
Evolution and Practical Effects-The Way Forward  
Keynote address

## Genesis & Prospective of the Codes of Conduct on Radiation & Nuclear Safety & Security

**Abel J. González**

UNSCEAR Representative, IAEA Delegate, ex-ICRP Vice-Chair

**Argentine Nuclear Regulatory Authority**

✉ Av. Del Libertador 8250, (1429) Buenos Aires, Argentina; 📞 +54 1163231758; 📧 [abel\\_j\\_gonzalez@yahoo.com](mailto:abel_j_gonzalez@yahoo.com)

1

## Content

This address will:

1. Describe the genesis of '*code of conduct*'
2. Portrays the current Codes of Conduct.
3. Explores the future

2

**The path towards a  
'code of conduct'**

*Background*

# Radiation & Nuclear Safety

## Governments

- **Laws and decrees**  
(parlament+executive)
- **National Standards**  
(regulators)

## Intergovernmental

- **Treaty – Convention**  
(Governments)
- **International Standards**  
(international organizations)

¿Code of conduct?

5

## First Radiation & Nuclear Safety Treaty



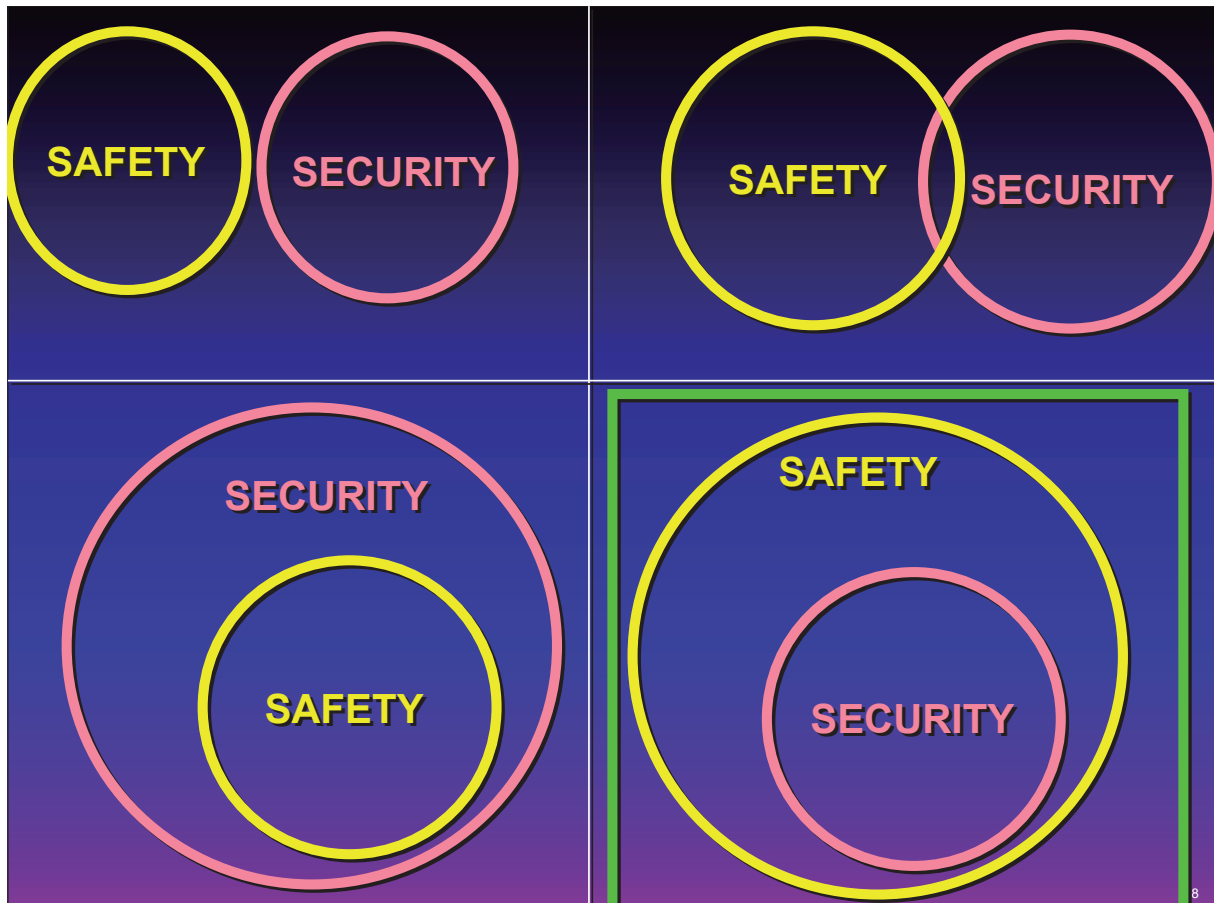
The IAEA shall establish standards of safety and provide for their application at the request of a State

6

## Concepts absent from the IAEA Statute

- Convention
- Code of conduct
- Security

7



8



Until Chernobyl, the international safety standards took *for granted* the *safety and security* of sources and reactors. Basic concept: *abnormal situations should be "prevented"*

**80's:  
Surprise!**



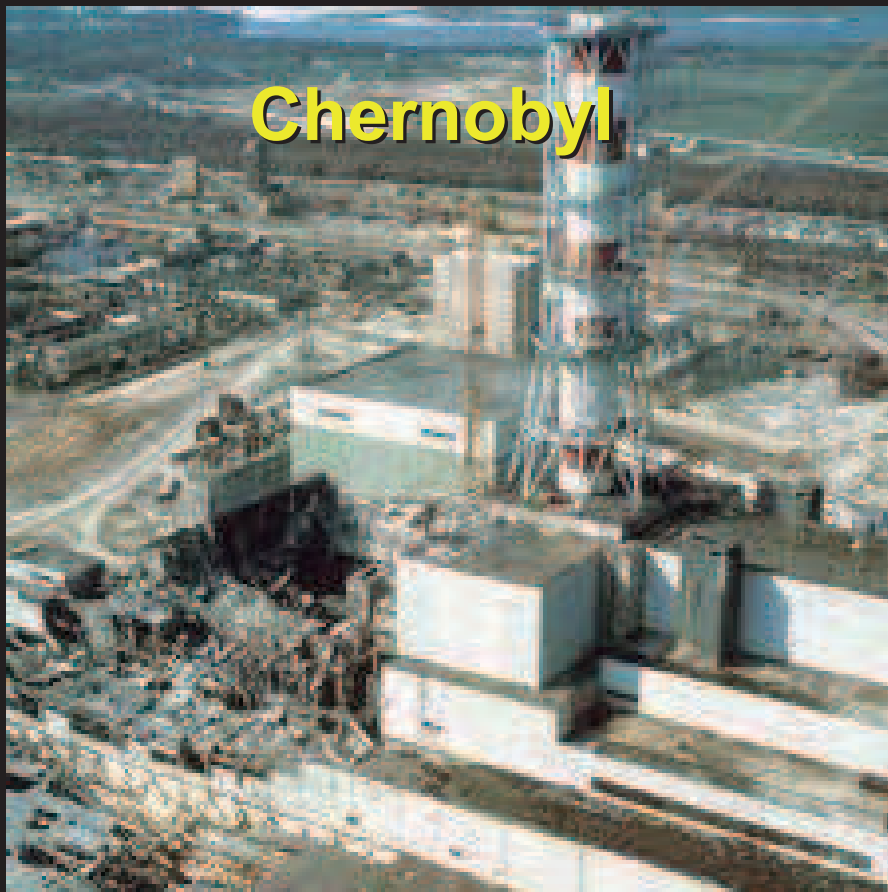
# The Radiological Accident in Goiânia



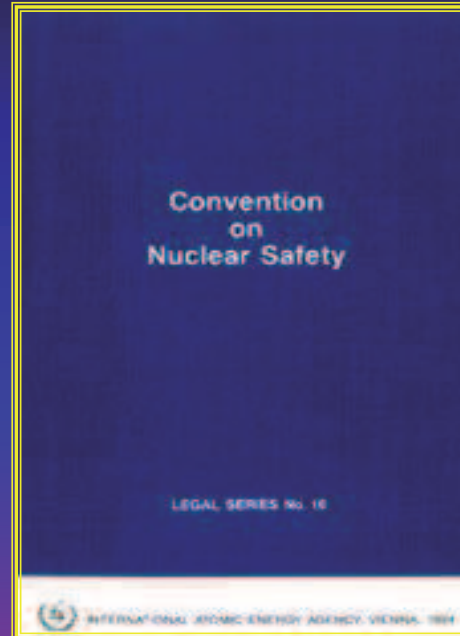
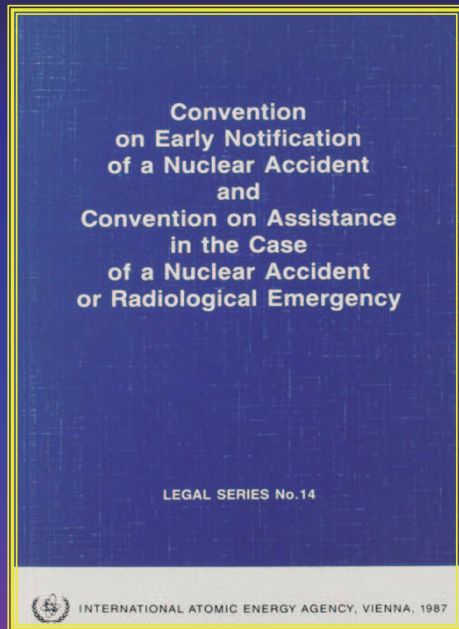
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1988

11

# Chernobyl



# The era of the Conventions



13

## Contradiction

States' legally binding obligations for NPPs.

But, States undertook no obligations

for **radiation sources**

or

for **research reactors?**

**Why?**

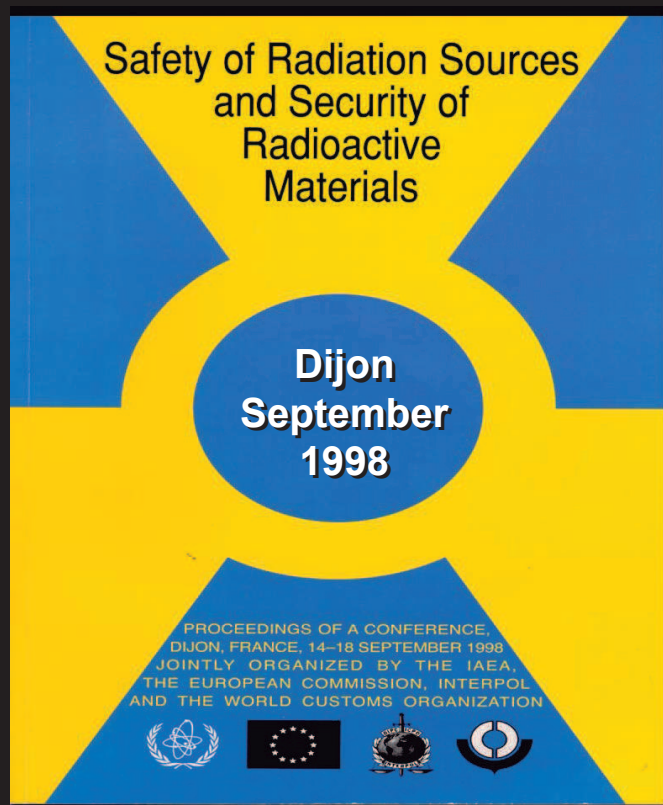
14

*The Genesis of  
the Code of Conduct concept!*

15

**1998:**  
**The beginning**

16



## **Dijon Conference**

**France: Host**

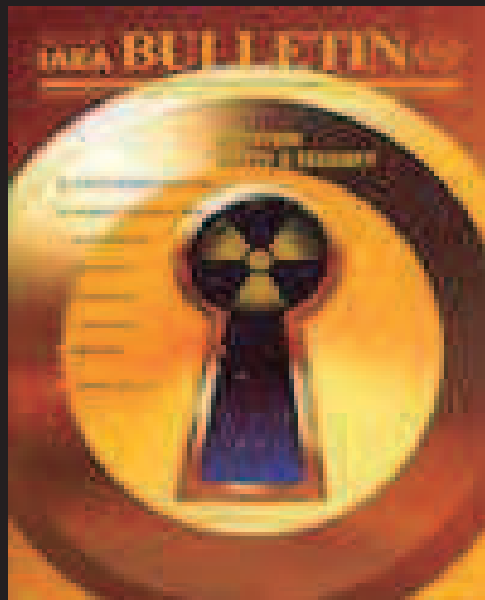
**Argentina: Programme  
Committee  
and outcome**

## **The main message from Dijon**

**States should undertake  
international obligations  
for the safety and security  
of radiation sources!**

# 1999: awareness

19



STRENGTHENING THE SAFETY OF RADIATION SOURCES  
& THE SECURITY OF RADIOACTIVE MATERIALS:

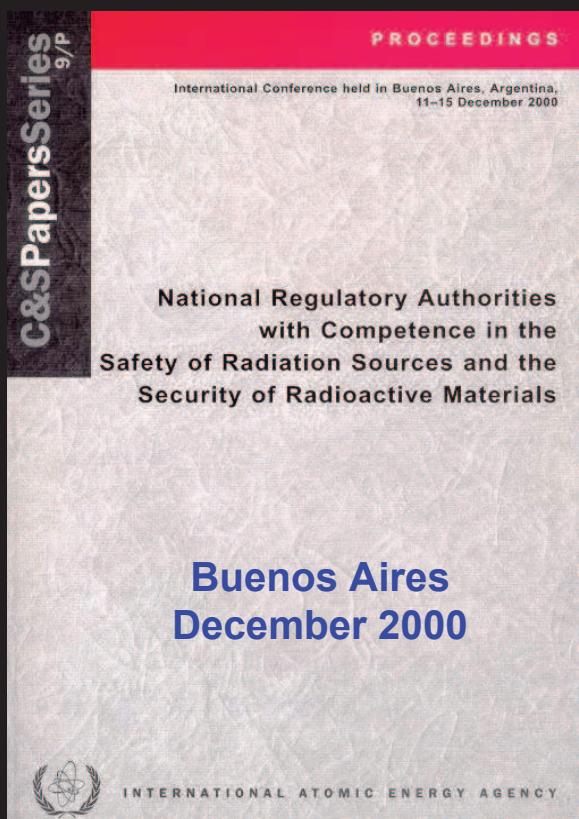
## TIMELY ACTION

BY ABEL J. GONZÁLEZ

20

# 2000: Regulatory awareness!

21



Nearly 100 regulators  
attended!

## The main message from Buenos Aires

The time is ripe for a serious *international undertaking* and *Action Plan*.

23

## Summarizing: the Steps towards a 'code of conduct'

1. There were **concern** for safety and security of sources
2. Exploratory discussions were held towards an **international legally binding undertaking** by States.
3. **Many States supported the idea.**
4. **But some States** thought that 'it would be too ambitious'.
5. The need of clear commitments by States and the reluctance by some States to make such undertakings legally binding **triggered a new proposal:**

**Thus, the 'code of conduct' concept was born!**

24

**2001:**

**The year of action ....**

**....but also....**

**.... the year of terrorism**

25

**A Code of Conduct  
and an International  
Action Plan  
were drafted!**



September 10, 2001

September 11, 2001

**ACTION PLAN**

**APPROVED BY**

**THE BOARD**



27

# The attempt at reasonableness



IAEA BULLETIN, 43/4/2001

***THE EVOLVING NEW  
INTERNATIONAL DIMENSIONS***

28

**2003:**

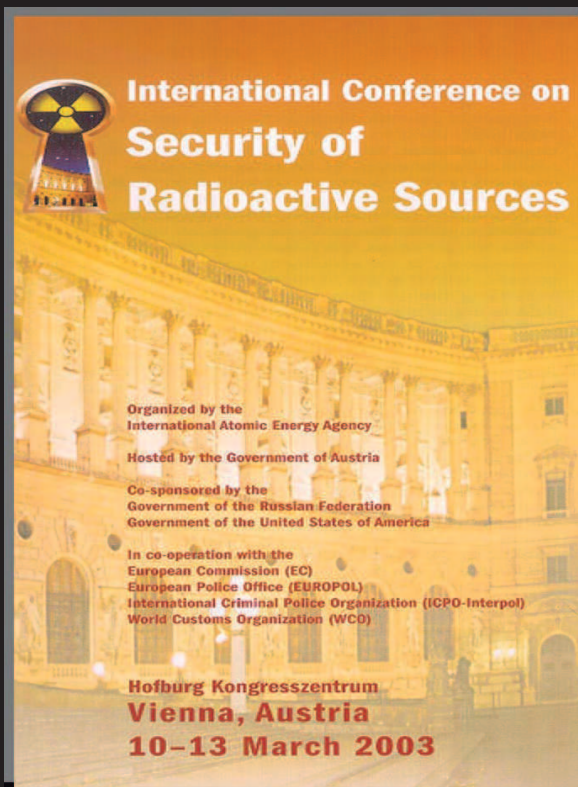
**Strengthening & Understanding**

29

**March 2003:  
the Hofburg Conference**

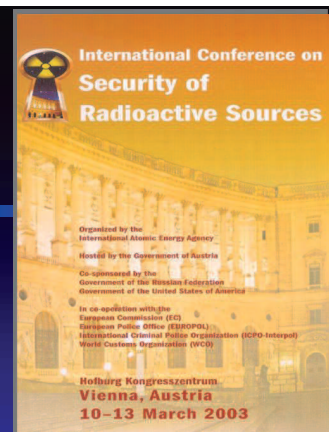
**Again in focus**

30



31

## Hofburg's Clear Directions



(A draft revised version of a Code was presented to the Conference)

***States should make a concerted effort to follow the principles  
contained in the Code of Conduct on the Safety and  
Security of Radioactive Sources***

32

# June 2003: Political understanding

The time was ripe!

33

## G8 Summit; Evian (France)



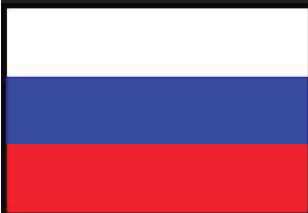
## Evian G-8 issued an essential statement

- welcomed the 2003 Hofburg Conference
- supported *promoting the implementation of a 'Code of Conduct'*.

Thus, the concept of 'code of conduct' became an international reality!

35

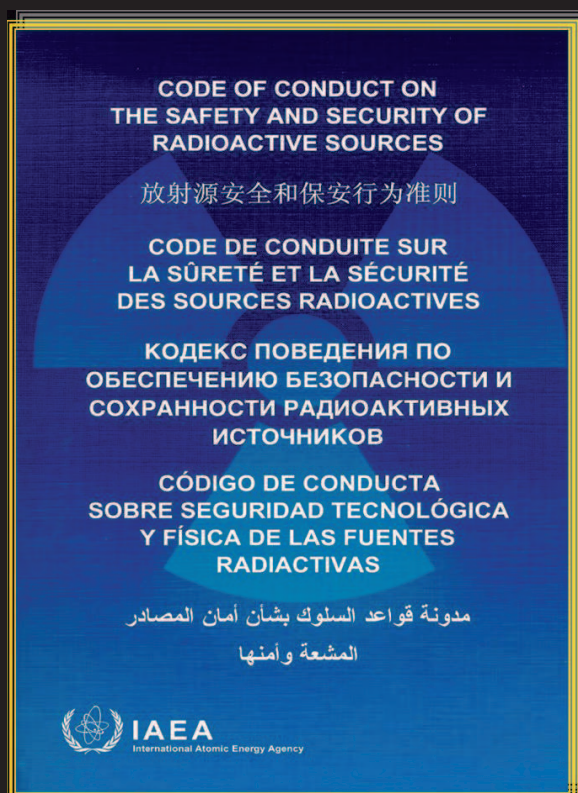
## Tripartite Initiative (Russia-USA-IAEA)



36

**July 2003:  
reaching the final consensus!**

37



**September 2003:  
(GOV/2003/49-  
GC(47)/9)**

**Adoption of  
the Code of  
Conduct!**

38

# What is a 'Code of Conduct'

A non mandatory commitment of States on:  
**behaviour, performance and accomplishment**

It is not a legally binding undertaking for  
those States adhering to the Code.

39

## *Elements of a Code of Conduct*

40

## Preambular declarations...

...in which States describe their:

- awareness,
- desires, and
- affirmations; and....

....in which States indicate what they

- recognize,
- keep in mind, and
- take into account.

41

## Pronouncements...

...in which States **decide** and **declare** the:

- norms,
- rules, and
- responsibilities

...they wish to **undertake**

42



## What was the resulting 'code of conduct'

A set of necessary States' policies outlining their norms, rules, and responsibilities or proper practices

*vis-à-vis*

fundamental radiation and nuclear safety issues, but with the understanding that such 'obligation' would be not necessarily a legally binding undertaking, but a declarative ethical voluntary commitment.

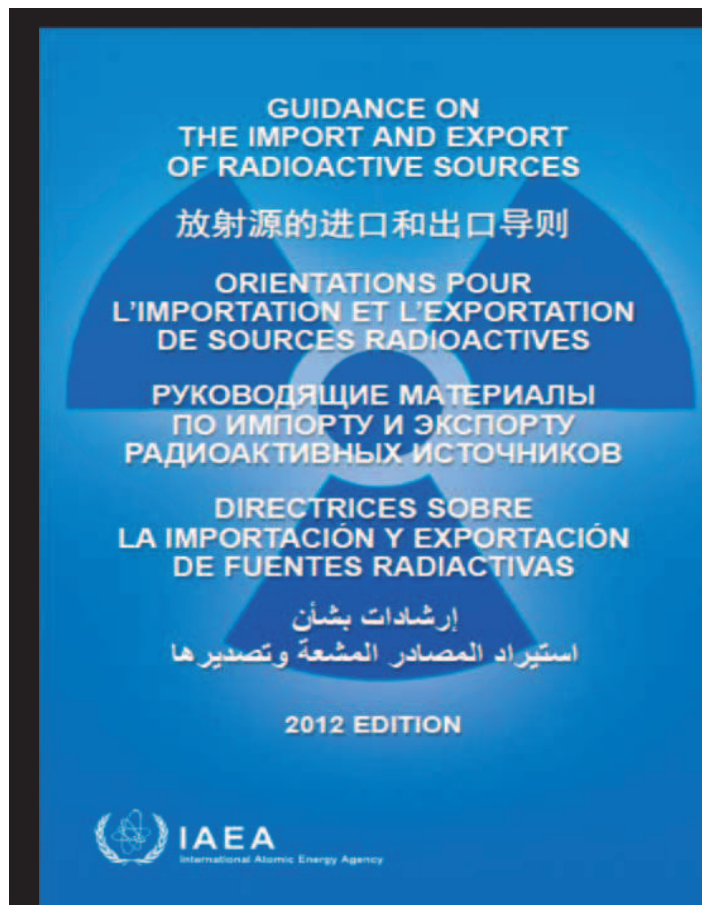
43

## IAEA 'dictum'

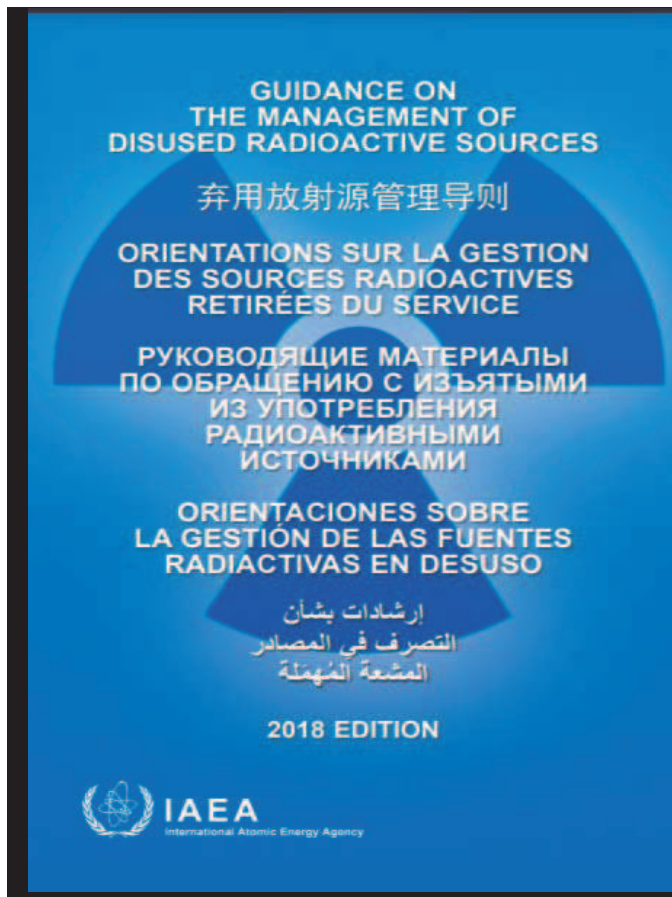
- The global safety regime promoted by the IAEA relies in part on various **inter-governmental legal instruments**.
- These legal instruments include not only the legally-binding **Conventions** but also the non-legally binding **Codes of Conduct**.
- The Code is a well-accepted, non-legally binding international instrument and has received political support from more than **130 Member States**.

44

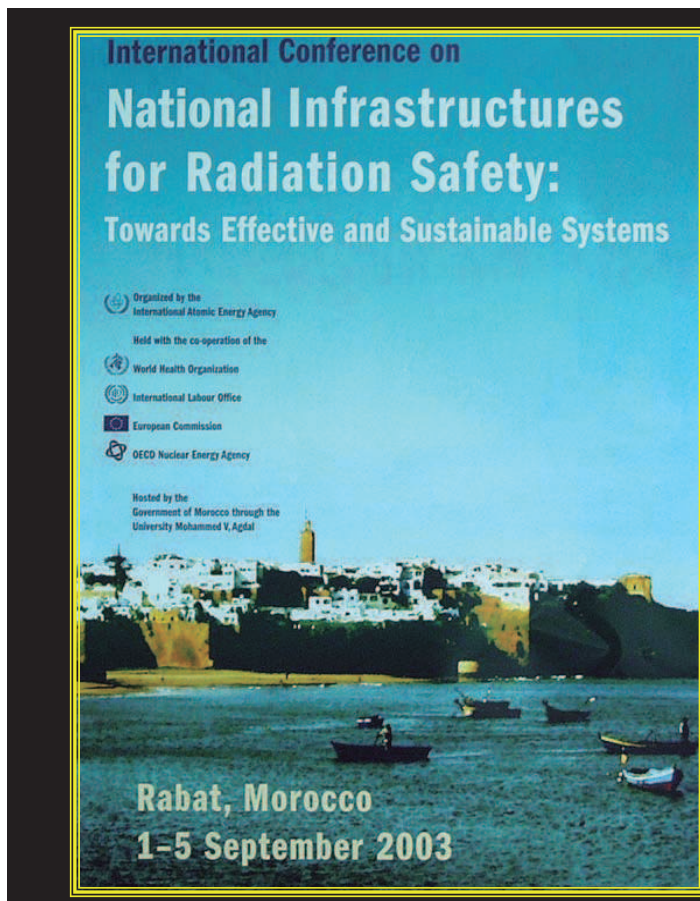
*The 'code of conduct'  
may require additional  
guidance!*



The **Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources** supplements the Code and aims to provide for an adequate transfer of responsibility when a source is being transferred from one State to another.



The **Guidance on the Management of Disused Radioactive Sources** provides further guidance regarding the establishment of a national policy and strategy for the management of disused sources, and on the implementation of management options such as recycling and reuse, long term storage pending disposal and return to a supplier.



Trigger immediate action

**Strengthening  
National  
Infrastructures!**

**International Conference  
on the Safety and Security  
of Radioactive Sources:  
Towards a Global System  
for the Continuous Control  
of Sources throughout  
their Life Cycle**

Bordeaux, France, 27 June - 1 July 2006



Organized by  
**IAEA** International Atomic Energy Agency

In cooperation with the European Commission (EC), European  
Police Office (Eupo), International Criminal Police Organization -  
Europe (ICPEurope), International Labour Organization (ILO),  
International Radiation Protection Association (IRPA), World  
Customs Organization (WCO), World Health Organization (WHO)

Under the auspices of the Group of Eight (G-8) State  
Hosted by the Government of France

**Bordeaux  
Closing the  
saga!**

**Conférence internationale  
sur la sûreté et la sécurité  
des sources radioactives:  
Vers un système global de  
contrôle et de suivi des  
sources durant leur cycle  
de vie**

Bordeaux, France, 27 juin - 1er juillet 2006



Organisée par  
**IAEA** Agence internationale de l'énergie atomique

En coopération avec la Commission européenne (CE), l'Office  
européen de police (Eupo), l'Organisation internationale de  
police criminelle (OIPC/EuroPol), l'Organisation internationale de  
Travail (OIT), l'Association internationale de radioprotection (AIRP),  
l'Organisation mondiale des douanes (OMD), l'Organisation  
mondiale de la santé (OMS)

Sous les auspices du Groupe des Huit (G-8)  
Accueillie par le gouvernement français

49

*The path was ready for a  
very much needed new  
Code of Conduct*



This new Code aimed at strengthening the international nuclear safety arrangements for civil research reactors, by ‘setting out parameters for the management of research reactor safety and providing guidance to governments, regulatory bodies and operating organizations for the development and harmonization of the relevant policies, laws and regulations.’

## Note

(The implementation of the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors will be discussed in this meeting and our purpose is not to pre-empt the outcome of such an important discussion!)

## There are few differences between both Codes

### Code on Sources

...clearly express obligations by States; relevant paragraphs start as  
as  
*'every State..should...'*.

### Code on research reactors

...starts indicating that the IAEA Member States *'decide that the following Code of Conduct should serve as guidance to States for, inter alia, the development and harmonization of policies, laws and regulations on the safety of research reactors'*.

53

## Differences in supporting documents

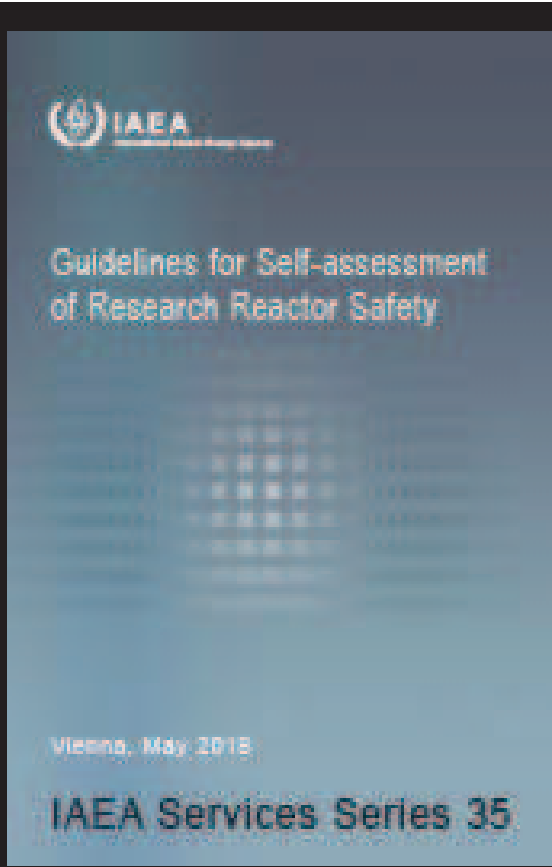
### Code on Sources

It is supported by two **Guidance** documents approved, like the Code, by the Board of Governors

### Code on research reactors

It has no **Guidance** supporting documents but just a **Guideline** document.

54



**‘Guidelines’ (no ‘Guidance’) aimed for operating organization to perform a self-assessment ...to identify gaps between the current situation and the IAEA safety requirements for research reactors, and also provide a methodology for Member States, regulatory bodies and operating organizations to perform a self-assessment of their application of the provisions of the Code of Conduct on the Safety of Research Reactors.**

## **Guidance ≠ Guideline**

### **Code of Sources**

#### **Guidance**

***“Information aimed at resolving a problem or difficulty, as given by someone in authority.”***

### **Code of research reactors**

#### **Guideline**

***“A piece of advice”***

## *The future*

**We would like to submit to the  
consideration of the IAEA Secretariat  
few ideas for further exploration!**



## **Proposal 1**

**A generic Code of Conduct on the basis of the principles of the Vienna Declaration**

## **Fact**

**In addition to the legally-binding undertaking under the Nuclear Safety Convention, States have agreed on **non-legally binding safety undertakings for power reactors!****



**The Vienna Declaration on Nuclear Safety,**  
which is a no-legally bonding obligation unanimously  
adopted by the Contracting Parties to the Convention on  
Nuclear Safety at a Diplomatic Conference held on 9/2/ 2015

## Questions

Are not such non-legally binding safety  
undertakings also applicable (*mutatis mutandi*) to  
other practices?

**If so, why not to explore *ad hoc*  
Codes of Conduct?**

# **Undertakings under the Vienna**

## **Declaration of Nuclear safety**

**(edited mutatis mutandi for other installations)**

- 1. New installations involving the presence of significant amounts of radioactive materials are to be designed, sited, and constructed, consistent with the objective of preventing accidents in the commissioning and operation and, should an accident occur, mitigating possible releases of radionuclides causing long-term off site contamination and avoiding early radioactive releases or radioactive releases large enough to require long-term protective measures and actions.**

**2. Comprehensive and systematic safety assessments are to be carried out periodically and regularly for existing installations involving the presence of significant amounts of radioactive materials throughout their lifetime in order to identify safety improvements that are oriented to meet the above objective, in the understanding that reasonably practicable or achievable safety improvements of old installations are to be implemented in a timely manner.**

**3. National requirements and regulations for addressing this objective throughout the lifetime of installations involving the presence of significant amounts of radioactive materials are to take into account the relevant IAEA Safety Standards and, as appropriate, other good practices.**

**Is then worthwhile exploring  
the possibility of developing a  
Guidance to the Code for  
strengthening the protection of the public  
and the environment,  
on the basis of these principles,  
and submit it to the Board for approval?**

## **Proposal 2**

**A Code of Conduct on occupational protection**

## Another issue to explore

- Most countries that adhered to the Code are contracting parties of the ILO Convention 105.
- Are we satisfied with the prevention of occupational accident in research reactors?
- A large number of criticality accidents involving serious injuries, and even death, to operators have occurred in research reactors!
- Would not be reasonable to explore with ILO drafting an additional Guidance to the Code on the prevention of occupational accidents for supporting the Convention?

69

- It is recognized that some of the issues to be addressed by these potential Guidance to the Code are covered in many IAEA publications.
- But these publications are not part of the 'Code of Conduct', namely they are not non-binding obligations undertaken by States!

## **Proposal 3**

**A Code of Conduct on the facilitation of transport**

**Transport safety regime**

# IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Jointly sponsored by

Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO



IAEA

WHO

## Safety Fundamentals

No. SF-1



IAEA

International Atomic Energy Agency

## IAEA Safety Standards

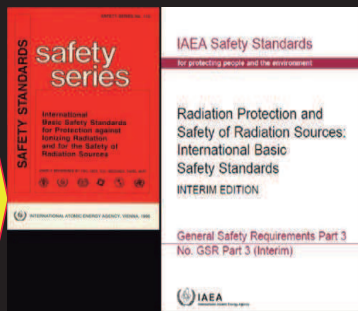
for protecting people and the environment

### Fundamental Safety Principles

Jointly sponsored by  
Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO



Safety Fundamentals  
No. SF-1



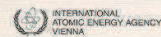
## IAEA SAFETY STANDARDS SERIES

### Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material

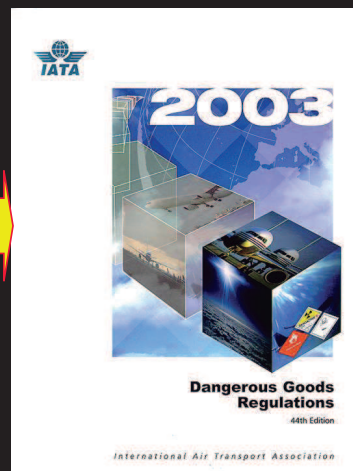
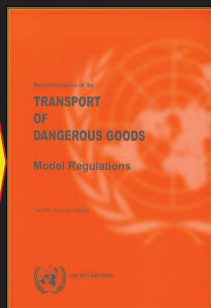
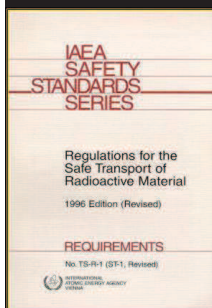
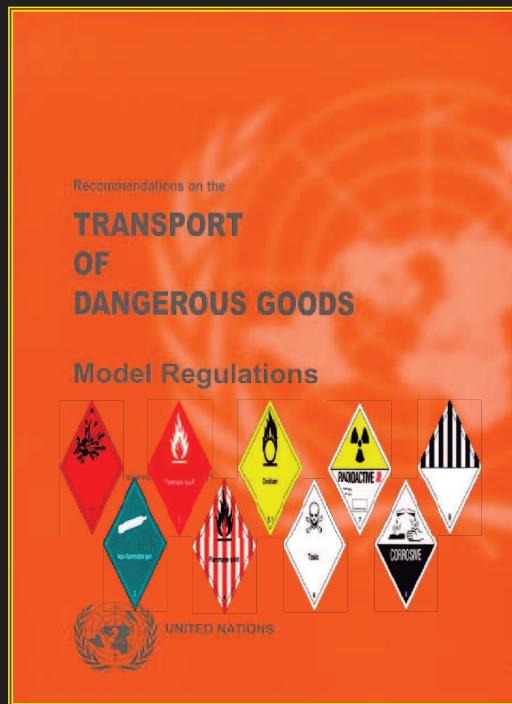
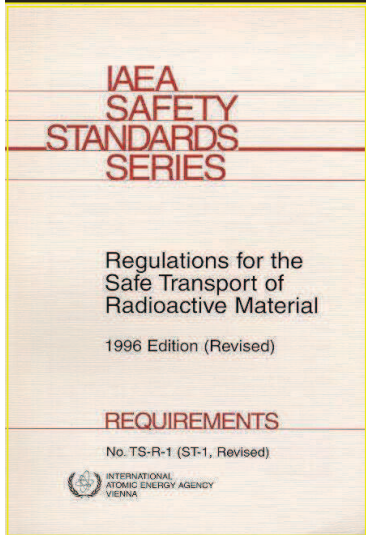
1996 Edition (Revised)

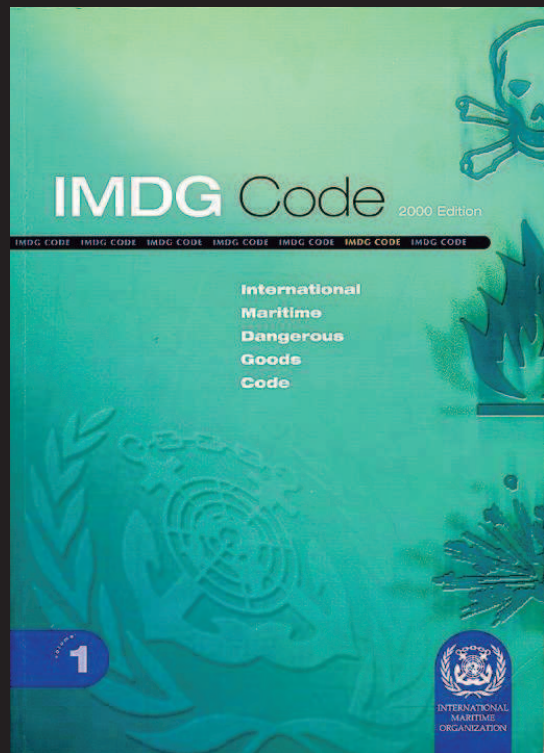
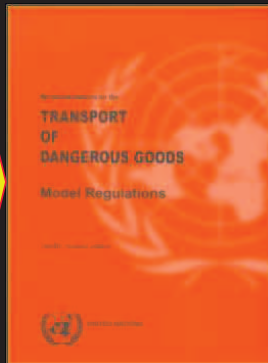
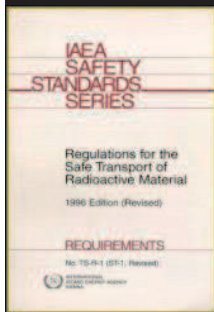
REQUIREMENTS

No. TS-R-1 (ST-1, Revised)



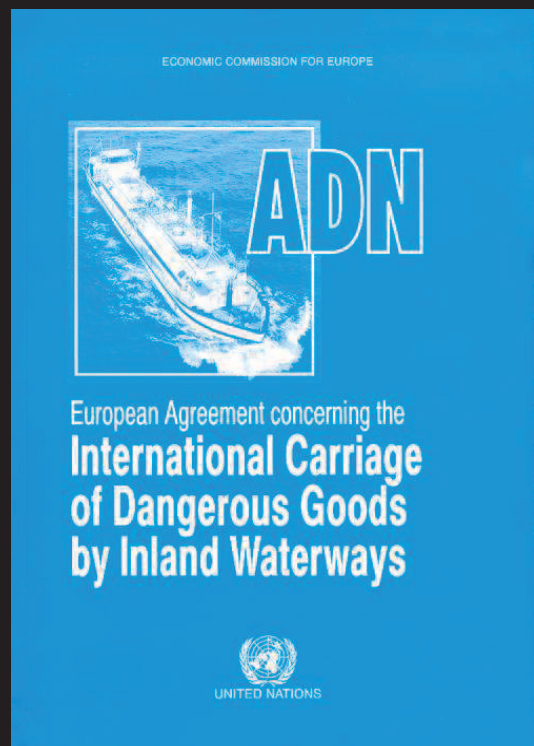
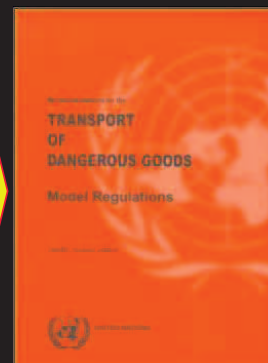
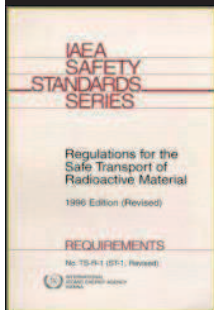






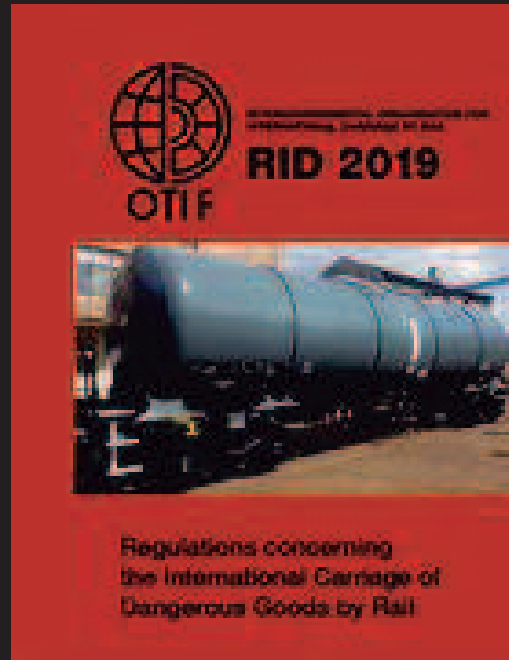
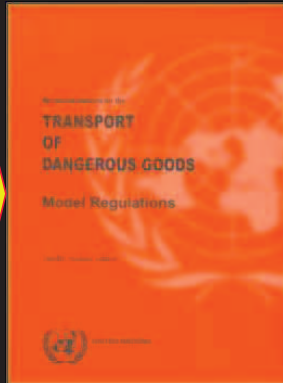
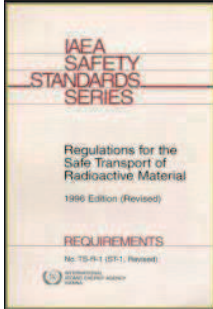
S

77



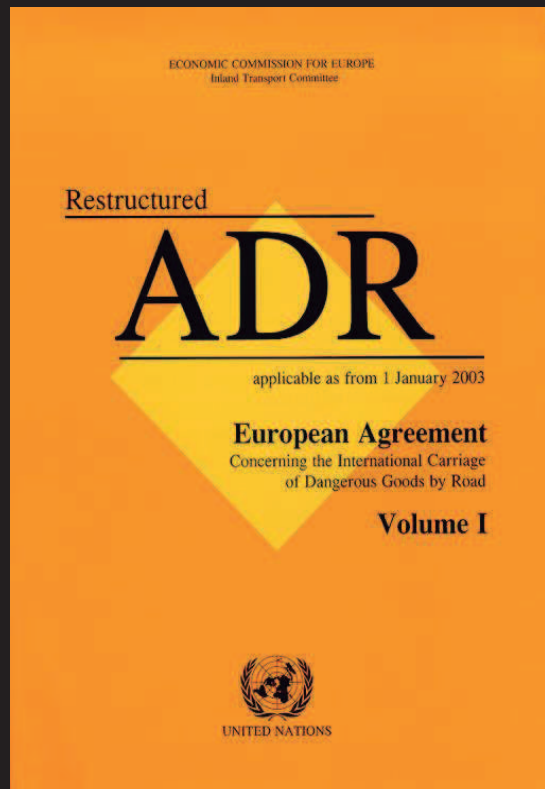
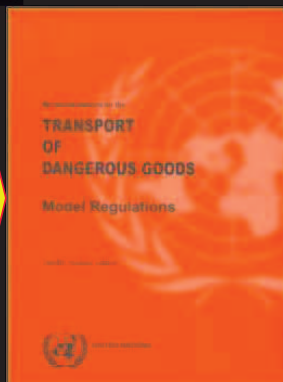
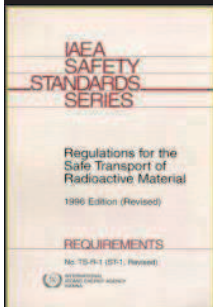
S

78



S

79



S

80

As a result of this **international regime**,  
the **transport of radioactive material**  
has achieved an enviable record of  
**safety and security.**

s

81

However, despite its  
**safety and security achievements**,  
the **transport of radioactive material**  
has been hampered by :  
the **Denial of Shipment (DoS)**

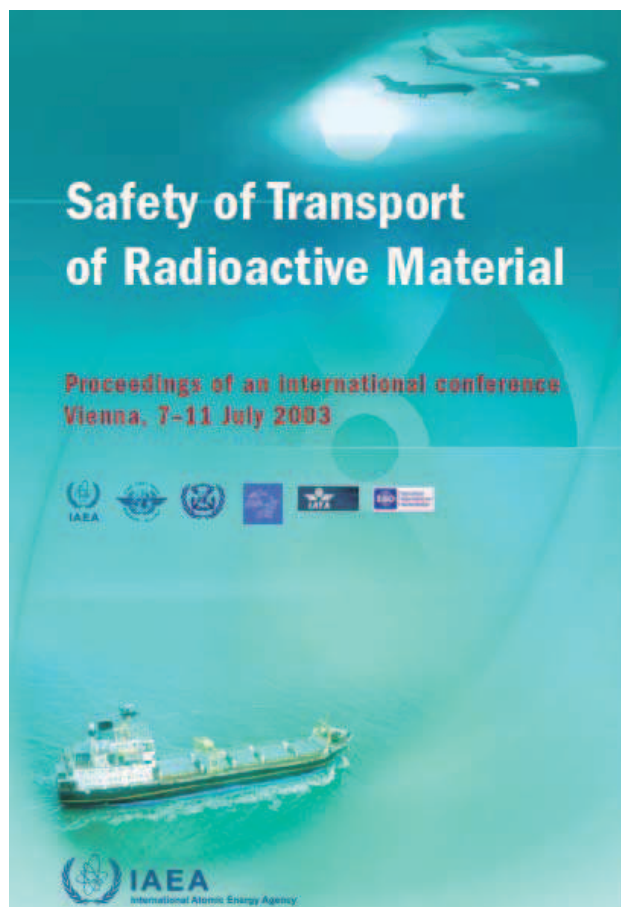
s

82

## **DOS can be described as follows:**

*DOS results from the cumulative effect of a policy of not accepting radioactive material by carriers, ports, airports, terminals, and/or handling facilities, regardless that the materials be transported in compliance with the international safety regime.*

83



**DoS appears:  
The 2003  
International  
Conference  
on the Safety  
of Transport  
of Radioactive  
Material**

84

# The IAEA General Conference

**Claimed during 20 years!  
for a solution to the DoS Conundrum**



85

## **Notwithstanding all the international hard work on DoS:**

- **DoS conundrum remains unresolved.**
- **The GC request has not been satisfied.**

86

## Why a solution have been elusive?

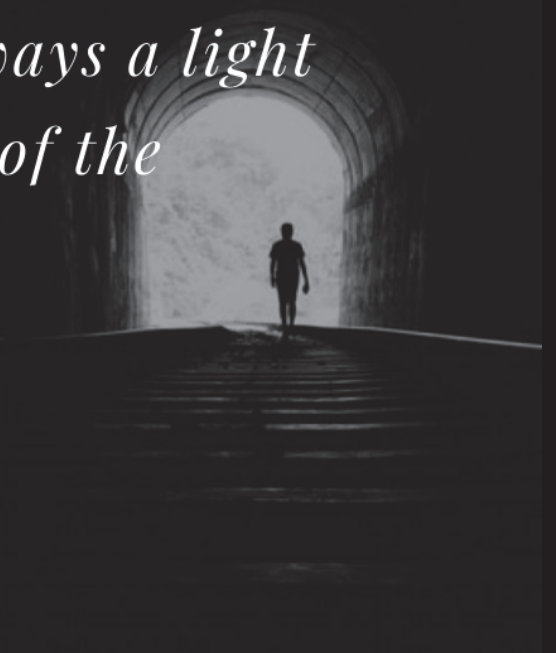
...perhaps...because...

- Neither the international organizations nor the industry can solve the DOS conundrum.
- The solution is in the hands of those urging for a solution:

**The STATES themselves!**

87

*There's always a light  
at the end of the  
tunnel.*



## The IAEA General Conference urged!...

to consider the options for addressing denials of and delays in shipment,

including

a code of conduct on facilitation!

89

## A Potential Solution

90



# **Drafting a Code of Conduct for facilitating transport and preventing DoS**

91

## **Suggested preambular declarations**

## THE IAEA'S MEMBER STATES:

- **Noting** that radioactive materials are used throughout the world for a wide variety of beneficial purposes.
- **Aware** that many millions of packages of radioactive material are shipped every year around the world.
- **Conscious** that transporting radioactive materials places them outside of regulated installations.
- **Recognizing** the need to protect individuals, society and the environment,
- **Aware** that international and intergovernmental standards for the safe transport of radioactive materials have been developed and established under the aegis of the IAEA,

- **Aware further** that the Transport Regulations are widely used.
- **Recognizing** that the safety record of transport of radioactive materials has been excellent; .
- **Attentive** that despite its very good safety and security record, the transport of radioactive material has been hampered with *DoS*.
- **Noting** that *DoS* is a main concern for regulatory authorities due — *inter alia* — to its inherent challenge to radiation safety and security,
- **Noting further** that *DoS* prevent the timely usage of radioactive materials,
- **Encouraging** therefore intergovernmental efforts to address and avoid problems related to *DoS*.

- **Recognizing** the need that States facilitate the safe and secure transport of radioactive materials, — *inter alia* — preventing *DoS*.
- **Recognizing** further the States' authority for facilitating the transport of radioactive materials.
- **Being aware** that a number of States may lack appropriate regulatory infrastructure for dealing with *DoS* situations, and that such States may need appropriate technical cooperation.
- **Being acquainted** with the global role of the IAEA in establishing the Transport Regulations and for providing for their application,
- **Stressing** the importance of international cooperation to further enhance the safety and security of the transport of radioactive materials;

**Suggested pronouncements**

**THE IAEA'S MEMBER STATES  
DECIDE...**

....that the following ***Code of Conduct for the Facilitation of the Safe and Secure Transport of Radioactive Materials*** should serve as guidance to States for:

- the facilitation of the safe and secure transport of radioactive materials, and
- the prevention of DoS situations.

**States declare adherence to the following non-binding obligations:**

1. **appointing** a responsible contact point within each State with the mandate of implementing the Code of Conduct;
2. **setting up** a mechanism for informing of any significant differences between their national regulations for transport of radioactive materials and the international regulations;

3. **establishing** a national network for facilitating the safe and secure transport of radioactive materials, involving key stakeholders  
(e.g. regulators; government agencies; customs; shippers; freight forwarders; transport companies; port authorities; insurers);
4. **holding** regular meetings of that network with the purpose of identifying DOS challenges;
5. **inviting**, as observers to such regular meetings, representatives of relevant international and regional organizations and affected States;

6. **maintaining and publishing** an accessible database of national competent authorities responsible for transport of radioactive materials, and of the relevant regulations;
7. **ensuring**, within their national jurisdiction, the availability of ports and airports being capable of allowing import, export, transshipment and transit of radioactive materials that comply with international safety standards;
8. **staffing** these ports and airports with personnel responsible for safety and security being qualified with the support of IAEA;

9. **allowing** transit of cargos of radioactive materials via designated ports and airports under their jurisdiction, even if the cargo is not destined for the State;
10. **conducting** periodic appraisals of the DOS situation in the State, in order to determine national resilience to DOS.

# *Concluding Epilogue*

105

**In conclusion,  
it is recommended that  
the IAEA Secretariat should:**



1. **convene** a Consultancy to explore the possibility of developing *ad hoc* **Codes of Conduct**;
2. **assemble** a **Technical Meeting**, holding wide States' representation, to review, discuss, revise and eventually endorse such a policy.
3. **submit** the final policy to the approval of the IAEA Board of Governors;
4. **report** to the IAEA General Conference, *interalia* in response to IAEA GC resolution; and,
5. **pursue** with a letter from the IAEA Director General to States' representatives inviting their Governments to adhere to policy



Av. del Libertador 8250  
Buenos Aires  
Argentina

+541163231757/8

*Thank you!*



# Protección de los trabajadores contra exposiciones ocupacionales a la radiación ionizante: génesis, evolución, consolidación y desafíos

González, A.J.

Este trabajo fue la presentación de apertura de la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica Ocupacional: fortalecimiento de la protección radiológica de los trabajadores: veinte años de progreso y el camino a seguir, organizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica, con el patrocinio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Presentado en: International Conference on Occupational Radiation Protection: Strengthening Radiation Protection of Workers - Twenty Year of Progress and the Way Forward. Ginebra, Suiza, 5 al 9 de septiembre de 2022



# **Protección de los Trabajadores contra Exposiciones Ocupacionales a la Radiación Ionizante: Génesis, Evolución, Consolidación y Desafíos**

**Abel Julio GONZÁLEZ**

## **I. INTRODUCCIÓN**

La protección de los trabajadores contra los efectos perjudiciales que se pueden derivar del trabajo con radiaciones ionizantes o sustancias radioactivas es la disciplina que se conoce generalmente como *protección radiológica ocupacional*. Se trata de uno de los sistemas de seguridad laboral más elaborado y exitoso. El sistema es compuesto por un basamento científico consensuado globalmente, por un paradigma fundado en bases éticas universales y por un sistema de estándares y normas establecidas por las organizaciones internacionales e intergubernamentales competentes, fundamentalmente por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) bajo la égida del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El objetivo de esta memoria es presentar: su génesis, es decir su origen y modo de formación; su evolución, es decir su desarrollo gradual; su consolidación, es decir el proceso de combinar sus elementos en un todo efectivo y coherente; y, también, los desafíos futuros.

## **II. GÉNESIS**

### **La Organización Internacional del Trabajo (OIT)**

El origen de la *protección ocupacional*, es decir de la protección de los trabajadores contra elementos dañinos a su salud que pudiesen encontrar en sus trabajos, nace con la creación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), una organización única dentro del sistema de la Organización de las Naciones Unidas ONU. Es la única organización del sistema que no es absolutamente gubernamental sino que los gobiernos comparten su gestión con representantes de los trabajadores y los empleadores. Es decir, es la única organización del sistema de la ONU de características 'tripartita', la que reúne a gobiernos, empleadores y trabajadores de 187 Estados miembros a fin de establecer las normas ocupacionales, formular políticas y elaborar programas promoviendo el trabajo digno para todos, mujeres y hombres.

La OIT fue creada en 1919, como parte del Tratado de Versalles que terminó con la Primera Guerra Mundial, y reflejó la convicción de que la

justicia social es esencial para alcanzar una paz universal y permanente. Su Constitución fue elaborada entre enero y abril de 1919 por una Comisión del Trabajo establecida por la Conferencia de Paz, que se reunió por primera vez en París y luego en Versalles. La Comisión fue presidida por el presidente de la Federación Estadounidense del Trabajo (AFL), y estaba compuesta por representantes de nueve países: Bélgica, Cuba, Checoslovaquia, Francia, Italia, Japón, Polonia, Reino Unido y Estados Unidos (ver Figura 1).



**Figura 1: La OIT fue creada en 1919, como parte del Tratado de Versalles.**

Pero el origen de la *protección radiológica ocupacional* hay que buscarlo en el origen de la disciplina que hoy se denomina *protección radiológica* sin otro calificativo, la que comenzó sin embargo limitada a lo ocupacional, es decir a un objetivo de protección laboral, y además limitada a situaciones planificadas. Estos comienzos tempranos han sido documentados por las autoridades pretéritas de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)<sup>4,5</sup>, un actor clave en esa génesis: y, más recientemente, en la Enciclopedia de la Energía Nuclear<sup>6</sup>.

## **El descubrimiento de la radiación ionizante y la radioactividad**

El descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Röntgen en noviembre de 1895<sup>7</sup> (ver Figura 2), marcaría el inicio de la utilización de

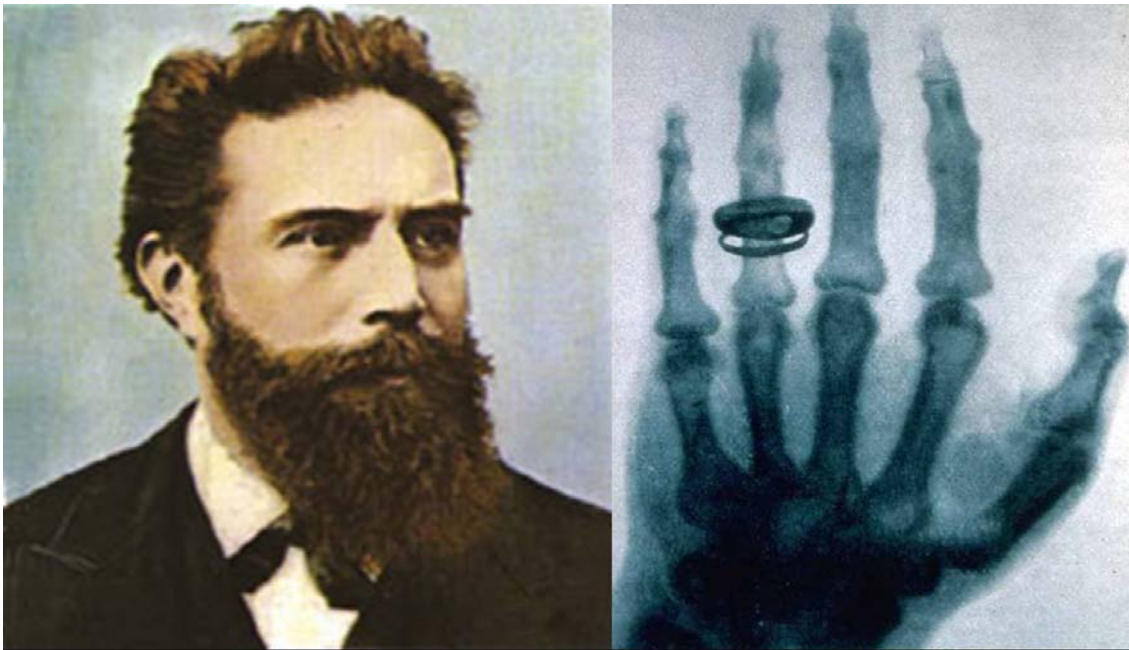
<sup>4</sup> R.H. Clarke and J.Valentin, 2008. The History of ICRP and the Evolution of its Policies. ICRP Publication 109. Annañs of ICRP. Elsevier Ltd

<sup>5</sup> Lindell, B., 1996a. The history of radiation protection. Rad. Prot. Dosim. 68, 83–95.

<sup>6</sup> DiGregorio, 2021. Discovery of Radioactivity. In Enciclopedia of Nuclear Energy. Elsevier

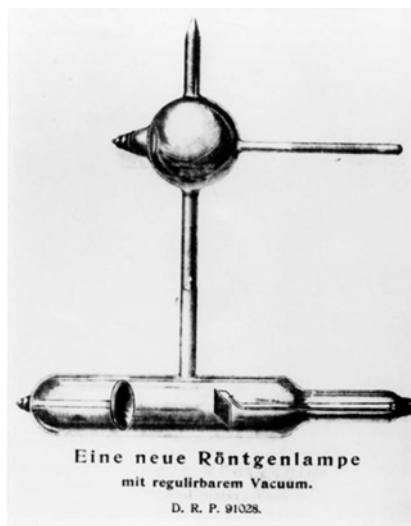
<sup>7</sup> Röntgen, W.C., 1895. Über eine neue Art von Strahlen. Sitzungsberichte d. Phys. Mediz. Ges. Würzburg

las radiaciones ionizantes y de los desafíos de protección ocupacional que este uso conllevaría. Además daría lugar a la disciplina de la radiología y de la profesión de radiólogo.



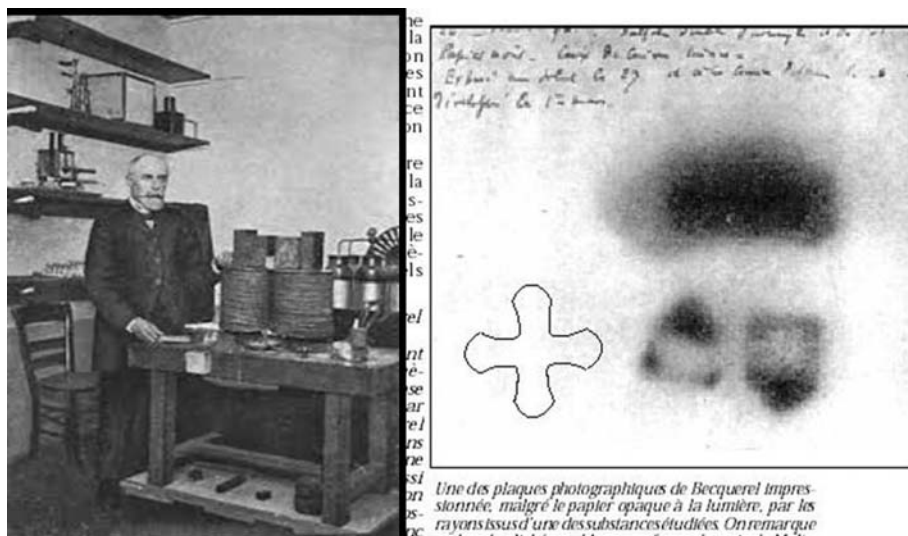
**Figura 2: Wilhelm Röntgen descubrió la radiación ionizante que denominó 'rayos x' en noviembre de 1895. La primera imagen de rayos x fue de la mano de la esposa de Röntgen**

Pocos meses después, el 21 de marzo de 1896, el primer tubo de rayos X fue patentado por la empresa Siemens, pionero en tiempo récord. (Ver Figura 3).



**Figura 3: El primer tubo de rayos X fue patentado pocos meses depuse del descubrimiento.**

Apenas un año después, Henri Becquerel constató una propiedad del uranio, que pasaría a conocerse como '*radiactividad*'<sup>8</sup> (ver Figura 4).



**Figure 4: En 1896 Henri Becquerel constata la propiedad del uranio, que pasaría a conocerse como '*radiactividad*'.**

Eventualmente la magnitud que cuantifica la radioactividad se denominaría *actividad*,  $A(t)$ , descrita como la magnitud correspondiente a una cantidad de un átomo radioactivo en un estado determinado de energía, en un tiempo dado, definida por la expresión  $A(t) = -dN/dt$ , siendo  $dN$  el valor esperado del número de transformaciones nucleares espontáneas a partir de ese estado determinado de energía, en el intervalo de tiempo  $dt$ .<sup>9</sup> La actividad ( $A(t)$ ) entonces la tasa a la que ocurren las transformaciones nucleares en un material radiactivo. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de actividad es la inversa del segundo ( $s^{-1}$ ), que recibe el nombre de becquerel (Bq).

Solo dos años después del descubrimiento de la radioactividad, el 21 de diciembre de 1898, Madame Marie Skłodowska Curie descubre el radio (ver Figura 5). Este descubrimiento marcaría el inicio de la disciplina de la radioquímica y la profesión de radioquímica

<sup>8</sup> Becquerel, H., 1896. Emission des radiations nouvelles par l'uranium métallique. C. R. Acad. Sci. Paris 122, 1086.

<sup>9</sup> International Atomic Energy Agency. *IEA safety glossary : terminology used in nuclear safety and radiation protection* : 2007 edition. STI/PUB/1290. ISBN 92-0-100707-8 International Atomic Energy Agency, Vienna, 2007.



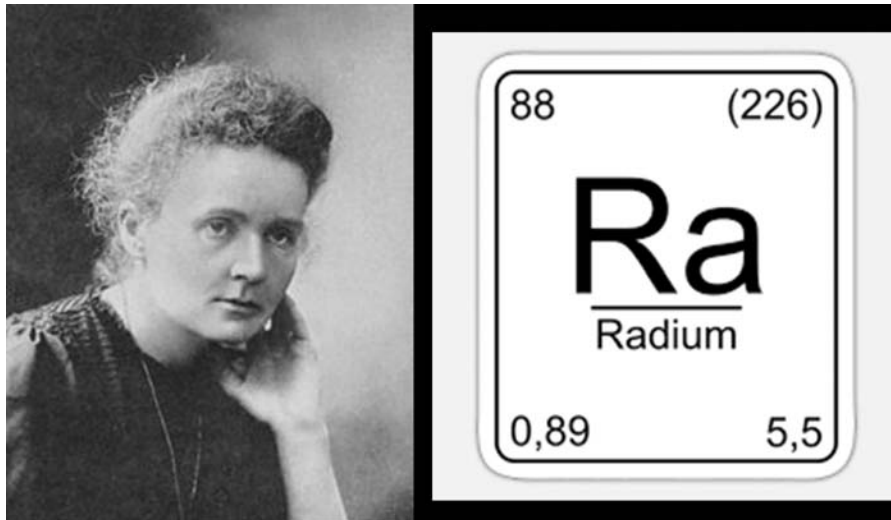


Figura 5: el 21 de diciembre de 1898, Madame Marie Skłodowska Curie descubrió el radio

### El uso de la radiación en espectáculos

Poco después de que se descubrieran estos fenómenos, su uso se expandió ampliamente. Los rayos x comenzaron a utilizarse en espectáculos circenses quizás convirtiendo a los artistas de circo en los primeros trabajadores expuestos a la radiación como resultado de su ocupación (ver Figura 6)



Figura 6: Artistas circenses, como esta 'deglutidora de sables' fueron los primeros trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes como resultado de su ocupación.

### La radioactividad y el agua

Al mismo tiempo, el radio comenzó a ser utilizado en una larga variedad de aplicaciones que incluyeron el uso de emanadores de agua que contenía radio, para una serie de empleos ‘terapéuticos’ (ver Figura 7). Las empresas que construían y distribuían esos productos empleaban trabajadores que seguramente recibían altas dosis de radiación.

### RADIUM THERAPY

The only scientific apparatus for the preparation of radio-active water in the hospital or in the patient's own home.

This apparatus gives a high and measured dosage of radio-active drinking water for the treatment of gout, rheumatism, arthritis, neuralgia, sciatica, tabes dorsalis, catarrh of the antrum and frontal sinus, arterio-sclerosis, diabetes and glycosuria, and nephritis, as described in Dr. Saubermann's lecture before the Roentgen Society, printed in this number of the "Archives."

#### DESCRIPTION

The perforated earthenware "activator" in the glass jar contains an insoluble preparation impregnated with radium. It continuously emits radium emanation at a fixed rate, and keeps the water in the jar always charged to a fixed and measurable strength, from 5,000 to 10,000 Maché units per litre per diem.



SUPPLIED BY  
**RADIUM LIMITED,**  
14, MORTIMER STREET, LONDON, W.

## RADIUM EMANATION WATER

### Drives Out Uric Acid

Suffering from too much uric acid and diseases caused by faulty elimination—**Rheumatism, Gout, Periodical Headaches, Neuralgia, Constipation, Neurasthenia, Auto-Intoxication and Lack of Bodily Vigor**—quickly relieved in a natural way without drugs or chemicals by our new discovery

**THE WAY TO MAKE  
RADIUM WATER  
IN YOUR OWN HOME**

with our Rayode. A little device containing Radium enough to supply 2,700 Maché Units of Radio-activity, in two quarts of water every twenty-four hours, for less than 10c a day. The Rayode will last a lifetime.

**SEND FOR FREE LITERATURE**

Tells how you can buy or rent a Rayode to make Radium Water in your own home, with your own ordinary drinking water. Address:

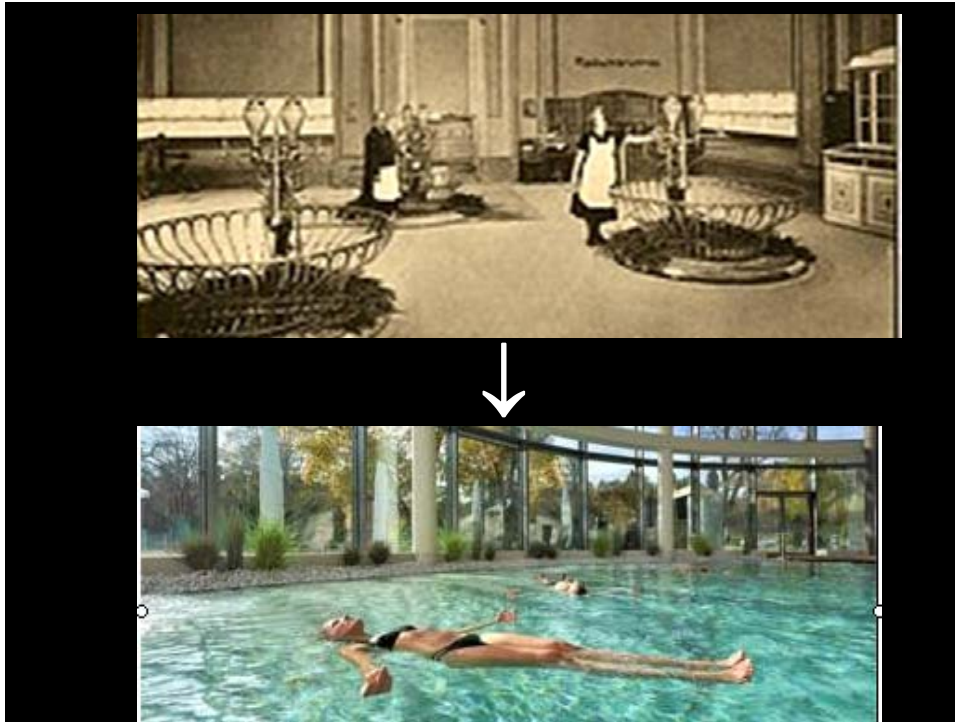
**THE COLORADO RADIUM PRODUCTS COMPANY**  
635 First National Bank Building      Denver, Colo.

**Figura 7: En las primeras décadas del siglo se popularizó el uso de emanadores de agua conteniendo radio. La producción de estos aparatos seguramente ocasionó exposición a los trabajadores involucrados.**

El uso de agua con radio, y de la consecuente emanación de radón se popularizaría en los así llamados ‘spas’. ‘Spa’ es un acrónimo de la frase latina ‘*salus per aquam*’, es decir ‘salud mediante el agua’, el nombre del pueblo belga de Spa, donde los soldados romanos usaban fuentes termales minerales para tratar los músculos doloridos y las heridas ocasionadas en las batallas de las cohortes romanas.

Con el descubrimiento de la radioactividad, ‘spas’ radioactivos conteniendo radio se hicieron muy populares. Ya en 1924 funcionaba a pleno una ‘*fontana de radio*’ en el pueblo de Bad Elster, en el distrito de Vogtlandkreis, en el Estado Libre de Sajonia, en Alemania,. Se encuentra en la frontera de Baviera y la República Checa en las colinas de Elster Gebirge. A las aguas de la región se le asignaron ‘propiedades curativas’ desde 1669. Proviene de un manantial ahora conocido como Moritzquelle. Desde entonces los habitantes de Adorf y Elster y pacientes con diversos dolores acudían al manantial para tomar las aguas. Bad Elster devino con el tiempo devino en una ciudad balneario que continua hasta el presente. Se ha desarrollado una verdadera industria dedicada al turismo y la ‘salud’. Al momento existen siete clínicas especializadas en ‘recuperación’, con 35 establecimientos que ofrecen alojamiento con 2.400 camas. Los

trabajadores que atendían a estos establecimientos obviamente reciben grandes dosis de radiación y su protección ocupacional es discutible. Es razonable preguntarse si el personal atendiendo este complejo debería considerarse ocupacionalmente expuesto. La Figura 8 muestra la evolución temporal de Bad Elster.



**Figura 8: El 'spa' de Bad Elster en 1924 y en la actualidad**

Bad Elster es solo un ejemplo de varios 'spas' de esta característica que continúan en operación. En los comienzos solo se sabía de la presencia de radio, hoy en día se conoce de la presencia de uno de los radionucleidos descendientes del radio, el gas radón. Las propiedades 'curativas' del radio se han extendido ahora al gas radón. Uno de los principales spas aún existentes es el de Bad Gastein en la región de Salzburgo en Austria.

Muchos trabajadores de estos 'spas' están expuestos a la radiación del radio y el radón causa de su ocupación. Estos trabajadores deben estar muy confundidos porque mientras los radio-proteccionistas tratan de protegerlos, la información oficial sobre Bad Gastein indica que *'El efecto de la terapia con radón en Bad Gastein ha sido científicamente probada: estimula la renovación celular y estabilizar el sistema inmunológico; alivia el dolor de espalda, cadera y rodilla; y también mejora enfermedades de la piel como la neurodermatitis o los síntomas asmáticos'* [SIC] <sup>10</sup>

<sup>10</sup> Martin Gaisberger. Medically proven and completely natural: a stay in Gastein is a cure for body and soul. Gastein Research Institute. <https://www.gastein.com/kur/>

## El uso de radioactividad en cosméticos

El uso de radio también se hizo popular en la industria de la cosmética y aún en productos como los dentífricos (ver Figura 9). Poco después del descubrimiento del radio, los productos de belleza radiactivos comenzaron a poblar los estantes de los comercios especializados. Una ‘crema milagrosa’ fue lanzada en París, anunciada como un "producto de belleza científico", prometía mejorar la circulación, reafirmar el tejido muscular, reducir la grasa y suavizar las arrugas. Era parte de una línea de cosméticos llamada Tho-Radia, por el torio y el radio, los elementos radiactivos que contenía. Se produjo una gama completa de productos destinados a liberar los ‘beneficios’ de la radiactividad, incluidos lápiz labial y polvos faciales, así como ungüentos, jabones, supositorios, hojas de afeitar, bebidas energéticas e incluso condones. También pronto odontológicos y hubo implicaciones de que la energía de la radioactividad puesta en dentífricos ayudaría a tus dientes les daría una expresión radiante. Esta industria de la cosmética empleó a muchos trabajadores que se vieron expuestos a la radiación sin ninguna medida de protección. (ver Figura 9)



Figura 9: El uso de radio se hizo popular en cosméticos y aún en dentífricos

## Las ‘chicas del radio’

Un grupo de trabajadores que fue devastado por la falta de medidas de protección radiológica pasó a la historia con el nombre de ‘las chicas del

radio' (ver Figura 10). Las chicas del radio fueron trabajadoras de fábricas que incorporaron grandes actividades de radio a causa de su trabajo, el que había consistido en aplicar pintura luminiscente radiactiva a esferas de relojes. Solo en 1920, se produjeron 4 millones de relojes con números luminosos que contenían radio.



27

**Figura 10: Las 'chicas del radio', trabajadoras de fábricas de relojes que incorporaron grandes actividades de radio mientras aplicaban pintura luminiscente radiactiva a las esferas de los relojes**

Estas trabajadoras ingirieron dosis muy altas de radio porque lamían los pinceles para dibujar las líneas finas de los relojes. Algunas también se pintaron las uñas con la pintura. Como resultado, casi todas enfermaron gravemente y muchas murieron. Aunque originalmente no se conocía la nocividad del radio, la notable acumulación de enfermedades se ignoró e incluso se ocultó durante años. Muchas de las mujeres contrajeron anemia, huesos fracturados y necrosis de la mandíbula, que más tarde se conoció como 'mandíbula de radio'. Se cree que estudios de rayos X de médicos examinadores contribuyeron a un mayor deterioro. Varios patólogos atribuyeron las muertes de las trabajadoras a otras causas: la sífilis fue un intento para socavar la reputación de las mujeres al mismo tiempo.

### **Conocimiento inicial de los efectos dañinos de la radiación**

Ya en 1896, aparecieron informes sobre lo que ahora se clasificaría como una lesión por radiación ocupacional, en términos de radiodermatitis y daño por radiación en las manos y los dedos<sup>11, 12</sup> (ver Figura 11).



**Figura 11: Las lesiones debidas a la exposición ocupacional a la radiación se hicieron evidentes, en términos de radiodermatitis y daño por radiación en las manos y los dedos,**

El uso cada vez mayor de los nuevos fenómenos condujo a muchos más casos de daño por radiación ocupacional a radiólogos y radioquímicos, particularmente a aquellos que trabajaban con el peligroso radio. Sin embargo, el desconocimiento de los mecanismos que provocaban tales lesiones en ese momento hizo que la protección radiológica ocupacional fuera prácticamente inexistente y la exposición ocupacional provocó numerosas lesiones, especialmente en la manos. Por lo tanto, el cáncer de piel se describió temprano como una lesión por radiación ocupacional<sup>13</sup>. Rápidamente quedó claro que la exposición a la radiación ocupacional podría ser letal.

---

<sup>11</sup> Drury, H.C., 1896. Dermatitis caused by Roentgen X-rays. Br. J. Med. 2, 1377.

<sup>12</sup> Leppin, O., 1896. Aus kleine Mitteilungen. Wirkung der Roöntgenstrahlen auf die Haut. Dtsch. Med.

Wschr. 28, 454.

<sup>13</sup> Frieben, A., 1902. Demonstration eines Cancroid des rechten Handrücken, das sich nach langdauernder Einwirkung von Roöntgenstrahlen entwickelt hat. Fortschr. Roöntgenstr. 6, 106–111.

El desconocimiento sobre protección radiológica en aquellos primeros tiempos era notorio: las primeras guías de protección radiológica incluían una curiosa medida de protección: recubrir la piel con vaselina y dejar una capa extra en la zona más expuesta<sup>14</sup>.

### **La protección radiológica de los radiólogos**

Pero naturalmente serían los profesionales médicos, los radiólogos, quienes dieran pasos en la dirección de lo que hoy se define como protección radiológica ocupacional. La ‘práctica’ de la radiología tuvo una gran expansión y en su afán diagnóstico y también por desconocimiento de los efectos nocivos de la radiación, los radiólogos se vieron muy expuestos (ver Figura 12) Se ha informado que varios cientos de trabajadores médicos murieron a causa del daño por radiación<sup>15</sup>.



**Figura 12: La ‘práctica’ de la radiología tuvo una gran expansión y los radiólogos se vieron muy expuestos**

Así que fueron los radiólogos quienes emprendieron una iniciativa internacional de protección radiológica: la creación del embrión de la ICRP.

---

<sup>14</sup> Fuchs, W., 1896. Simple recommendations on how to avoid radiation harm. Western Electrician 12.

<sup>15</sup> Molineus, W., Holthusen, H., Meyer, H., 1992. Ehrenbuch der Radiologen aller Nationen, third ed. Blackwell Wissenschaft, Berlin.

En 1928, en el segundo Congreso Internacional de Radiología que tuvo lugar en Estocolmo, Suecia se creó el Comité Internacional de Protección contra los rayos X y el radio (IXRPC) (Ver Figura 13)<sup>16</sup>, el que con el tiempo evolucionaría a la ICRP actual. Este Comité fue originalmente creado para responder a las crecientes preocupaciones sobre los efectos de la radiación ionizante que se observan en la comunidad médica (es decir, los radiólogos), pero eventualmente sería reestructurado para tener mejor en cuenta los usos de la radiación fuera del área médica y se re-denominaría con su nombre actual de ICRP en 1950. Pero indudablemente el origen de esta institución señera para la protección radiológica tuvo el propósito de la protección radiológica ocupacional, es decir, de proteger a los radiólogos contra los efectos perjudiciales de la exposición a la radiación.



**Figura 13: Comité Internacional de Protección contra los Rayos X y el Radio fue creado en el segundo Congreso Internacional de Radiología, en Estocolmo, Suecia, en 1928**

Las primeras recomendaciones de este primigenio Comité pueden considerarse las bases de la protección radiológica ocupacional. Identifican los efectos detrimentales que se venían descubriendo: lesiones en los tejidos superficiales; trastornos de los órganos internos; y, cambios en la sangre. Las recomendaciones, por vez primera reclaman que se debe proporcionar una protección adecuada y condiciones de trabajo adecuadas y que los empleadores (en aquel tiempo los encargados de los

---

<sup>16</sup> Sievert, R.M., 1957. The International Commission on Radiological Protection (ICRP). In: International Associations. Union of International Associations, Palais d'Egmont, Brussels, pp. 3-7.



departamentos de rayos X y radio) debían garantizar tales condiciones para su personal.

Pero estas recomendaciones también reflejaban el amplio desconocimiento sobre la materia que había en ese momento. Entre otras cosas recomendaban que los consultorios radiológicos debía estar situados por debajo del nivel del suelo, y que debían estar provistas de: ventanas que brindaran buena iluminación natural e instalaciones preparadas para admitir la luz del sol y el aire fresco, y de ‘ventilación de escape’ adecuada capaz de renovar el aire de la habitación no menos de 10 veces por hora; y de entradas y salidas de aire dispuestas para permitir una ventilación transversal. Mas aun, ¡se recomendaba que todas las habitaciones debían estar preferiblemente decoradas en colores claros!

En resumen, la disciplina que hoy denominamos 'protección radiológica' se generó con fines de protección ocupacional solamente, donde los 'trabajadores' eran los médicos, y estaba solo dedicada a las 'prácticas' de radiología y terapia con radio y no a las otras incipientes industrias y espectáculos que hacían uso de las propiedades de la radiación y el radio.

Es de hacer notar que el término médico denominado ‘practica’ permanecerá en uso en la profesión aplicado a cualquier actividad, y definido como ‘toda actividad humana que introduce fuentes de exposición o vías de exposición adicionales o extiende la exposición a más personas o modifica el conjunto de las vías de exposición debidas a las fuentes existentes, de forma que aumente la exposición o la probabilidad de exposición de personas o el número de las personas expuestas’ El concepto eventualmente evolucionaría al concepto de "situaciones de exposición planificadas", actualmente simplemente definidas como ‘aquéllas que involucran la introducción y la operación planificada de fuentes’.

También es de destacar que en aquellos comienzos el foco estaba en las maquinas de rayos x y los productos conteniendo radio únicamente. La exposición a radiación natural de fondo se ignoraba, por la simple razón que su misma existencia se ignoraba.

### **III. EVOLUCIÓN**

La evolución de la protección radiológica comenzo en los años 30 y quizás una buena manera de iniciar esta nueva saga es recordar como se inicio la regulación de la protección. El primer instrumento regulatorio fue una ley establecida por el parlamentote la República Oriental del Uruguay.

Si, aunque parezca increíble, la regulación de la protección radiológica de inició en Latinoamérica.

En las primeras décadas de esta evolución, el progreso fue limitado y se vió seriamente interrumpido por los avatares de la Segunda Guerra Mundial. Pero luego de la guerra se produciría un verdadero renacimiento.

### **El lustro trascendental**

Sin lugar a dudas el periodo más trascendental de la historia de la protección radiológica es el lustro que va desde 1955 a 1960. Ocurren en ese período acontecimientos que modelaran el devenir de esta profesión.

#### *La creación de UNSCEAR*

El primer evento de aquel lustro que seria de gran importancia para la protección radiológica ocupacional fue la creación del ***Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica*** (UNSCEAR) el que proveeria de allí en mas el imprescindible consenso científico universal solo los efectos dañinos para la salud de las radiaciones ionizantes.

En efecto, al comienzo de aquel lustro, y supuestamente con la intención de desviar una propuesta que pedía el fin inmediato de todas las explosiones nucleares, se propuso a la Asamblea General de las Naciones Unidas que estableciera un Comité para recopilar y evaluar información sobre los niveles y efectos de la radiación ionizante. Es así que el 3 de diciembre de 1955, la Asamblea General aprobó por unanimidad la resolución 913 (X), que estableció el (UNSCEAR). Desde sus comienzos, el Comité estuvo compuesto por científicos de alto nivel. En el primero, estos científicos provinieron de 15 Estados miembros designados de la ONU, a saber, Argentina, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Checoslovaquia, Egipto, Francia, India, Japón, México, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos y la ex-URSS.

#### *La creación del OIEA*

El otro evento de este lustro que seria trascendental para la protección radiología ocupacional fue la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Bajo la égida del OIEA se desarbolarían las normas de protección radiológica ocupacional que hoy en día gobiernan a esta disciplina.

A comienzos de 1955, se comenzó a redactar el proyecto de Estatuto del OIEA y en Julio de ese año se celebró en Ginebra la Primera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre el Uso Pacífico de la Energía Nuclear, una reunión científica memorable a la que asistieron más de 1 500 delegados. En 1956, en una conferencia de 82 Estados celebrada en octubre en la sede de las Naciones Unidas, en Nueva York, los Estados aprueban el Estatuto del OIEA. El Estatuto incorpora responsabilidades tanto sobre el control como sobre el desarrollo de la energía nuclear exclusivamente para fines pacíficos, pero específicamente, el Estatuto establece que una función crucial del OIEA es *establecer o adoptar, en consulta, y cuando proceda, en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad (inclusive normas de seguridad sobre las condiciones de trabajo), y proveer a la aplicación de estas normas... a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en el campo de la energía atómica.*

El OIEA nace oficialmente el 29 de julio de 1957, día en que el Estatuto es ratificado por el número requerido de Estados Miembros. En octubre de ese año, los delegados de 59 Estados asisten a la Primera Conferencia General del OIEA en Viena (Austria). La Primera Junta de Gobernadores del OIEA consta de 23 Estados Miembros: Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Checoslovaquia, Corea, Estados Unidos, Francia, Guatemala, India, Indonesia, Italia, Japón, Pakistán, Perú, Portugal, Reino Unido, República Árabe de Egipto, Rumania, Sudáfrica, Suecia, Turquía y la Unión Soviética.

### La re-creación de la ICRP

Otro evento significativo el lustro es la recreación de la ICRP. La ICRP proveería el paradigma universal que forma la base de la protección radiológica ocupacional.

Después de la parálisis impuesta por la segunda Guerra Mundial, el ICRP volvió a reunirse a comienzos de los 50 y se reorganizó en la actual ICRP. La recreada ICRP se reunió en la primavera de 1956 en Ginebra. En esta reunión, la ICRP se afilió formalmente a la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una “organización no gubernamental participante”. En 1959, también se había establecido una relación formal con la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA), y también se establecieron diversas formas de relación con UNSCEAR, la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), la Organización para la Agricultura y la Alimentación

(FAO), la Organización Internacional de Normalización (ISO) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Significativamente la ICRP aprobó la primera recomendación de su estructura actual. La Publicación 1 de la ICRP, Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, fue publicada por Pergamon Press en Nueva York en 1959<sup>17</sup>.

### *El establecimiento de la Convención 1960*

Pero posiblemente, el hecho más significativo para la protección radiológica ocupacional, el que ocurre al final de este increíble lustro, fue la adopción bajo la égida de la OIT de la Convención (o Convenio) sobre protección radiológica, número 115.<sup>18</sup>

El Consejo de Administración de la entonces Oficina Internacional del Trabajo se reunió en su cuadragésima cuarta reunión el 1 de junio de 1960, y decidió la adopción de ciertas propuestas relativas a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, determinó que dichas proposiciones revisten la forma de un convenio internacional. Por lo tanto adoptó, con fecha veintidós de junio de mil novecientos sesenta, el Convenio, que sería citado como el la Convención o Convenio sobre protección radiológica, 1960.

La Convención 1960 introdujo por vez primera obligaciones legales vinculantes respecto a la protección radiológica ocupacional. Todo Miembro de la Organización Internacional del Trabajo que ratificara la Convención se comprometía a hacerla efectivo por medio de leyes o reglamentos, repertorios de recomendaciones prácticas u otros medios apropiados, con el proviso que al aplicar las disposiciones de la Convención, la autoridad competente consultará a los representantes de los empleadores y de los trabajadores. Mas aún se especifica claramente que la Convención aplica a todas las actividades que entrañen la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes en el curso de su trabajo.

La Convención ha tenido una amplia ratificación pero hay algunos países importantes que no la han ratificado. Los país ratificantes, y fecha de

---

<sup>17</sup> ICRP, 1959. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Now known as ICRP Publication 1. Pergamon Press, New York.

<sup>18</sup> [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID,P12100\\_LANG\\_CODE:312260,es:NO](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID,P12100_LANG_CODE:312260,es:NO)

ratificación son los siguientes: Argentina 15 jun 1978; Azerbaiyán 19 de mayo de 1992; Barbados 8 de mayo de 1967; Bielorrusia 26 de febrero de 1968; Bélgica 2 de julio de 1965; Belice 15 de diciembre de 1983; Brasil 05 Sep 1966; Chile 14 oct 1994; Chequia 1 de enero de 1993; Dinamarca 7 de febrero de 1974; Djibouti 03 Ago 1978; Ecuador 09 Mar 1970; Egipto 18 de marzo de 1964; Finlandia 16 de octubre de 1978; Francia 18 de noviembre de 1971; Alemania 26 de septiembre de 1973; Ghana 7 de noviembre de 1961; Grecia 04 junio 1982; Guinea 12 de diciembre de 1966; Guyana 08 junio 1966; Hungría 08 jun 1968; India 17 de noviembre de 1975; Irak 26 de octubre de 1962; Italia 5 de mayo de 1971; Japón 31 de julio de 1973; Kirguistán 31 de marzo de 1992; Letonia 8 de marzo de 1993; Líbano 6 de diciembre de 1977; Lituania 27 de mayo de 2013; Luxemburgo 8 de abril de 2008; México 19 oct 1983; Países Bajos 29 de noviembre de 1966; Nicaragua 01 Oct 1981; Noruega 17 de junio de 1961; Paraguay 10 Jul 1967; Polonia 23 de diciembre de 1964; Portugal 17 de marzo de 1994; República de Corea 7 de noviembre de 2011; Federación de Rusia 22 de septiembre de 1967; Eslovaquia 1 de enero de 1993; España 17 julio 1962; Sri Lanka 18 de junio de 1986; Suecia 12 de abril de 1961; Suiza 29 de mayo de 1963; República Árabe Siria 15 de enero de 1964; Tayikistán Turquía 15 de noviembre de 1968; Ucrania 19 de junio de 1968; Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte 9 de marzo de 1962; y, Uruguay 22 Sep 1992.

### **Primeros requerimientos**

Inmediatamente después del increíble lustro 1955-1960 comienza un período de crecimiento reciente de requerimientos relacionados con la protección radiológica ocupacional. Pareciera que hay un consenso universal para responder al llamado de la Convención 1960 de la ILO: *“A la luz de los conocimientos disponibles en ese momento, se adoptarán todas las medidas oportunas para garantizar una protección eficaz de los trabajadores, en lo que respecta a su salud y seguridad, contra las radiaciones ionizantes.”*

#### *Las recomendaciones primeras*

La Publicación 1 de la ICRP introduce la primera definición de *exposición ocupacional* en lo que eventualmente sería el paradigma fundamental de la protección radiológica. El párrafo 37 indica que *la exposición de un individuo que normalmente trabaja en un área controlada constituye una exposición ocupacional*, y el 71 indica que *se establecerá un área controlada donde las personas ocupacionalmente expuestas puedan recibir dosis superiores a 1,5 rems/año*.

La Publicación 1 también establece la primera definición del concepto de *dosis máxima permisible*. El párrafo 47 establece que *la dosis total máxima permisible acumulada en las gónadas, los órganos hematopoyéticos y el cristalino de los ojos a cualquier edad mayor de 18 años se regirá por la relación  $D = 5 (N - 18)$ ; donde:  $D$  es la dosis tisular en rems, y  $N$  es la edad en años.*

Estas dos decisiones fundamentales marcan el comienzo del paradigma internacional sobre la protección radiológica ocupacional. La definición de exposición ocupacional de mantendría en su términos generales pero con varias acepciones que no se han resuelto hasta el día de hoy. Sin embargo, la limitación de dosis sufriría un cambio conceptual profundo: mientras que esta primerarecoemndacion intenta limitar la dosis acumulada, el paradigma terminara decidiendo por la limitación de las dosis diferenciales anuales comprometidas.

### Las bases del paradigma

Una de las primeras iniciativas para recomendar un paradigma de protección, completo, fundado y universal fue la publicación de la Publicación 9 de la ICRP<sup>19</sup>, la que había sido adoptada el 17 de septiembre de 1965.

Los principios básicos subyacentes al paradigma que forma la base de las recomendaciones de la ICRP se comienzan a formular por vez primera en esta Publicación. Los objetivos de la protección radiológica son claramente definidos por vez primera como *prevenir los efectos agudos de la radiación y limitar los riesgos de los efectos tardíos a un nivel aceptable*, incluyendo discusiones sobre *el concepto de riesgo aceptable*, y clarificando que *los efectos agudos suelen manifestarse unas pocas semanas después de la exposición[y] los efectos tardíos pueden tener un período de latencia de decenas de años.*

La Publicación 9 introduce por vez primera una serie de conceptos sobre los cuales se construirá el paradigma de la protección radiológica ocupacional. El equivalente de dosis, la influencia de la tasa de dosis, los órganos y tejidos críticos, y los conceptos de riesgo y de riesgo aceptable son parte de los nacientes modelos. También por primera vez se introduce el concepto de categorías de exposición, se diferencia la exposición de

---

<sup>19</sup> ICRP, 1966. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 9. Pergamon Press, Oxford.

individuos y la exposición de las poblaciones y se separa y distingue a los miembros del público de los trabajadores. Más aún se diferencia las fuentes de exposición controlables y las no controladas y se desiguala la limitación de exposiciones de fuentes controlables de los niveles de acción para exposiciones de fuentes no controladas

La publicación 9 también introduce el primer sistema de limitación de dosis para exposiciones de fuentes controlables, separando a la exposición de individuos miembros del público de la exposición ocupacional y resuelve la transición demandada por las personas expuestas de acuerdo con las dosis máximas permisibles anteriores.

Otra novedad que la publicación 9 introduce son las limitaciones para la exposición de mujeres en capacidad reproductiva y la exposición de mujeres embarazadas, incluyendo la de los exámenes radiológicos de mujeres con capacidad reproductiva

Sorprendentemente la Publicación 9 también introduce por vez primera la consideración de la distribución logarítmica normal de la exposición ocupacional y sus consecuencias.

En aquellos momentos existían muchas dudas sobre los efectos heredables causados por la exposición a la radiación. Por ello, la Publicación 9 dedica atención a la exposición de las poblaciones e introduce los conceptos de dosis genética y su evaluación y el de límite de dosis genética y analiza los contribuyentes a la dosis genética

La distinción entre la exposición ocupacional, la exposición pública y la exposición médica introducida por la Publicación 9 se mantendrá en toda la evolución del paradigma de protección radiológica.

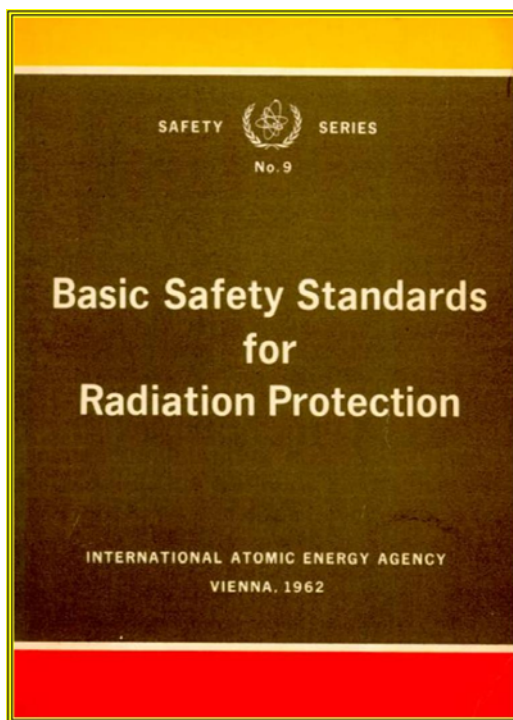
Notablemente para la protección radiológica ocupacional, la Publicación 1 introduce el concepto de niveles de acción para exposiciones de fuentes no controladas y analiza problemas que aún hoy no se han resuelto completamente tales como: las exposiciones anormales de los trabajadores a la radiación, las exposiciones de emergencia, y las exposiciones accidentales.

La publicación 9 también introduce por primera vez los principios generales para la protección radiológica operacional para la protección radiológica de los trabajadores, incluyendo los programas de protección radiológica y de vigilancia de la salud, el mantenimiento de registros, y el conflictivo tema de la horas de trabajo y duración de las vacaciones.

En resumen, la Publicación 9 de la ICRP fue un presentó un buen consenso sobre el periodo de evolución de la protección radiológica ocupacional.

### **Las Normas tempranas**

Mientras tanto comenzaron a aparecer las primeras normas de seguridad internacionales. Ya en la década de los 60, y de conformidad con las disposiciones de su Estatuto relativas a la adopción y aplicación de normas de seguridad para la protección contra las radiaciones, el OIEA convocó a un grupo de expertos que formuló las primeras Normas Básicas de Seguridad para la Protección Radiológica de carácter internacional (ver Figura). La Junta de Gobernadores del OIEA en junio de 1962 aprobó las Normas y autorizó al Director General del OIEA a aplicar las Normas en las operaciones del OIEA y asistidas por el OIEA e invitar a los gobiernos de los Estados miembros para tomarlas como base al formular reglamentos o recomendaciones nacionales sobre protección contra los peligros derivados de las radiaciones ionizantes (ver Figura 14).



**Figura 14: Cubierta de la primera norma internacional de protección radiológica**

Estas primeras normas se revisaron en 1967. Estos documentos fueron desarrollados con la participación de expertos de la OIT y contienen



las primeras normas internacionales para la protección radiológica ocupacional.

### **Desarrollo de un índice de daño**

Un paso importantísimo en el desarrollo del paradigma de la protección radiológica se dio con la primera decisión sobre un método para juzgar la aceptabilidad del nivel de riesgo en el trabajo con radiación. Esto se logró mediante el desarrollo de un índice de daño por parte de la ICRP<sup>20</sup>. En abril de 1973, la ICRP solicitó al renombrado epidemiólogo inglés, Sir Edward Pochin, que preparara un informe sobre los problemas que implicaba comparar la seguridad de diferentes industrias, incluidas las que implicaban exposición a la radiación, teniendo en cuenta el hecho de que los tipos de lesiones o enfermedades inducidas, y su severidad y frecuencias relativas, pueden diferir completamente en diferentes ocupaciones.

Así se llevó a cabo un estudio muy detallado de las muertes y graves lesiones ocupacionales atribuibles al trabajo en distintas industrias en Inglaterra. Comparando esos valores con el conocimiento que se disponía entonces de los riesgos de la exposición a la radiación derivados de los estudios de las cohortes de Hiroshima y Nagasaki se revalidó el límite ocupacional recomendado por la ICRP.

La ICRP aclaró que la muerte se había utilizado comúnmente como un índice de la seguridad o daño comparativo de diferentes industrias y la frecuencia de muertes atribuibles a causas ocupacionales claramente tiene una cierta validez como para utilizarla para buscar un índice de daño atribuible a la exposición ocupacional a la radiación. De esta manera, la ICRP basa las estimaciones del riesgo de exposición a la radiación en la probabilidad de que una exposición determinada pueda inducir una forma mortal de cáncer, y la tasa de mortalidad estimada se compara con la de la frecuencia de muertes accidentales en otras ocupaciones.

Este criterio simple, aunque fácilmente calculable e inequívoco, tiene numerosas limitaciones. En primer lugar, omite la consideración de todas las lesiones, enfermedades y lesiones permanentes no mortales y discapacidades, que pueden ser muy frecuentes en muchas ocupaciones. Sin embargo, la ICRP consideró que es improbable que la radiación, en las dosis bajas involucradas en la mayoría de las exposiciones ocupacionales,

---

<sup>20</sup> ICRP, 1977. Problems Involved in Developing an Index of Harm. ICRP Publication 27. Ann. ICRP 1 (4).

cause un número sustancial de lesiones no fatales y, por lo tanto, si una ocupación que implica exposición a la radiación es más segura que otras ocupaciones en términos de muertes inducidas, debería ser aún más segura en términos de efectos no fatales.

Una segunda limitación radicaba en la diferencia entre una cierta frecuencia de muertes inmediatas por accidentes y una frecuencia igual de muertes tardías por diversas formas de enfermedades malignas atribuibles a la radiación, y la mayor aprensión que es probable que suceda con las últimas. Además, lo primero puede atribuirse, con razón o sin ella, a la falta de habilidad de la víctima, mientras que lo segundo puede considerarse como un riesgo más fortuito, en el que interviene una cierta proporción de personas que trabajan correctamente y por igual dentro de un mismo margen de límites permitidos de exposición.

Un tercer defecto en el uso exclusivo de las tasas de mortalidad es que la duración de la vida perdida por las muertes puede ser más importante que el hecho de la muerte misma. Es decir que la distribución de edad observada o esperada de las muertes necesitaba alguna consideración,

Más aún, la evaluación se ocupó esencialmente del daño de los eventos, y no adecuadamente de las ansiedades acerca de su ocurrencia, aunque estas ansiedades son muy diferentes en diferentes ocupaciones. En particular, existe una gran diferencia entre un riesgo dado de muerte accidental, que el trabajador puede sentir, con razón o sin ella, que puede evitar con su propia habilidad, y un riesgo igual de muerte por una enfermedad maligna inducida por radiación en el ambiente normal de trabajo. Tales inquietudes, por parte del trabajador o de su familia, variarán de acuerdo con la publicidad, el secretismo o sucesos fortuitos relacionados con tales enfermedades. Es posible que estas ansiedades no impliquen un daño comparable con el de la enfermedad real o las muertes que ocurren, pero pueden afectar a un gran número de trabajadores que nunca desarrollarán tales enfermedades y claramente hubiesen requerido una consideración más completa.

De manera similar, la contribución al daño de los accidentes y enfermedades se ha considerado solo sobre la base de muy pocas encuestas para ser confiable, y la importancia de, por ejemplo, las muertes por enfermedades industriales o el daño al feto en trabajadoras embarazadas, hubiese necesitado más estudio. Además, el daño por efectos heredables también hubiese requerido una evaluación más completa.

También se hubiese debido tener en cuenta varias otras limitaciones epistemológicas, por ejemplo: las diferencias probables en la duración de la vida perdida por muerte accidental y por tumores malignos inducidos por radiación; la mayor duración media de la vida perdida por muertes accidentales que por la suma de los períodos de ausencia en el trabajo, para ocupaciones de riesgo sustancial; la relación no lineal entre la frecuencia de muertes accidentales y la de lesiones accidentales; y, la contribución relativamente pequeña al tiempo perdido, de las enfermedades profesionales en la mayoría de las industrias.

Al mismo tiempo, sin embargo, algún "índice de daño" era esencial para comparar la seguridad de las ocupaciones que involucran exposición a la radiación con la de otras ocupaciones existentes. Y es así que pese a todas estas limitaciones descritas la ICRP evaluó un índice de daño y derivó del mismo los límites ocupacionales que aun rigen actualmente aun reconociendo las limitaciones del índice sugerido

El valor de 50 milliSievert por año (mSv/a como límite de las dosis ocupacionales se deriva de este análisis de índice de daño. Es el único valor del sistema de limitación de dosis que tiene una racional cuantitativa que lo apunta.

Lo que es menos sostenible es el valor del límite para el público. La ICRP decidió utilizar un décimo del valor ocupacional; la lógica detrás de esta decisión nunca fue clara. Así se decidió el límite de 5 mSv/a que se utilizó durante muchos años para miembros del público.

Varios años después, se reevaluaron los resultados epidemiológicos de la cohorte de Hiroshima y Nagasaki sobre la base que habían ocurrido errores en la evaluación dosimétrica (no se había considerado el nivel de humedad y su efecto en la moderación de la radiación neutrónica). Como resultado se consideró que la estimación de riesgo derivada de esta cohorte debía multiplicarse por 5. La ICRP decidió entonces reducir el valor de 5 milliSv por año al famoso **1 mSv/a** que se ha transformado en la base de la protección radiológica del público y la causa de muchos malos entendidos sobre la radiación.

Sin embargo no se aplicó el mismo criterio para el límite ocupacional que se mantuvo sin modificaciones pero con el proviso que no podía superar 100 milliSv en cinco años lo que introdujo un límite de facto de 20 mSv/a.

## **La Publicación 60 de la ICRP**

Se podría establecer al año 1990 como el del nacimiento del paradigma que conformaría a la protección radiológica ocupacional. En ese año se emitió la publicación 60 de la ICRP<sup>21</sup> en la que por vez primera se presentan las bases de ese paradigma.

La Publicación 60 analiza por vez primera las magnitudes utilizadas en la protección radiológica, tanto las magnitudes dosimétricas básicas, así como su ponderación por el tipo y energía de la radiación y por los tejidos afectados introduciendo el concepto nuevo de dosis efectiva. También lleva a cabo un análisis pormenorizado de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes e introduce el concepto de detrimento. Analiza en detalle los efectos determinísticos y estocásticos así como los efectos de la exposición prenatal

La Publicación 60 introduce por vez primera el marco conceptual de la protección radiológica, dividiendo las situaciones en ‘prácticas’ e ‘intervenciones’ y los principios que se convertirían en las bases éticas del sistema: la justificación de una práctica, a optimización de la protección y los límites individuales. También por vez primera se discute el tema de la exposición potencial.

La Publicación 60 dedica mucho esfuerzo sistema de protección en exposición ocupacional incluyendo a la optimización de la protección en la exposición laboral, los límites de dosis en exposición ocupacional y la exposición ocupacional de las mujeres. También aborda por vez primera la protección en la exposición médica, incluyendo la justificación de una práctica con exposición médica, la optimización de la protección en la exposición médica, los límites de dosis en exposición médica y la exposición médica de mujeres embarazadas

El sistema de protección de la exposición pública también se aborda en detalle, incluyendo la optimización de la protección en la exposición pública, los límites de dosis en la exposición pública y las exposiciones potenciales incluyendo límites y restricciones de riesgo individual.

La Publicación 60 dedica gran atención al sistema de protección en intervenciones incluyendo las bases de la intervención en la exposición pública y las situaciones en las que puede ser necesaria una acción correctiva. Se focaliza en algunas situaciones tales como las del radón en

---

<sup>21</sup> ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).

viviendas y los residuos radiactivos de eventos anteriores. Para accidentes y emergencias aborda la intervención que afecta al público y la limitación de la exposición ocupacional en emergencias.

La Publicación también incluye sugerencias administrativas para la implementación de las recomendaciones de la ICRP, incluyendo responsabilidad y autoridad, requisitos reglamentarios, la regulación de las prácticas, la regulación en el contexto de exposiciones potenciales, requisitos de gestión, clasificación de los lugares de trabajo y las condiciones de trabajo, guías operativas, niveles de referencia, servicios de protección y salud, evaluación de las dosis, cumplimiento del estándar de protección previsto, planificación de emergencias, y el aun irresuelto problema de la exclusión y exención de la normativa.

La Publicación 60 incluyo quizás una de las mejores recomendaciones de la ICRP y cambios posteriores, por ejemplo el cambio de prácticas e intervenciones a lo que hoy se denomina situaciones de exposición planeadas, de emergencia y existentes, no fue necesariammete beneficioso.

### **Las bases éticas**

El paradigma de protección que se estaba generando en aquellos momentos estaba basado en sólidas consideraciones éticas. Lamentablemente, la ICRP no las describió detalladamente en su momento, aunque fueron registradas en la literatura<sup>22, 23</sup>. La siguiente Figura 15 presenta las doctrinas éticas fundamentales y los aforismos que las describen sucintamente

---

<sup>22</sup> Gonzalez, A.J., 2011. *The ethical basis of the international principles of radiation protection* (in Spanish). Radioprotección. No.69. Vol.XIX, 2011.

<sup>23</sup> Gonzalez, A.J., 2011. The Argentine Approach to Radiation Safety: Its Ethical Basis. Science and Technology of Nuclear Installations. Volume 2011 Hindawi Publishing Corporation, Article ID 910718, doi:10.1155/2011/910718



Figura 15: las doctrinas éticas fundamentales y los aforismos que las describen

La Figura 16 presenta como los principios del paradigma de protección se identifican con las doctrinas éticas fundamentales



Figura 16: Los principios del paradigma de protección y las doctrinas éticas fundamentales

Solo recientemente la ICRP se ha hecho eco de la necesidad de describir las bases éticas<sup>24</sup>, pero lamentablemente esta publicación se centra en ‘valores’ y solo refiere a las doctrinas éticas en un apéndice incompleto.

#### **IV. CONSOLIDACIÓN**

Al final de esta historia se debe concluir que se ha consolidado un sistema internacional e intergubernamental de protección de los trabajadores contra la radiación que es realmente único en el campo laboral.

A continuación se describe resumidamente este exitoso régimen internacional de protección radiológica ocupacional

Este resumido en la figura siguiente:

- El UNSCEAR proporciona un consenso global sobre los niveles de la exposición ocupacional a la radiación y sobre los efectos en la salud atribuibles a esa exposición.
- La ICRP recomienda un paradigma para la protección radiológica ocupacional.
- La OIT armoniza los intereses de los gobiernos, los trabajadores y los empleadores y opera los convenios internacionales de protección y seguridad en el trabajo.
- El OIEA y la OIT, copatrocinadamente, establecen normas internacionales e intergubernamentales para la protección radiológica ocupacional.
- Los profesionales de la protección radiológica, reunidos en la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), aseguran la implementación de la normativa con sólidos mecanismos internacionales de fomento de su aplicación.

La Figura 17 resume el sistema:

---

<sup>24</sup> ICRP, 2018. Ethical foundations of the system of radiological protection. ICRP Publication 138. Ann. ICRP 47(1).



Figura 17: Representación del sistema internacional de protección radiológica ocupacional

Las funciones estatutarias del OIEA, las que se resumen en la Figura 18, han ayudado a consolidar el sistema-

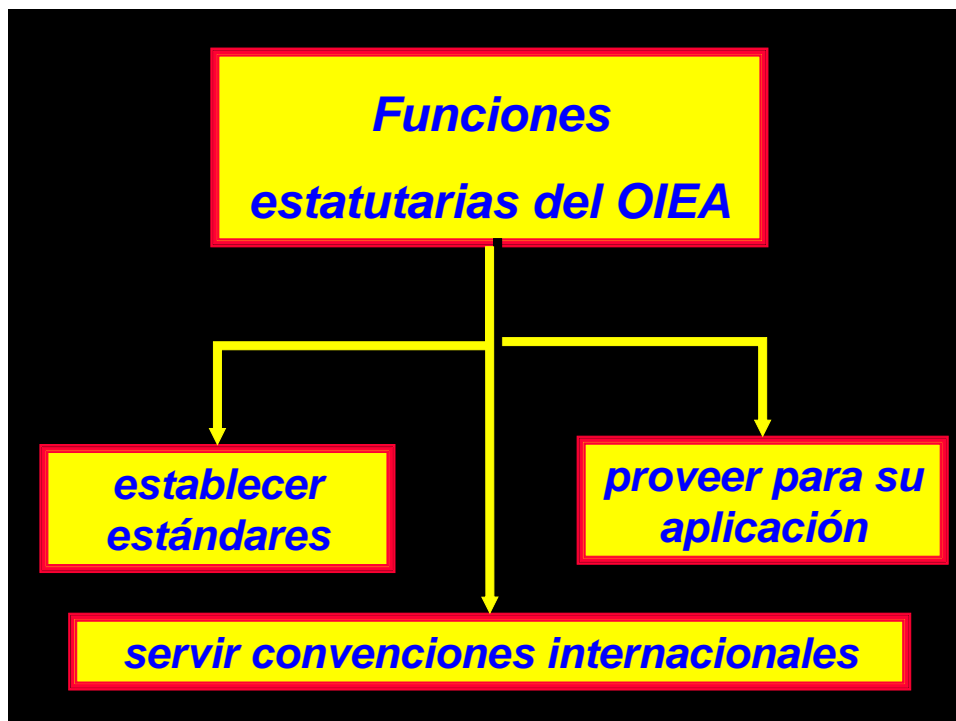


Figura 18: Las funciones estatutarias del OIEA



Los mecanismos de fomento de la aplicación de la normativa, los que son operados fundamentalmente por el OIEA, se describen en la Figura 19



Figura 19: Provisiones para la aplicación de los estándares

El régimen normativo es muy completo y se compone de un corpus conteniendo centenares de normas organizadas jerárquicamente en fundamentos, requerimientos mandatorios y guías como se presenta en la Figura 20 y de manera mas detallada en la Figura 21. Los *fundamentos* presentan los objetivos y principios fundamentales de protección y seguridad, y constituyen la base de los requisitos o *requerimientos* de seguridad. Estos son conjunto integrado y coherente de requisitos de seguridad que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Los *requerimientos* se rigen por los objetivos y principios de los *fundamentos*. Si los *requerimientos* no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. El formato y el estilo de los *requerimientos* facilitan su uso para establecer, de forma armonizada, un marco de regulatorios. En los *requerimientos* se emplean formas verbales imperativas, junto con las condiciones conexas que deben cumplirse. Muchos de los *requerimientos* no se dirigen a una parte en particular, por ejemplo a los empleadores, a los trabajadores o a las autoridades gubernamentales, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda. Mientras que las *guías* de seguridad ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los *requerimientos* de seguridad, lo que indica un consenso internacional en el sentido de que es

necesario adoptar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes). Las *guías* de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas internacionales y dan cuenta cada vez más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que tratan de alcanzar altos grados de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las *guías* de seguridad se emplean formas verbales condicionales.

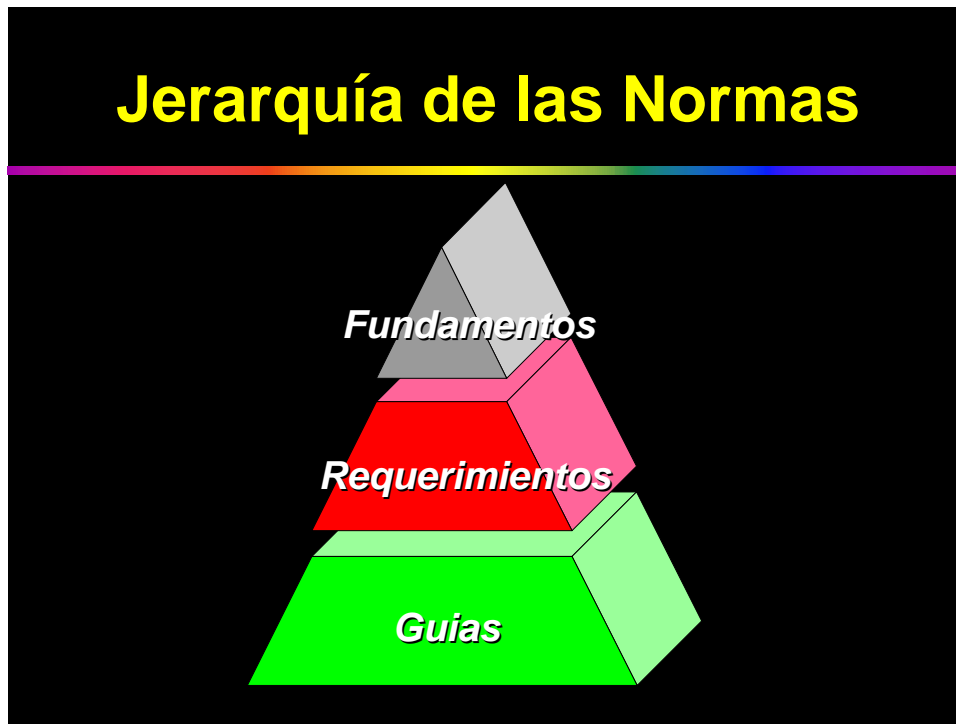
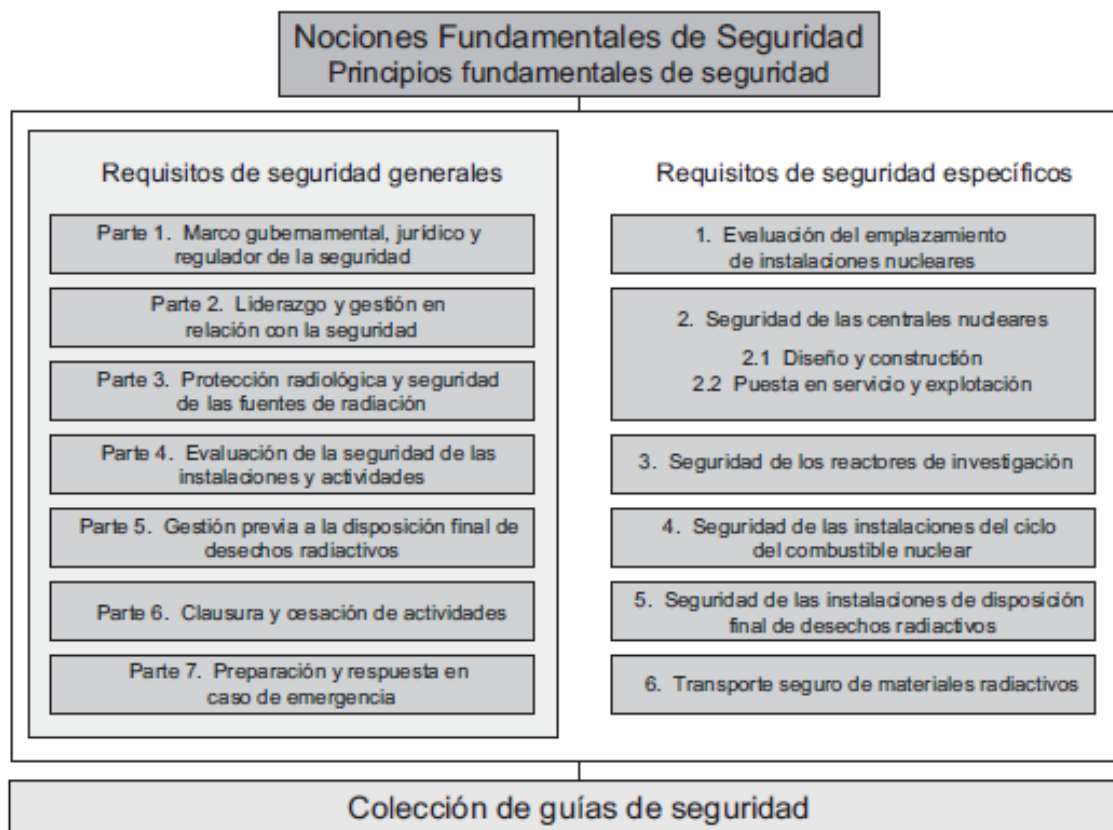


Figura 20: Jerarquía del sistema normativo



**Figura 21: Descripción detallada del sistema normativo**

Se debe destacar que el sistema nació y se consolidó como un sistema de protección ***ocupacional***, basado en tres elementos básicos: (i) designar como objetivo la protección de los trabajadores, inicialmente radiólogos y luego extendido a otras ocupaciones; (ii) considerar solo situaciones planificadas (las que fueron inicialmente denominadas ‘prácticas’; y (iii) implementar límites de dosis y satisfacerse con su cumplimiento. Los problemas de protección resolvían mediante la conculción de estas tres consideraciones, representadas en la figura en un cubo de tres caras (ver Figura 22).



**Figura 22: Los tres elementos básicos del sistema de protección ocupacional original**

El paradigma se complicó muchísimo, cuando ese cubo original se fue transformando en un cubo similar al de Rubik<sup>25</sup>, un verdadero rompecabezas tridimensional. En primer lugar al objetivo de la protección de los trabajadores se agregaron, en primer lugar, la protección de los miembros del público y, recientemente<sup>26</sup>, la protección de los pacientes; en segundo lugar a los límites de dosis se agregaron la justificación de las acciones y la optimización de la protección; y, finalmente, a las exposiciones planificadas se agregaron las emergentes y las existentes. (ver Figura 23)<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Ernő Rubik 1981. *A bűvös kocka* ("The Magic Cube"), Műszaki Kiadó, Budapest, 1981.

<sup>26</sup> IAEA, 2001. Radiological protection of patients in diagnostic and interventional radiology, nuclear medicine and radiotherapy. Proceedings of an international conference held in Malaga, Spain, 26–30 March 2001 / organized by the...[et al.]. Proceedings series, ISSN 0074–1884. STI/PUB/1113. ISBN 92–0–101401–5. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001.

<sup>27</sup> IAEA, 1998. Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control. Proceedings of an International Conference on Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control / jointly organized by the International Atomic Energy Agency and the World Health Organization, in co-operation with the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation and held in Seville, Spain, 17–21 November 1997. Proceedings series, ISSN 0074–1884. STI/PUB/1030. ISBN 92–0–102698–6. International Atomic Energy Agency, Vienna 1998.

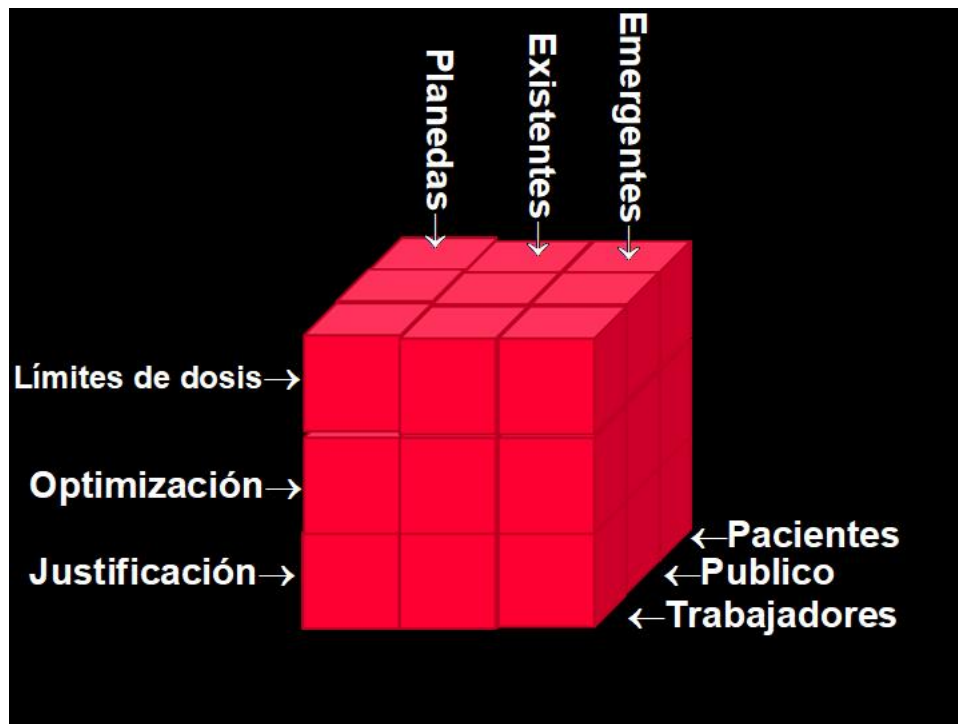


Figura 23: Elementos del paradigma actual

## V. DESAFIOS

La expansión del paradigma y del sistema que genera de los trabajadores al público y los pacientes, de la prácticas a las situaciones emergentes y a las existentes, y de los límites de dosis a la justificación y la optimización, ha dado lugar a numerosos problemas de aplicabilidad y a los consecuentes desafíos para la consolidación futura del sistema. Algunos de esos desafíos para la protección radiológica ocupacional se discutirán a continuación.

### La definición de exposición ocupacional

Aunque pueda parecer curioso el primer desafío futuro es la clarificación de lo que se denota con el término exposición ocupacional.

La introducción en el paradigma de las situaciones de exposición existentes, tales como la exposición a la radiación natural, y la protección de los miembros del público, ha generado dudas sobre lo que se entiende como exposición ocupacional. Las definiciones existentes varían muchísimo y no existe un claro consenso internacional sobre una definición precisa de este concepto fundamental para la protección radiológica ocupacional.

La Convención de la OIT establece que *‘este Convenio se aplica a todas las actividades que impliquen la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes en el curso de su trabajo’*.

Coherentemente con la definición de la Convención de la OIT, las normas internacionales definen exposición ocupacional como *exposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo, donde un trabajador es definido como toda persona que trabaja, ya sea en jornada completa, jornada parcial o temporalmente, por cuenta de un empleador y que tiene derechos y deberes reconocidos en lo que atañe a la protección radiológica ocupacional*.<sup>28</sup>

Estas definiciones podrían entenderse como que todos los trabajadores del mundo están sujetos a la Convención de la OIT y a la normativa internacional porque todos están expuestos a la radiación natural.

Sin embargo el Glosario internacional publicado bajo la égida del OIEA define exposición ocupacional como *toda exposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo, con la excepción de las exposiciones excluidas y las exposiciones debidas a prácticas o fuentes exentas*<sup>29</sup>.

Mientras tanto la ICRP define en su paradigma la exposición ocupacional como que *se refiere a todas las exposiciones incurridas por trabajadores en su trabajo, con excepción de 1) las exposiciones debidas a actividades exentas que involucran niveles de radiación o fuentes exentas; 2) las exposiciones médicas; y 3) las debidas al fondo local de origen natural*.<sup>30</sup>

---

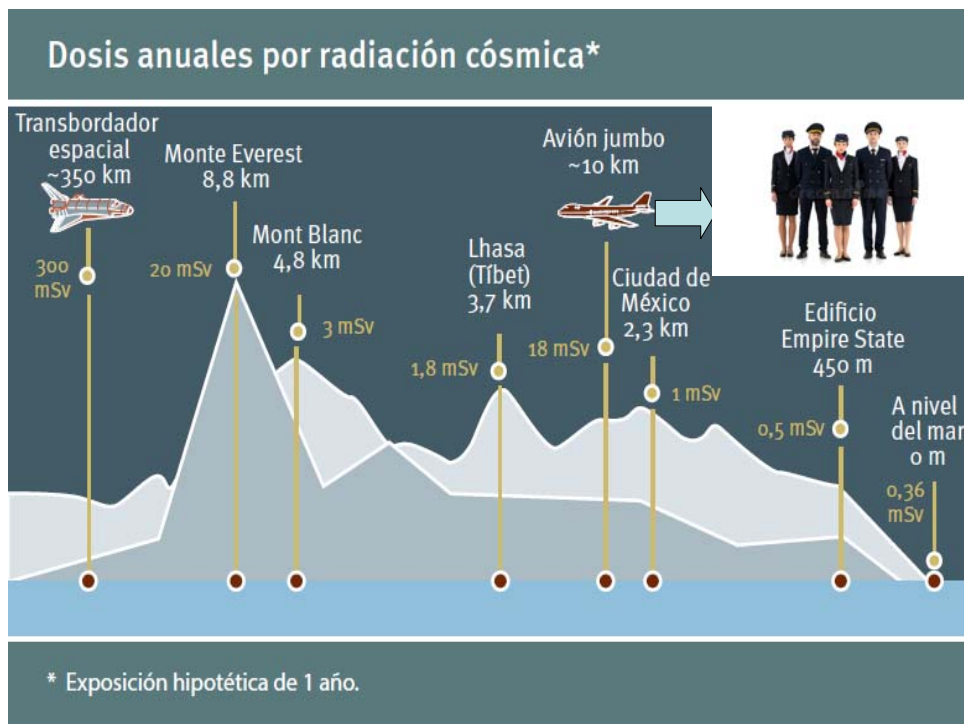
<sup>28</sup> OIEA, 2016. *Protección Radiológica Y Seguridad De Las Fuentes De Radiación: Normas Básicas Internacionales De Seguridad. DEFINICIONES*. STI/PUB/1578 ISBN 978-92-0-307915-0 ISSN 1020-5837. OIEA, VIENA, 2016

<sup>29</sup> IAEA, 2007. IAEA safety glossary: Terminology used in nuclear safety and radiation protection: 2007 edition. STI/PUB/1290 ISBN 92-0-100707-8 International Atomic Energy Agency, Vienna 2007.

<sup>30</sup> ICRP, 2003 Publicación 103 ICRP. *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*. Traducción oficial al español de la Publicación ICRP n° 103. Llevada a cabo por la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Asociación de Profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Actividad Nuclear de Argentina, con la autorización de la International Commission on Radiological Protection (ICRP). **Página 24**. Sociedad Española de Protección Radiológica. ISBN: 978-84-691-5410-G. Depósito Legal: M-39224-2008 Edita: Senda Editorial S.A.. Imprime: Imgraf S.L. Madrid.

Dadas estas diferencias el desafío inmediato es responder a simple preguntas como estas:

- ¿Se encuentra comprendido bajo la Convención de la OIT y de la normativa internacional, un trabajador vive en un área de bajo nivel de radiación natural de fondo pero está empleado en un lugar de trabajo con alto nivel de radiación natural de fondo que puede ser disminuido por el empleador?. Esta situación puede ser muy común y afectar a millones de trabajadores.
- ¿Aplica el sistema internacional a las tripulaciones aéreas? Estas tripulaciones están sujetas a altos niveles de radiación cósmica. Los niveles de esta radiación han sido estimados por UNSCEAR y resumidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ver Figura 24)



**Figura 24: Las dosis anuales de radiación cósmica de las tripulaciones de aviones son muy superiores a las de los trabajadores empleados en lugares a nivel del mar**

La radiación cósmica es variable para distintas rutas y por lo tanto controlable por los empleadores variando la ruta de las tripulaciones,

- ¿Aplica el sistema internacional a los trabajadores en lugares subterráneos tales como minas distintas a las minas de uranio, ‘spas’, túneles, etc? Se debe destacar que UNSCEAR ha determinado que los trabajadores mas expuestos son los que se exponen a la radiación natural.

### **Atribución al trabajo de efectos en la salud versus inferencia de riesgos**

Un desafío importante para la protección radiológica ocupacional es poder responder inequívocamente a la siguiente pregunta:

- ¿Deberían equipararse las posibilidades comprobadas de trabajadores que se exponen a significativas dosis de radiación, de sufrir efectos de radiación para la salud, con conjeturas que infieren riesgos de efectos potenciales a bajas dosis?

Para analizar este problema es necesario referir a las bases del paradigma recomendado por la ICRP e incorporando en la normativa internacional de protección radiológica ocupacional. El paradigma implica una suposición conservadora: que el riesgo comprobado de la radiación en dosis altas también se puede conjeturar para dosis bajas, a pesar de la falta de evidencia directa que respalde tal conjetura. Como se verá más adelante UNSCEAR ha indicado que no se puede atribuir efectos en la salud a dosis bajas de radiación aún cuando se puede conjeturar una inferencia de riesgos.

Un área que ha recibido poca atención es la influencia en los riesgos atribuibles a la exposición ocupacional a la radiación, tanto de la tasa de dosis, como de la tasa de cambio de la tasa de dosis, es decir, de la primera y la segunda derivada temporal de la dosis. La tasa de dosis parece ser ciertamente relevante y la tasa de cambio de la tasa de dosis también puede serlo, pero la información disponible sobre esta última es mínima, aunque existe alguna evidencia experimental sobre su influencia<sup>31</sup>. Es de hacer notar que gran parte de la evidencia de los efectos dañinos de la radiación proviene de la cohorte de pobladores expuestos a la exposición a la radiación originada por las explosiones atómicas de Hiroshima y Nagasaki en Japón, y está muy claro que no solo la dosis, sino también la tasa de dosis y la tasa de cambio de la tasa de dosis para esas situaciones fue enorme. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones de exposición ocupacional a la radiación, la dosis y las tasas de dosis son bajas, y la variación de la tasa de dosis es baja y, por lo tanto, la tasa de cambio de la tasa de dosis es básicamente cero. La siguiente Figura 25 ilustra estas importantes diferencias.

---

<sup>31</sup> Karl Brehwens, Elina Staaf, Siamak Haghdoost, Abel J. González and Andrzej Wojcik, 2010. Cytogenetic Damage in Cells Exposed to Ionizing Radiation under Conditions of a Changing Dose Rate. RADIATION RESEARCH 173, 283–289 (2010) 0033-7587/10



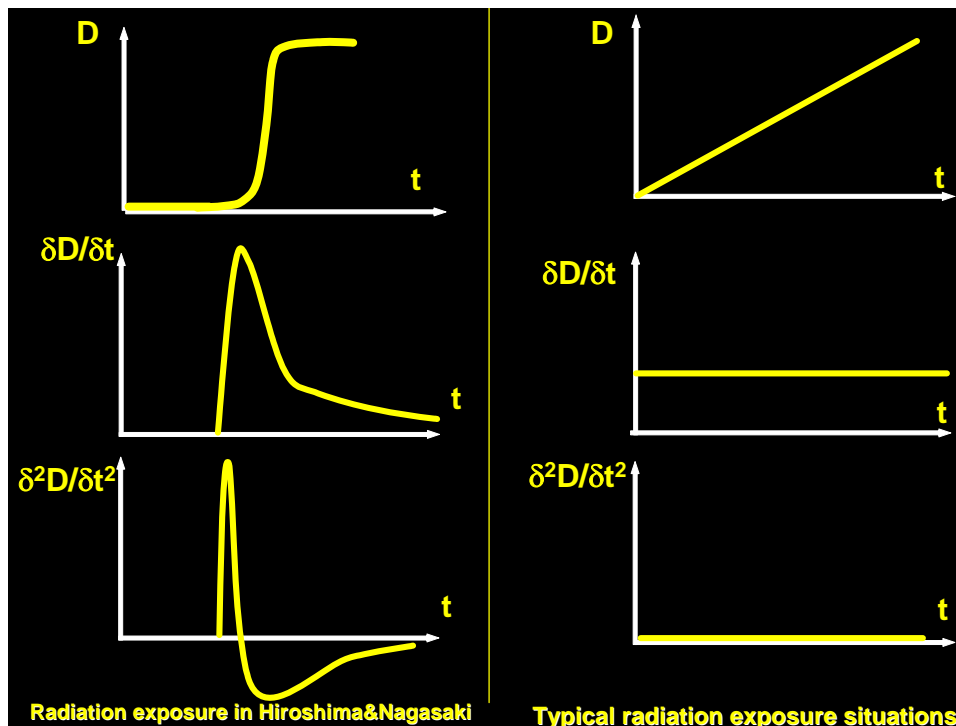


Figura 25: Diferencias en la dosis, la tasa de dosis y el cambio en la tasa de dosis entre la cohorte de Hiroshima & Nagasaki y la de trabajadores en situaciones típicas.

A la izquierda, la figura presenta la idolatrada variación temporal de dosis ( $D$ ), tasa de dosis ( $\delta D/\delta t$ ) y cambio de tasa de dosis ( $\delta^2 D/\delta t^2$ ) causada por las explosiones en Hiroshima y Nagasaki; a la derecha se presentan las mismas variables para una situación típica de exposición ocupacional a la radiación.

Una de las pocas situaciones de exposición ocupacional que presenta cambios en la tasa de dosis es la exposición de tripulantes de aviones a los rayos cósmicos durante algunos minutos después de la salida y antes del aterrizaje, donde varían tanto la tasa de dosis como la tasa de cambio de la tasa de dosis. Pero el cambio es protractado en el tiempo y, además, los datos epidemiológicos disponibles para estas cohortes son mínimos para estimar los efectos en la salud.

La ICRP ha informado que es consciente de que existen excepciones reconocidas a la suposición de una relación lineal entre probabilidad de efectos y dosis, independientemente de la tasa de dosis y de los cambios en la tasa de dosis. Pero aún juzga que, a los efectos de la protección radiológica, en el rango de dosis por debajo de aproximadamente 100 mSv, es plausible suponer que la incidencia de efectos perjudiciales puede aumentar en forma proporcional directa a un aumento de la dosis en los órganos y tejidos pertinentes, independientemente de la tasa de dosis y de

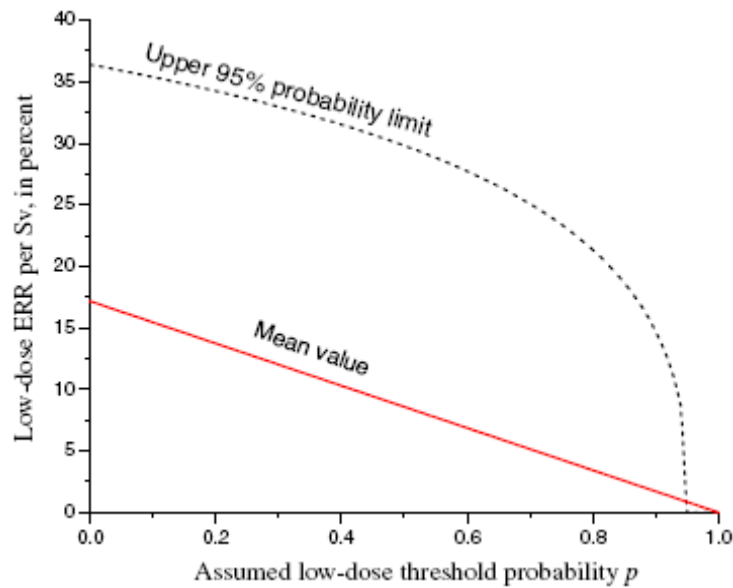
su posibles cambios. Por lo tanto, el paradigma recomendado por la ICRP se basa en la suposición de que a cualquier dosis, incluidas las dosis inferiores a unos 100 mSv, un incremento dado en la dosis producirá un incremento directamente proporcional en el riesgo (es decir, la probabilidad) de sufrir efectos atribuibles a la radiación. Las bases de la posición LNT de la ICRP se basa fundamentalmente en la asunción que el hecho de que los efectos sobre la salud no puedan atribuirse a dosis bajas de radiación no significa que el riesgo de radiación no pueda inferirse prospectivamente con fines de protección radiológica en situaciones de exposición planificada a dosis bajas. Estas dos premisas no son contradictorias, pero deben explicarse claramente para evitar que esta última pueda utilizarse como desencadenante de una sobreprotección contra la radiación que puede causar mas daño que beneficio a los trabajadores expuestos.

ICRP analizó profundamente el tema del riesgo de radiación en niveles bajos<sup>32</sup>, y concluyó que si bien observa que la existencia de un umbral de riesgo de dosis baja no parece improbable para los cánceres de ciertos tejidos relacionados con la radiación, la evidencia no favorece la existencia de un umbral de riesgo universal. Sobre la base de estudios de incertidumbre, extrapolación de dosis bajas y la hipótesis de la existencia de un umbral, y utilizando técnicas de incertidumbre cuantitativa, la ICRP analizó las consecuencias de permitir la posibilidad incierta de un umbral de riesgo.

Mediante el uso del enfoque de *reductio ad absurdum*, la ICRP concluyó que la posibilidad incierta de un umbral no reduce drásticamente las estimaciones centrales ni los límites superiores de probabilidad para el riesgo de dosis baja en comparación con los obtenidos utilizando un modelo sin umbral, a menos que la posibilidad de un umbral sea muy alta. Se llegó a esta importante conclusión analizando las implicaciones de un umbral de dosis baja posible, pero incierto, que se resumen en la dependencia del valor medio y el límite de probabilidad superior del 95 % del valor de probabilidad del umbral supuesto. La Figura 26 ilustra (en idioma inglés) la media y el límite superior de probabilidad del 95 % para el exceso de riesgo relativo (ERR) por unidad de dosis (en Gray) como funciones del umbral de probabilidad,  $p$ , dada (en ausencia de un umbral) una distribución de incertidumbre log-normal, con una media de 0,17 y un límite superior 95% límite de 0,36.

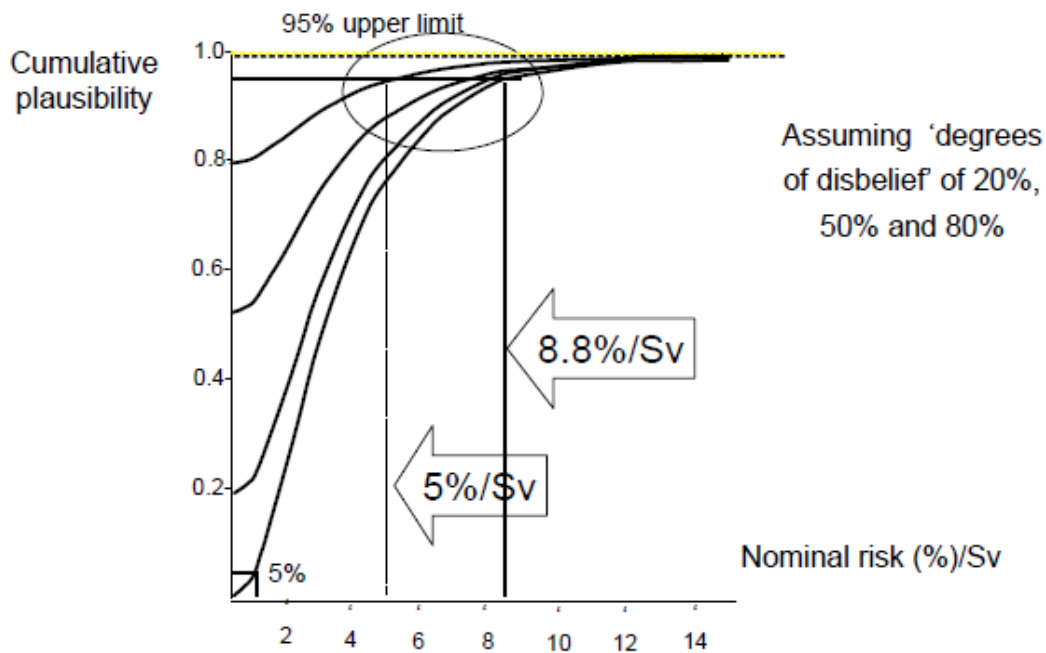
---

<sup>32</sup> ICRP, 2005. Low-dosis Extrapolation of Radiation-related Cancer Risk. Publicación ICRP 99. Ann. ICRP 35 (4)



**Figura 26: Media y el límite superior de probabilidad del 95 % para el exceso de riesgo relativo (ERR) por unidad de dosis (en Gray) como funciones del umbral de probabilidad,  $p$ ,**

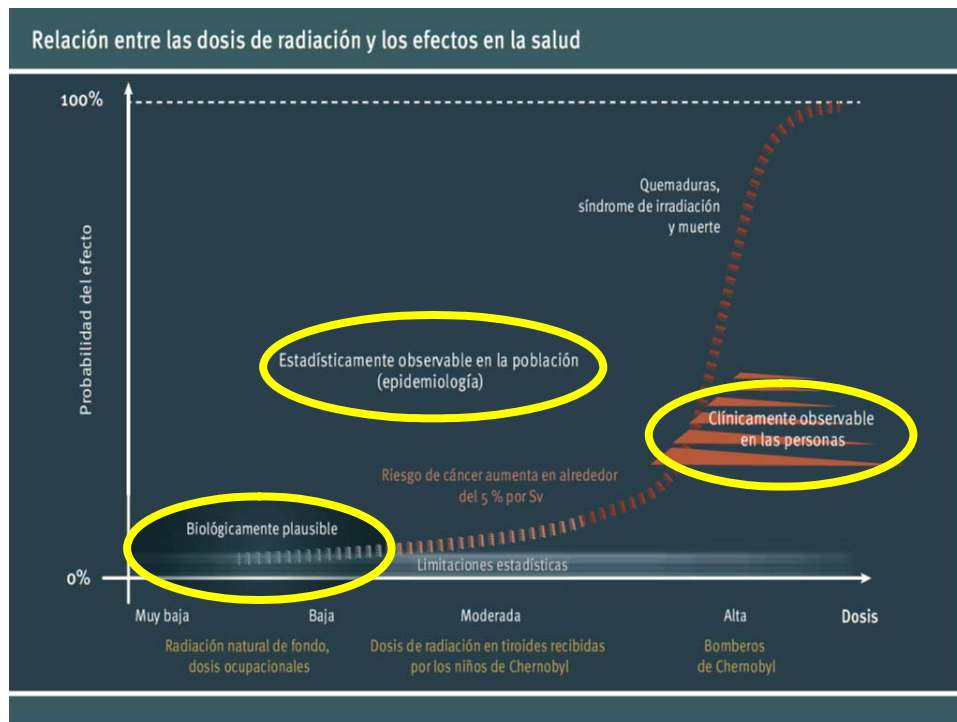
El valor medio de la ERR estimada por Gy es proporcional a  $(1 - p)$  para un umbral de probabilidad  $p$  conocido y proporcional a  $(1 - E(p))$  para un umbral de probabilidad incierto  $p$  con un valor esperado  $E(p)$ . El efecto sobre el límite superior de probabilidad del 95 % es menos drástico, a menos que la probabilidad supuesta de un umbral sea alta. Como se muestra en la Figura 26, el límite superior disminuye con el aumento de  $P$ , pero no tan abruptamente como la media hasta que  $p$  se acerca al nivel de probabilidad del límite superior, por ejemplo alrededor de 0,85 en el caso de un límite del 95 %. Obviamente, el límite inferior del 95% (el percentil 5 de la distribución) es cero para  $p \geq 0,05$ . La Figura 27 ilustra (en idioma inglés) diferentes “grados de creencia (o incredulidad)” sobre un umbral de riesgo aplicado a la distribución acumulativa de probabilidad, convirtiéndolo en una distribución acumulativa de plausibilidad. Puede verse que el límite superior plausible para el umbral, de 8%/Sv, cambia muy poco a medida que aumenta la incredulidad. Para una gran incredulidad, tan alta como el 80 %, el límite superior es 5 %/Sv, es decir, igual al coeficiente de riesgo nominal utilizado en las normas internacionales de protección radiológica.



**Figura 27: Diferentes “grados de creencia (o incredulidad)” sobre un umbral de riesgo aplicado a la distribución acumulativa de probabilidad, convirtiéndolo en una distribución acumulativa de plausibilidad**

El razonamiento tiene, sin embargo, una laguna: se basa en la presunción de linealidad, que es al final lo que intenta demostrar. Es decir, hay una retroalimentación epistemológica en el razonamiento. Pero esta es la base para el uso de un coeficiente de riesgo nominal de alrededor del 5% por Sv como una consideración prudente para fines de protección radiológica. En efecto, sobre esa base, la ICRP desarrolló la denominada “probabilidad nominal ajustada por daño” por coeficiente de dosis unitaria, cuyo valor es de alrededor del 5 % por Sievert [Sv] de dosis. Las restricciones de dosis con fines de protección radiológica actualmente se recomiendan implícitamente sobre la base de un factor de riesgo de 0,005 % por milésima de Sievert [una milésima de Sievert se denomina miliSievert o mSv]. Cabe señalar que, si bien el coeficiente de 5% por Sievert es matemáticamente equivalente al de 0,005% por mSv, estos dos factores son epistemológicamente muy diferentes. El primero se basa en datos medidos y el segundo en juicios de expertos conjeturales.

Para comprender mejor esta diferenciación epistemológica es conveniente repasar la relación dosis-respuesta teórica que se derivaría del paradigma. La misma ha sido sintetizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como se muestra en la Figura 28.



**Figura 28: Relación dosis-respuesta simplificada**

Las dosis se expresan como:

- 'altas dosis' (alrededor de un Sv o miles de mSv) de dosis efectiva;
- 'dosis moderadas' (alrededor de cien mSv);
- 'dosis bajas' (alrededor de diez mSv); o,
- 'dosis muy bajas' (alrededor de un mSv).

Cabe recordar que la dosis de fondo natural promedio mundial es de 2,4 mSv por año. Los valores de fondo altos típicos podrían rondar los 10 mSv por año, y se han encontrado valores de fondo naturales muy altos en algunas áreas del mundo donde están incluso por encima de 100 mSv por año.

Las probabilidades se expresan en porcentajes entre 0% y 100%, donde:

- 100%, corresponde a la certeza de que el efecto ocurrirá; y,
- 0%, corresponde a la certeza de que el efecto no ocurrirá

Cabe señalar que las probabilidades son de dos tipos distinguibles:

- probabilidades frecuentistas, que están en el área de dosis alta, basadas en evidencia; es decir, sobre la existencia veraz y comprobable de los efectos de las radiaciones en la salud, y se definen como el límite de la

frecuencia relativa de incidencia del efecto en una serie de estudios epidemiológicos certificables; y,

- probabilidades subjetivas (a veces también denominadas confusamente "bayesianas"), que se encuentran en el área de dosis baja, expresadas como una posible expectativa de que pueden ocurrir efectos de la radiación en la salud, y se cuantifican mediante una creencia personal o el juicio de un experto; es decir, no justificado por la frecuencia o la propensión a que los efectos ocurran realmente a tales niveles de dosis.

Tanto las probabilidades frecuentistas como las subjetivas son matemáticamente compatibles pero epistemológicamente muy diferentes: la primera se basa en evidencia fáctica; el segundo se basa en conjeturas subjetivas.

También hay que destacar la importancia de distinguir entre:

- observaciones diagnosticadas y verificadas de efectos en la salud de trabajadores individuales y estimaciones de efectos en cohortes de trabajadores expuestos, que permitan que se atestigüe su ocurrencia por profesionales calificados y, por lo tanto, que permita atribuir dichos efectos sin ambigüedades a las situaciones de exposición que los generaron y;
- proyecciones teóricas de efectos en la salud, cuya ocurrencia es factible pero no verificable, es decir, aquellas proyecciones que solo permiten alguna inferencia conjetural de riesgos.

Dado el estado actual del conocimiento, los efectos de la radiación en la salud de trabajadores expuestas a la radiación solo se pueden atribuir con confianza si fueron diagnosticados y atestiguados por un especialista en radiopatología. Estos efectos '*deterministas*' suelen ser agudos y ocurren temprano en individuos expuestos a altas dosis de radiación. Pueden ocurrir si la dosis excede un cierto valor de umbral que normalmente es en dosis altas.

En la región de las dosis bajas y medias, actualmente no existe una forma objetiva de determinar los efectos en la salud de trabajadores individuales que sean atribuibles a la radiación, porque por el momento no hay biomarcadores que permitan esa determinación. Colectivamente, los aumentos en la incidencia de fondo de los efectos sobre la salud asociados con la exposición a la radiación pueden determinarse como resultado de estudios epidemiológicos en una cohorte de trabajadores expuestos.. Pero, las incertidumbres estadísticas y epistémicas hacen que cualquier determinación fáctica de tal daño sea inviable cuando las dosis son bajas.

De la discusión anterior, se puede concluir que actualmente hay dos dominios en la relación dosis-efecto; a saber,

- 1) un dominio por encima de un cierto rango de dosis, en el área de dosis moderada y alta, donde se puede reunir suficiente diagnóstico patológico o evidencia epidemiológica para atribuir a la radiación efectos deterministas en trabajadores individuales o efectos estocásticos en cohortes de trabajadores expuestos, respectivamente; y,
- 2) un dominio por debajo de este rango donde hay información biológica que sugiere la posibilidad de efectos en la salud que solo pueden conjeturarse en un riesgo inferido subjetivamente, por ejemplo, con fines regulatorios. En este dominio de dosis bajas y muy bajas, los riesgos solo se infieren por juicios expertos pero subjetivo de los profesionales radioproteccionistas.

La epistemología en torno a la atribución de efectos fácticos a la exposición a la radiación frente a la inferencia de riesgo conjetural es crucial para el debate laboral sobre la percepción de bajas dosis de radiación, entre otras cosas porque no se ha explicado explícitamente a los trabajadores y sus representantes. Los límites epistemológicos en torno a las ciencias de la radiación, que esclarecen el paradigma de la protección

radiológica, ha sido ampliamente debatido en la literatura<sup>33, 34, 35, 36, 37</sup> y recientemente ha sido abordado por el OIEA<sup>38</sup>.

Esta situación ha resultado en un dilema para los reguladores. La naturaleza aleatoria de los efectos estocásticos de la radiación, junto con el paradigma recomendado por la ICRP y establecido en las normas de seguridad internacionales e intergubernamentales, hacen imposible derivar una distinción clara entre "seguro" y "peligroso". Esto ha creado dificultades para explicar el control de los riesgos de radiación, por pequeños que sean, y ha sido una de las principales causas de preocupaciones por la exposición de los trabajadores a la radiación. La principal implicación del paradigma de la ICRP y de las normas de seguridad internacionales e intergubernamentales consiguientes es que se asume cierto riesgo, a pesar de que no se haya probado en los trabajadores ningún efecto real sobre la salud de los niveles bajos de dosis de radiación regulados por la normativa internacional.

### **El significado de la expresión ‘*lineal sin umbral*’ (LNT)**

---

<sup>33</sup> González, A.J., 2011. Epistemology on the attribution of radiation risks and effects to low radiation dose exposure situations. *Int. J. Low Radiation*, Vol. 8, No. 3, 2011.

<sup>34</sup> González A. J., 2014. Clarifying the Paradigm on Radiation Effects & Safety Management: UNSCEAR Report on Attribution of Effects and Inference of Risks. *Nuclear Engineering and Technology*, Vol.46, No.4, pp 467-474, August, 2014.

<sup>35</sup> González A. J., 2014. Clarifying the Paradigm For Protection Against Low Radiation Doses: Retrospective Attribution of Effects vis-à-vis Prospective Inference of Risk. *Radiation Protection in Australasia* Vol. 31, No. 2, pp. 2-12, 2014.

<sup>36</sup> Patricia Wieland, P. and González, A. J. , 2018. Protection against Exposure to Low-dose Radiation: An Evolving Paradigm Sustaining Regulatory Decisions. In the Scientific Conference on “Applicability of Radiation Response-Models to Low Dose Protection Standards,” Cosponsored by the American Nuclear Society and Health Physics Society, Pasco, Washington State, USA; September 30-October 3, 2018.

<sup>37</sup> Gonzalez, A.J., 2017. Attributions of health effects to radiation vis-à-vis inference of radiation risk: ICRP recommendations and UNSCEAR reporting. In A International Joint Conference RADIO 2017. V Congresso Brasileiro de Proteção Radiológica, VI Congresso de Proteção Contra Radiações de Países de Língua Portuguesa e VII Congresso Internacional de Radioproteção Industrial. Organizado pela Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica em cooperação com a Agência Internacional de Energia Atômica, Sociedade Portuguesa de Proteção contra Radiação e ABENDI. Cidade de Goiânia; 25 - 29 September 2017.

<sup>38</sup> IAEA, 2022. Attribution of Radiation Health Effects and Inference of Radiation Risks: Consideration for Application of the IAEA. Safety Standards Series [IAEA Preprint] International Atomic Energy Agency, Vienna, 2022.



Un desafío para el futuro es clarificar la expresión que se ha utilizado, y se sigue utilizando, para describir el paradigma supuesto según las discusiones previas. Esta suposición ha pasado a conocerse como **LNT** (acrónimo de la expresión ‘*lineal sin umbral*’ en el idioma inglés), un acrónimo que ha sido interpretado de diversa manera por los profesionales involucrados en la protección radiológica ocupacional como se discutirá mas adelante. Quizás debiera destacarse que el paradigma LNT se desarrolló inicialmente para ser adecuado a la protección operativa práctica para situaciones de exposición ocupacional donde pueden estar involucradas obligaciones laborales internacionales legalmente vinculantes.

Pero el origen intelectual de LNT quizás deba ser buscado en los influyentes trabajo realizados por H. J. Muller<sup>39, 40</sup> en los años 20-30’s, quien, mediante experimentos de irradiación de moscas de la fruta, concluyó que la relación entre dosis y daño era lineal, sin umbral. Por sus conclusiones se le otorgó un Premio Nobel<sup>41</sup>, lo que le proporcionó una gran notoriedad, y un respaldo de seguimiento a su modelo lineal por parte de la mayoría de los primeros profesionales radioproteccionistas y aun de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América a mediados de la década de 1950<sup>42</sup>. Aunque puede haber habido otros factores además del trabajo inicial de Muller que entraron en juego, su trabajo condujo directamente a la aceptación del modelo LNT (lineal sin umbral) por la naciente radiobiología. Por lo tanto, a pesar de las muchas advertencias en las recomendaciones de ICRP, LNT se ha adoptado en los estándares de seguridad internacionales y se ha utilizado casi universalmente dentro de la comunidad internacional de protección radiológica como una herramienta práctica para regular la exposición a la radiación.

Pero se está generando una gran controversia dentro de la comunidad de protección radiológica. Algunas investigaciones<sup>43</sup> junto con material de

---

<sup>39</sup> H.J. Muller, 1927. *Artificial transmutation of the gene*, Science 66 (1927) 84–87.

<sup>40</sup> H.J. Muller, 1930. *Radiation and genetics*, Am. Nat. 64 (1930) 220–251.

<sup>41</sup> H.J. Muller, 1946. *The Production of Mutations*, Nobel Lecture, 1946, 1946, Nobleprize. org, <http://www.nobelprize.org/nobel-prizes/medicine/laureates/1946>.

<sup>42</sup> National Academy of Sciences (NAS)/National Research Council (NRC), 1956. *The Biological Effects of Atomic Radiation* (BEAR) A Report to the Public, NAS/NRC, Washington, DC, 1956.

<sup>43</sup> Calabrese, E.J., 2022. *Linear non-threshold (LNT) fails numerous toxicological stress tests: Implications for continued policy use*. Chemico-Biological Interactions. 365 (2022)

información iniciado por la Health Physics Society<sup>44</sup>, brindan un apoyo considerable a la hipótesis que un engaño profesional puede haberse infiltrado en la adopción de la premisa LNT original de Muller.

Dado este trasfondo confuso, no es de extrañar que el significado del acrónimo LNT sea múltiple e impreciso. Pretende significar "*una relación dosis-respuesta lineal sin umbral de dosis*", pero existe ambigüedad en su comprensión precisa, con interpretaciones que incluyen lo siguiente:

- para algunos es una *premisa*; a saber, una suposición subyacente de que la radiación genera efectos en la salud en cualquier nivel de dosis en proporción a la dosis;
- para otros es una *hipótesis conjetural*; a saber, una suposición o propuesta de explicación de la relación entre los efectos sobre la salud y la dosis de radiación incurrida, que se hace sobre la base de pruebas limitadas como punto de partida para futuras investigaciones; y,
- para otros es un *modelo práctico*; es decir, una descripción simplificada de un fenómeno complejo, la que es útil solo para fines operativos prácticos.

Estas diversas concepciones de la LNT han calado en las diferentes comunidades profesionales involucradas en el tema. Las comunidades profesionales relevantes han utilizado LNT con diferentes denotaciones y esto ha generado mucha confusión entre las partes afectadas por la exposición ocupacional, trabajadores en primer lugar, pero también empleadores y responsables gubernamentales.

:

Hay cuatro especialidades profesionales principales centradas en el estudio de los efectos de la radiación en la salud de los trabajadores y en su protección, a saber: la *radiobiología*, la *radiopatología*, la *radioepidemiología* y la *radioprotección*. LNT es visto por estas diversas comunidades profesionales con denotaciones muy diversas

### Radiobiología

Los radiobiólogos son expertos cuyos estudios se centran en los mecanismos que generan cambios biológicos atribuibles a la exposición a la radiación (p. ej., evaluación de la progresión de cambios moleculares causados por la radiación a través de las células, tejidos y órganos de los trabajadores expuestos). Los radiobiólogos, entonces, pueden proporcionar

---

<sup>44</sup> Health Physic Society, 2022. *The History of the Linear No-Threshold (LNT) Model Episode Guide*. <http://hps.org/hpspublications/historylnt/episodeguide.html>

información científica sobre los mecanismos de inducción de los efectos de la radiación en la salud y, mas aun, pueden dar fe de la exposición a la radiación en trabajadores mediante el uso de indicadores biológicos (lo que se denomina dosimetría biológica). Pero no pueden atestiguar la ocurrencia de efectos finales en la salud ni de trabajadores individuales expuestos ni en la de cohortes de trabajadores expuestos.

Para los radiobiólogos, LNT nació, y en muchos se mantiene, como una premisa que postula que, a exposiciones a cualquier nivel de dosis, un incremento dado en la dosis producirá un incremento directamente proporcional en la probabilidad de incurrir efectos celulares que evolucionarían hacia tumores malignos o efectos hereditarios atribuibles a la exposición a la radiación. .

La primera suposición radiobiológica fue que las principales interacciones de la radiación con la materia viva eran efectos de interacción directos e indirectos "dirigidos" al ADN del núcleo celular, y que causaba mutaciones que podrían evolucionar hacia efectos perjudiciales asociados, tales como tumores malignos cuando la mutación original ocurría en células somáticas o efectos hereditarios cuando ocurrían en células germinales.

Sin embargo, la investigación biológica en las últimas décadas ha incrementado la comprensión de cómo la radiación interactúa con complejidades no lineales del tejido vivo. En consecuencia, es importante profundizar un poco más en los aspectos biológicos de la exposición a la radiación a niveles bajos, ya que el desarrollo de una premisa con base científica para actualizar/reemplazar la premisa LNT solo puede lograrse y aceptarse por la amplia comunidad de profesionales de la salud radiológica cuando se comprendan profundamente los procesos biológicos detallados.

La investigación detallada de la biología de la radiación en las últimas décadas ha revelado muchos efectos secundarios, incluidos los siguientes:

- *Inestabilidad genómica* inducida por radiación, en la que si una sola célula es irradiada y sobrevive, puede producir células hijas que, a lo largo de generaciones, tienen un número creciente de alteraciones en sus genomas, aunque las propias células hijas no hayan sido irradiadas;
- *Respuesta adaptativa*, o la capacidad comprobada de células, tejidos o incluso un organismo completo para resistir mejor el daño por estrés causados por la exposición a la radiación, si ha habido una exposición previa a una menor cantidad de estrés. Este fenómeno se

observa en todos los organismos en respuesta a varios agentes citotóxicos diferentes, incluida la exposición a la radiación;

- *Efectos de vecindad*, a saber, la capacidad de células irradiadas de transmitir manifestaciones de daño a células vecinas no irradiadas;
- *Efectos abscopales*, que se dice que ocurren si hay una respuesta significativa en un tejido que está físicamente separado de la región del cuerpo expuesta a la radiación;
- *Factores clastogénicos* inducidos, que resultan de una gran cantidad de evidencia de que el plasma sanguíneo de animales y humanos irradiados puede contener "factores clastogénicos" capaces de inducir daño cromosómico en células no expuestas.

En los orígenes de la radiobiología, existía una preocupación por los efectos hereditarios, es decir, los efectos que podrían observarse en la descendencia nacida después de que uno o ambos padres hubiesen sido irradiados antes de la concepción, y el tema fue estudiado en profundidad. Tales efectos hereditarios se han observado en algunas especies de la fauna pero no se han visto en humanos.

### Radiopatología

Los **radiopatólogos** son expertos que pueden diagnosticar y atestiguar la atribución a situaciones de exposición ocupacional el resultado final de enfermedades inducidas por la radiación en trabajadores expuestos. Estos expertos diagnostican sobre la base de su experiencia profesional y también utilizando muestras de laboratorio de tejido corporal con fines diagnósticos o forenses. Su campo de competencia y posibilidad de diagnóstico, atestación y atribución se limita a los efectos deterministas, y por tanto sólo a situaciones que conlleven a dosis elevadas.

Para los radiopatólogos, el modelo LNT no es ni aparente ni necesaria, ni como premisa, ni como hipótesis, ni como conjetura, ni como modelo. Los radiopatólogos buscan efectos diagnosticables en trabajadores individuales que hayan estado expuestos a dosis de radiación de nivel suficiente como para que esos efectos se hagan evidentes para el diagnóstico. La relación dosis-respuesta es una empinada curva sigmoidea que presenta un umbral *de facto* de dosis debajo del cual los efectos no se manifiestan.

Para un radiopatólogo, por debajo del umbral de dosis los efectos de la radiación, no son ni diagnosticables, ni atestables, ni atribuibles.

Se reitera, sin embargo, que los radiopatólogos pueden utilizar muestras de bioensayos especializados (tales como muestras hematológicas

y citogenéticas) como indicadores biológicos de que ha ocurrido una exposición a la radiación, incluso a dosis por debajo del umbral. No obstante, la presencia de tales indicadores biológicos no significa necesariamente que el expuesto experimentará efectos en la salud debido a la exposición.

### Radioepidemiología

Los *radioepidemiólogos* son expertos que usan estadísticas médicas (específicamente las estadísticas de epidemias) para estimar la prevalencia de efectos en la salud que podrían estar asociados con la radiación en cohortes de trabajadores expuestos (no analizan individuos sino cohortes de individuos expuestos).

La incidencia de fondo de los efectos estocásticos esperados de la exposición a la radiación suele ser relativamente alta (Cerca de un cuarto de la población experimentará una malignidad 'natural' en su vida). Es por ello que los radioepidemiólogos aspiran a cuantificar aumentos de dicha incidencia en una cohorte después de su exposición a la radiación. Pero esta cuantificación tiene limitaciones estadísticas obvias y también epistémicas. Esta limitación restringe las posibilidades de estimaciones epidemiológicas de los efectos estocásticos de la radiación después que una cohorte es expuesta a radiación. Es por ello que la competencia de los radioepidemiólogos para la estimación y certificación de la ocurrencia de efectos estocásticos en una cohorte debería, en principio, estar restringida a situaciones en las que se verifica una clara epidemia en esa cohorte, es decir, donde los cambios en la incidencia de los efectos pueden observarse y medirse (como fue el caso en la cohorte de Hiroshima y Nagasaki). Sin embargo, muchos radioepidemiólogos han extendido sus estimaciones a la región de dosis bajas conjeturando que las epidemias que podrían cuantificar en dosis altas también ocurren en dosis bajas, a pesar de que tal epidemia no se puede observar y probar sino solo conjeturar. UNSCEAR ha estado evaluando estudios epidemiológicos de cáncer y enfermedades cardiovasculares durante años<sup>45</sup>. y así bien ha reconocido estas limitaciones de la radioepidemiología ha utilizado datos de estudios en los que no se ha constatado una epidemia. En los últimos años, UNSCEAR realizó una

---

<sup>45</sup> UNSCEAR, 2006. UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. 'Effects of Ionizing radiations'. Annex A: Epidemiological studies of radiation and cancer and Annex B: Epidemiological evaluation of cardiovascular disease and other non-cancer diseases following radiation exposure. Sales No. E.08.IX.6,n ISBN: 978-92-1-142263-4. UN, New York, 2006

reevaluación para inferir el riesgo de cáncer a la exposición a tasas de dosis bajas de fuentes ambientales<sup>46</sup>.

Para los radioepidemiólogos, entonces, LNT es una hipótesis, una conjetura epidemiológica, por la cual los cambios en la incidencia de fondo de los efectos nocivos asociados con la radiación, tales como las neoplasias malignas, que se han observado y cuantificado en situaciones de exposición a la radiación a dosis relativamente altas administradas a tasas de dosis relativamente altas y con cambios sustanciales en la tasa de dosis, se presume que ocurren igualmente en situaciones de exposición a la radiación que involucran dosis bajas y tasas de dosis baja y con pocos cambios en la tasa de dosis.

Esta suposición se hace a pesar de que no se pueden obtener pruebas epidemiológicas en tales situaciones debido a limitaciones estadísticas intrínsecas y también epistémicas.

En resumen, para la radioepidemiología, LNT significa que la incidencia de efectos en altas dosis, tasa de dosis, y cambio de tasa de dosis, que está respaldada con evidencia epidemiológica, sigue siendo la misma en situaciones de bajas dosis, tasa de dosis y cambios en la tasa de dosis, a pesar de la ausencia de evidencia epidemiológica para estas situaciones de exposición.

### Radioprotección

Los *radioproteccionistas* brindan orientación para la protección de los trabajadores frente a la exposición a la radiación sobre la base de atestaciones de los radiopatólogos y conjeturas e inferencias sobre riesgos de radiación sobre la base de la información proporcionada fundamentalmente por radioepidemiólogos y también por radiobiólogos..

Para los radioproteccionistas, LNT representa un modelo, es decir, una descripción simplificada de la realidad, que es práctico para gestionar la protección radiológica ocupacional operativa. Entre otras virtudes operacionales, permite ejercer la protección contra dosis adicionales independientemente del nivel de dosis acumulada.

---

<sup>46</sup> UNSCEAR, 2017. UNSCEAR 2017 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Annex B: Epidemiological studies of cancer risk due to low-dose-rate radiation from environmental sources. Sales No. E.18.IX.1, ISBN: 978-92-1-142322-8,. e-ISBN: 978-92-1-362680-1. UN, New York, 2017

Es decir que para los radioproteccionistas, el modelo LNT, proporciona un enfoque de protección radiológica ocupacional operativa viable. Si este modelo no se utilizara para la protección de los trabajadores, conllevaría a asignar diferentes protecciones para un mismo aumento de dosis, dependiendo de la dosis acumulada. Esto inevitablemente podría generar discriminación entre los trabajadores, lo cual está impedido por la legislación laboral internacional vigente.

## **La clarificación del concepto de riesgo de la radiación**

Una vez aclarada la conclusión existente sobre el LNT, un desafío remanente para el futuro es clarificar a los trabajadores que quieren decir los científicos cuando utilizan el término ‘riesgo’, en particular cuando se refieren al ‘riesgo de la radiación’.

La palabra "riesgo" puede significar muchas cosas diferentes para el público en general y para los trabajadores en particular, incluidos los profesionales.

A continuación se presenta una breve descripción de este concepto en relación con la radiación, el que ha sido ampliamente discutido a nivel internacional<sup>47</sup>.

Para la comunidad profesional, el riesgo se define formalmente en las normas de seguridad como<sup>48</sup>:

- la probabilidad de que ocurra un efecto específico en la salud de una persona o grupo como resultado de la exposición a la radiación, o
- la media matemática (valor esperado) de una medida apropiada de una consecuencia específica (generalmente no deseada), o
- una magnitud de atributos múltiples que expresa riesgo, peligro o posibilidad de consecuencias dañinas o perjudiciales asociadas con exposiciones reales o potenciales.

---

<sup>47</sup> González, A.J., 2019. The Concept of Radiation Risk. Prepared at the request of the NEA(OECD)'s Committee on Radiological Protection and Public Health. Presented at the 2nd NEA Workshop on Stakeholder Involvement: Risk Communication; Session on “Risk Communication: What and Why”; at the OECD Conference Centre, Paris, France, 24-26 September 2019 (with the title: Communicating the Concept of Radiation Risk: The Challenge of Separating Facts from Conjectures, Attribution from Inference).

<sup>48</sup> IAEA, 2007. IAEA safety glossary : terminology used in nuclear safety and radiation protection. 2007 Edition. STI/PUB/1290. ISBN 92-0-100707-8; International Atomic Energy, Vienna, Agency, 2007.

Estos son conceptos muy diferentes y el uso de todos ellos por parte de los profesionales ciertamente no ha ayudado a facilitar la comprensión de los trabajadores del riesgo en dosis bajas.

Mas aun para los trabajadores no especializados el significado de riesgo puede ser muy diferente. El público en general a menudo asocia el riesgo con una variedad de connotaciones que incluyen: oportunidad, plausibilidad, probabilidad, prospecto, peligro, azar, apuesta, aventurar, amenaza, miedo, etc.

Históricamente, la cuantificación del “riesgo” se formó sobre un análisis retrospectivo de la experiencia real sobre frecuencias fácticas de ocurrencias pasadas y se cuantificó con una probabilidad “frecuentista”; es decir, una probabilidad calculada a partir de las frecuencias de ocurrencia real del evento riesgoso. Sin embargo, con el tiempo, el concepto de “riesgo” evolucionó, en particular para la protección radiológica, y ahora también se suele denominar probabilidad subjetiva de ocurrencia de eventos “riesgosos”, que es el resultado de un juicio de expertos, a veces basado en estimaciones de probabilidades frecuentistas pero de diferentes situaciones. Debido en gran parte a la falta de datos fácticos sobre los efectos en la salud de dosis bajas, se hacen conjeturas extrapolando estimaciones de situaciones de exposición a dosis altas de radiación a situaciones de dosis bajas.

El concepto de probabilidad frecuentista fue y sigue siendo la base para las estimaciones epidemiológicas y debería proporcionar la base científica fundamental para la protección radiológica a dosis inferiores a los umbrales de dosis de los efectos deterministas. Inicialmente, las estimaciones radioepidemiológicas generalmente se realizaban utilizando datos sobre las frecuencias de los efectos reales en la salud ocurridos de hecho como consecuencia de situaciones pasadas de exposición a la radiación. Tales eventos generalmente involucraron dosis relativamente altas y tasas de dosis altas y muy cambiantes, como las que afectaron a la cohorte de sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki. Desafortunadamente, esta práctica radioepidemiológica frecuentista se extendió a situaciones de exposición a dosis bajas de radiación en las que no se puede identificar una prevalencia de enfermedad radioinducida, es decir, cuando no existen frecuencias que proporcionen una base para la asignación de probabilidades frecuentistas. Estas situaciones normalmente se considerarían epistemológicamente fuera del dominio de la radioepidemiología. Sin embargo, se han utilizado extrapolaciones de la experiencia frecuentista para proporcionar estimaciones y, con la ayuda de juicios subjetivos de expertos, los riesgos de radiación teóricos se han inferido como una



probabilidad subjetiva que cuantifica el incremento potencial sobre la prevalencia de fondo de los efectos.

Sobre esta base, los riesgos radiológicos conjeturales se expresan en radioepidemiología como exceso de riesgo absoluto, es decir, la tasa de enfermedad en una población expuesta menos la tasa de enfermedad en una población no expuesta; también se expresan como exceso de riesgo relativo, es decir, la tasa de enfermedad en una población expuesta dividida por la tasa de enfermedad en una población no expuesta menos uno. Además de estas dos denominaciones principales, una gran cantidad de terminología relacionada con el riesgo conjetural se usa de alguna manera confusa en radioepidemiología.

La confusión provocada por las diferentes connotaciones de la palabra “riesgo” ha calado en el campo de la protección radiológica. Las recomendaciones de la ICRP utilizan la palabra riesgo de manera prolífica y de formas disímiles, sin describir específicamente el significado del término cada vez que se utiliza. En particular, las recomendaciones definen un riesgo ajustado por detrimento conjetural como la probabilidad de ocurrencia de un efecto estocástico en la salud, modificado para permitir los diferentes componentes del detrimento a fin de expresar la gravedad de la(s) consecuencia(s). El detrimento es un concepto teórico multidimensional que incluye los siguientes componentes estocásticos: probabilidad de cáncer fatal atribuible, probabilidad ponderada de cáncer no fatal atribuible, probabilidad ponderada de efectos hereditarios graves y duración de la vida perdida si ocurre el daño.

El paradigma entonces se basa en un modelo de dosis de riesgo ponderado por radiación estimado por extrapolación de datos de dosis alta, sin un umbral de dosis. Como se detallo anteriormente a ICRP utilizó un análisis de incertidumbre cuantitativa formal para combinar los componentes inciertos de la estimación de de incurrir en cánceres relacionados con la radiación con y sin permitir la posibilidad incierta de un umbral de dosis baja universal. Si bien la ICRP no considera improbable la existencia de dicho umbral de dosis baja en la relación riesgo-dosis, el paradigma actualmente concluye que los datos epidemiológicos disponibles no favorecen un umbral universal para inferir prospectivamente riesgos a dosis bajas.

En un Anexo a su publicación 60, la ICRP llevo a cabo un análisis sofisticado del concepto de riesgo<sup>49</sup>, pero lamentablemente ese análisis no

---

<sup>49</sup> ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annex C. Ann. ICRP 21 (1-3).

incluyó la distinción crucial entre probabilidades frecuentistas y subjetivas. Esas recomendaciones incluyeron la formulación de cantidades precisas que definen el riesgo, incluida la probabilidad total de muerte (utilizada como referencia) y las tasas de probabilidad de muerte condicional e incondicional. Estas cantidades eventualmente se convertirían en varios tipos de estimaciones que se pueden usar para calcular el riesgo de por vida, es decir, la probabilidad de que las personas desarrollen o mueran a causa de una enfermedad específica causada por una exposición a la radiación. Estas estimaciones incluyen: el exceso de riesgo de por vida, que es la diferencia entre la proporción de personas que desarrollan o mueren a causa de la enfermedad en una población expuesta y la proporción correspondiente en una población similar sin exposición; el riesgo de muerte inducida por exposición, que se define como la diferencia en una tasa de muerte por causa específica para las poblaciones expuestas y no expuestas de una condición dada y una edad dada en el momento de la exposición, como una causa adicional de muerte introducida en una población; el riesgo de pérdida de esperanza de vida, que describe la disminución de la esperanza de vida debido a la exposición de interés; y el riesgo atribuible a lo largo de la vida, que es una aproximación del riesgo de muerte inducida por la exposición y describe el exceso de muertes (o casos de enfermedad) durante un período de seguimiento con tasas de fondo de población determinadas por la experiencia de individuos no expuestos. El riesgo atribuible a lo largo de la vida es utilizado por la ICRP para estimar los riesgos a lo largo de la vida y para establecer restricciones de dosis, pero lamentablemente no se indica claramente la entidad conjetural absoluta de tal cantidad.

Debe enfatizarse que el carácter distintivo de la interpretación frecuentista del riesgo, frente a las interpretaciones subjetivas, no se reconoce específicamente en el paradigma ICRP. Las probabilidades frecuentistas que surgen de los estudios epidemiológicos de cohortes expuestas a dosis, tasas de dosis y cambios de tasa relativamente altos se utilizan para calcular estimaciones subjetivas del riesgo de radiación para situaciones de exposición a dosis y tasas de dosis bajas y constantes, y no se hace una distinción específica entre estas dos probabilidades. .

En resumen: el riesgo demostrable derivado de la exposición a la radiación para los individuos ocurre solo por la exposición a dosis altas de radiación (el dominio determinista de dosis mas alto que el umbral para efectos determinísticos) y para las poblaciones a dosis altas y medias (el dominio epidemiológico).

## **La imputación legal de daño ocupacional por radiación**

Otro desafío importante para el futuro es resolver el conundrum creado con la imputación legal de daño ocupacional por situaciones de exposición de trabajadores.

Por imputación entendemos las acciones fundadas en la ley para la asignación de daño por radiación a los empleadores responsables de situaciones de exposición a la radiación. La imputación es precursora de los conceptos derivados de acusación, demanda, enjuiciamiento y juzgamiento.

La figura 29 resume la situación posible

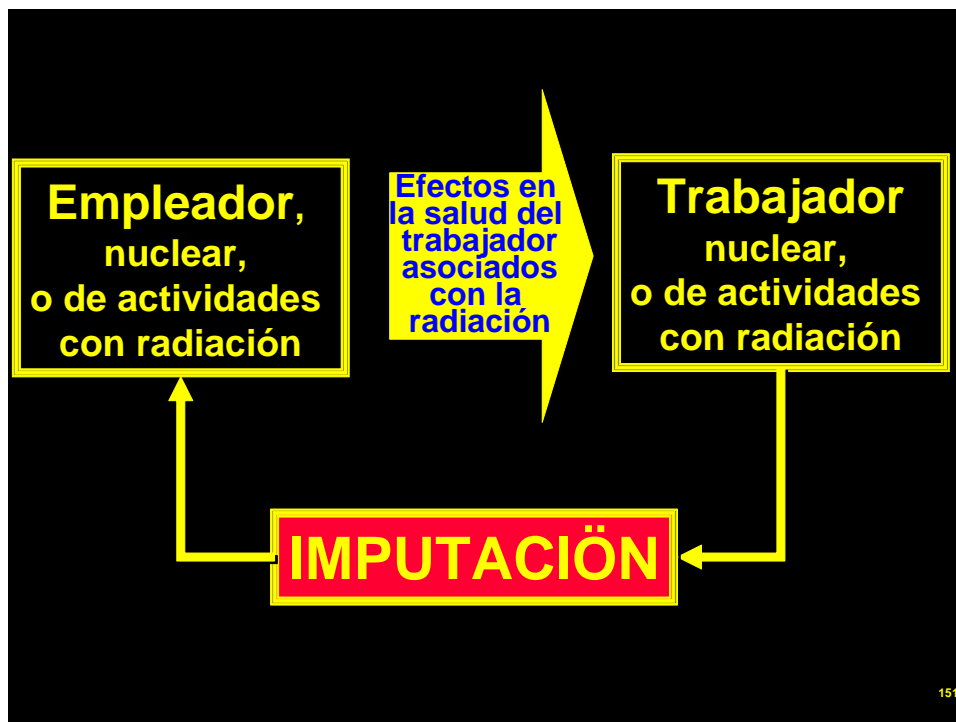


Figura 29: Imputación de daño ocupacional por exposición a la radiación

Las actividades que involucran el uso de la energía nuclear y de sus subproductos, tales como las sustancias radioactivas y las radiaciones ionizantes (o radiación en general) han generado desafíos legales complejos. Una verdadera disciplina, el derecho nuclear, fue creada de facto y ha evolucionado en el tiempo para abordar problemas jurídicos complicados que no tienen antecedentes históricos. El derecho nuclear es un campo en constante evolución, un cuerpo de leyes altamente especializado que impregna toda la industria nuclear, permitiendo el uso seguro, protegido y pacífico de la tecnología nuclear.

Entre los muchos problemas jurídicos que ha abordado el derecho nuclear, la imputación legal del daño por radiación a situaciones de

exposición a la radiación es uno de los más complejos, y pese a que se ha discutido en numerosos foros internacional su solución aun presenta aspectos controversiales.

Uno de las primeras acometidas para resolver el problema ocurrió en el Simposio sobre accidentes nucleares, responsabilidades y garantías organizado por la Agencia de la Energía Nuclear de la OECD en Helsinki, Finlandia, del 31 de agosto al 3 de septiembre de 1992, es decir hace más de un cuarto de siglo<sup>50</sup>. Allí se abordó el tema del dilema de la causalidad de las consecuencias radiológicas para la salud inculpadas al accidente Chernobyl<sup>51</sup>. Desde ese momento se hicieron muchos esfuerzos para lograr cierto consenso sobre el problema pero con resultados esquivos.

El Organismo Internacional de Energía Atómica acaba de publicar un libro de libre acceso acerca del debate mundial sobre derecho nuclear<sup>52</sup>, en el que discutimos en detalle el problema y su posible solución<sup>53</sup>.

Las acciones judiciales factibles derivadas de situaciones de exposición a radiaciones, es decir los procedimientos o demandas legales, basadas en daños por radiación, generalmente requieren dos elementos para tener éxito; atribución e imputación, a saber:

- En primer lugar, se debe establecer un vínculo causal; un determinado efecto sobre la salud debe atribuirse a una determinada exposición a la radiación utilizando pruebas fácticas objetivas.

---

\*Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina; Académico titular de las Academias Nacional de Ciencias de Buenos Aires, Argentina de Ciencias del Medioambiente, Argentina del Mar, e Internacional de la Energía Nuclear; Miembro del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de la Radiación Ionizante; Miembro de la Comisión de Estandares de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica.

<sup>50</sup> Nuclear Energy Agency (1993). *Nuclear Accidents-Liabilities and Guarantees (Accidents Nucleaires- Responsabilites Et Garanties)*. Proceedings of the Helsinki Symposium (Compte rendu du Symposium d'Helsinki) 31 August - 3 September 1992 Organised jointly by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-Operation and Development; Paris, 1993.

<sup>51</sup> González, A.J. (1993). *The Radiological Health Consequences of Chernobyl: The Dilemma of Causation*. Op cit.<sup>1</sup>; pp 25-55.

<sup>52</sup> Internacional Atomic Energy Agency (2022). *Nuclear Law - The Global Debate*. Published by t.m.c. asser press, The Hague, The Netherlands. Produced and distributed for t.m.c. asser press by Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Editor: International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2022. ISBN 978-94-6265-494-5 ISBN 978-94-6265-495-2 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-94-6265-495-2>

<sup>53</sup> Gonzalez, A:J: (2022). *Legal Imputation of Radiation Harm to Radiation Exposure Situations*. Op.cit.<sup>3</sup>. Chapter 7.

- En segundo lugar, debe haber una imputación, lo que significa que debe determinarse la responsabilidad de alguien por el daño de la radiación.

En un contexto legal, la imputación significa responsabilizar por el daño físico (efectos nocivos reales o potenciales) atribuibles a la exposición a la radiación a otra persona (física o jurídica), por ejemplo un trabajador expuesto a la radiación a su empleador o un miembro del público a un operador responsable de una instalación nuclear.

Si bien la 'atribución', que significa establecer el vínculo fáctico entre un incidente nuclear y un efecto sobre la salud, y la 'imputación', que significa atribuir responsabilidad por el daño por radiación, están estrechamente relacionadas en el sentido de que ambos intentan establecer un vínculo causal, a menudo se han utilizado como sinónimos, causando confusión.

Cuando se establece la atribución entre la exposición y el efecto, la imputación es crucial para permitir acciones legales posteriores, tales como la acusación, la acusación y el enjuiciamiento, si se trata de un elemento criminal, o simplemente iniciar una acción civil si se puede demostrar otra forma de negligencia. El objetivo final para el demandante es obtener la reparación de los daños sufridos.

Tanto la atribución como la imputación generan controversia y dos desafíos básicos dominan el tema, a saber:.

- El primer desafío es la atribución de efectos específicos para la salud a una situación específica de exposición a la radiación, lo que requiere que expertos calificados demuestren que una ocurrencia fáctica puede vincularse causalmente, es decir, sin lugar a dudas, con el daño por radiación.
- El segundo desafío es de carácter más formal; cómo proceder con acciones legales relevantes consistentes con la práctica legal en la jurisdicción o sistema legal aplicable.

En incidentes de alta exposición con efectos dañinos obvios, resolver estos desafíos es relativamente sencillo. Por otro lado, surge un desafío en situaciones que involucran dosis de radiación bajas o muy bajas. Este tema está ampliamente discutido en la literatura, pero aún no se ha encontrado una solución clara, y mucho menos un consenso entre expertos.

Como se discutió anteriormente, la atribución de efectos sobre la salud a la radiación no significa más que relacionar de hecho los efectos

sobre la salud de las exposiciones a la radiación con pruebas objetivas e indiscutibles de cualquier situación de exposición a la radiación dada. Al establecer la atribución, generalmente no puede haber duda razonable entre la causa y el efecto en la salud. Al alejarse de un escenario de dosis alta y alta probabilidad, hacia los casos en que se trata de dosis bajas o más bajas, las líneas se vuelven borrosas y la atribución directa, como se viò, puede ser problemática. Tal como se demostró anteriormente, en escenarios de dosis bajas, a menudo se debe *inferir* el vínculo causal conjetural, lo que significa que se debe llegar a una conclusión razonable sobre la base de la evidencia y la experiencia. A diferencia de la atribución, la inferencia implica el proceso de sacar conclusiones de conjeturas subjetivas que implican conclusiones indirectas basadas en observaciones y razonamientos sobre riesgos de radiación, al tiempo que permiten un elemento de incertidumbre.

La atribución del daño por radiación es un componente esencial de cualquier acción legal. Un perito calificado profesionalmente debe proporcionar evidencia clara ante los tribunales sobre la ocurrencia de efectos de radiación, causados por un incidente de radiación, declarando formalmente que existe un efecto causal.

Evidentemente, no es necesario que un experto haya presenciado de primera mano el incidente que dio origen a un juicio relacionado con las radiaciones para que sea aceptable su peritaje, pero sí que sea un especialista en efectos de las radiaciones y capaz de ofrecer, sin duda razonable, una opinión pericial después de considerando la cronología de los hechos y la ocurrencia fáctica de las causas y los efectos.

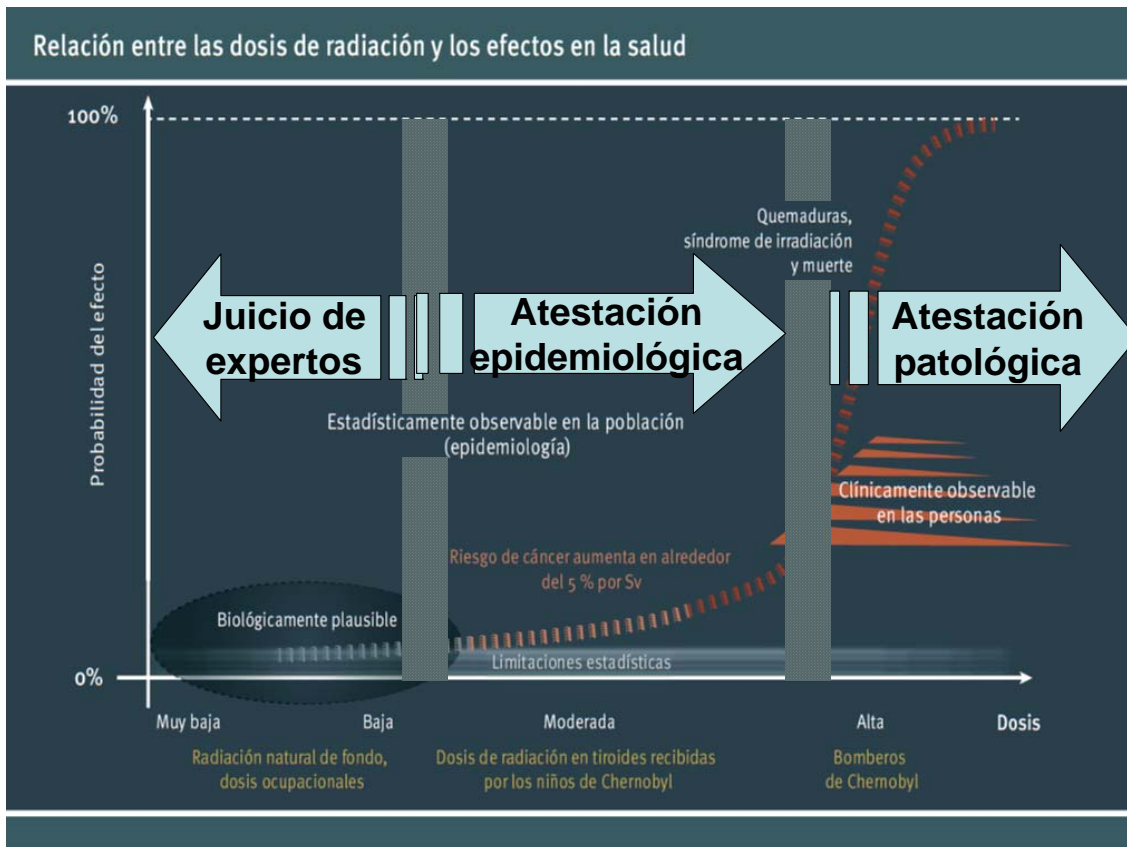
Fundamentalmente, el tipo de experto en el que confiaría un demandante para presentar pruebas en el caso está relacionado con la dosis y la tasa de dosis, o más precisamente, la relación dosis-respuesta relacionada con el incidente. Por supuesto, el peritaje está relacionado con la observabilidad de los hechos y, por lo tanto, con la verificación científica de los efectos, que van desde la atribución hasta la inferencia.

En un escenario de dosis alta, lo más probable es que los efectos sean clínicamente observables y diagnosticables en individuos expuestos y, por lo tanto, fácilmente atribuibles por un radiopatólogo experto calificado. En la región de dosis moderadas, los efectos no son directamente atribuibles a los individuos porque pueden ocurrir efectos similares debido a otras causas, pero son estadísticamente consistentes con la incidencia de fondo del efecto que se ha estudiado en ciertas poblaciones. Esta incidencia se

puede cuantificar matemáticamente como una probabilidad frecuentista puede ser y atestiguada por un perito radioepidemiólogo.

Los radiopatólogos pueden atestar la ocurrencia de efectos basándose en diagnósticos individuales de efectos resultantes de la exposición a altas dosis. Los radioepidemiólogos se basan en probabilidades frecuentistas de la ocurrencia de efectos en cohortes de poblaciones expuestas a dosis medianas y altas, las que se pueden determinar con cierto grado de certeza. En el rango de dosis bajas a muy bajas, la mayoría de los efectos no son observables ni atribuibles y, por lo tanto, su ocurrencia no se puede comprobar con certeza razonable. Sin embargo, se puede argumentar que los efectos de un incidente de dosis baja pueden ser biológicamente plausibles y, por lo tanto, se podría inferir un riesgo y un posible daño por radiación a través del juicio personal de expertos en radio-protección, o radioproteccionistas, mediante la asignación de probabilidades subjetivas. Las probabilidades ofrecidas por los radioproteccionistas en estos casos de dosis bajas no son objetivas como las probabilidades frecuentistas demostradas por los radioepidemiólogos, ya que están sesgadas hacia la opinión de expertos basada en la experiencia en lugar de hechos científicos indiscutibles.

La Figura 30 describe como radiopatólogos, radioepidemiólogos y radioproteccionistas pueden ejercer peritaje como expertos calificados en el contexto de una acción legal: los primeros atestiguando la ocurrencia real de efectos en la salud que se pueden diagnosticar en individuos; los segundos atestiguando la ocurrencia real de efectos en la salud de la radiación que se pueden estimar en cohortes de población utilizando estadísticas sobre la incidencia y distribución de enfermedades asociadas con la exposición a la radiación; y, los terceros infiriendo los riesgos de radiación a partir de la teoría y no de los hechos.



**Figura 30: Atestación profesional de los efectos de la radiación**

La capacidad de atribuir efectos en la salud a situaciones de exposición específicas y de atestiguar su ocurrencia por medio de peritos expertos calificados tiene una influencia directa en las posibilidades de éxito del litigio, es decir, si el daño por radiación se puede atribuir claramente a un incidente, imputar a las personas responsables y posteriormente indemnizar a las víctimas por un tribunal de justicia. Las lesiones físicas y los efectos nocivos infligidos por quienes han causado la exposición, si se prueban, permiten a los trabajadores expuestos a la radiación, o al público en general, entablar demandas contra los empleadores, los operadores de las instalaciones nucleares o incluso contra las autoridades reguladoras en caso de falta de supervisión o falta de eficacia en el control.

El campo legal, sin embargo, no es del todo homogéneo. Los marcos legislativos y reglamentarios que se ocupan de la atribución de los efectos de la radiación en la salud son heterogéneos, a veces incoherentes e inconsistentes entre países e incluso dentro de los países. Existe una línea divisoria importante entre los sistemas jurídicos basados en la legislación jurisprudencial y los que se basan en una legislación codificada detallada. Una comparación de la jurisprudencia excede el alcance de esta memoria, pero, a riesgo de ser demasiado simple, podríamos afirmar que los sistemas



legales jurisprudenciales que emplean un enfoque caso por caso son generalmente más flexibles y brindan un mayor grado de seguridad jurídica para el demandante. Las jurisdicciones que se basan en una legislación codificada no están sujetas a precedentes legales, lo que otorga un alto grado de autonomía al tribunal en la aplicación del estado de derecho, lo que puede conducir a resultados menos predecibles.

La Figura 31 intenta definir de manera genérica lo que sería factible al litigar daños imputados a situaciones de exposición a diferentes dosis de radiación teniendo en cuenta las diferentes posibilidades de atestación.

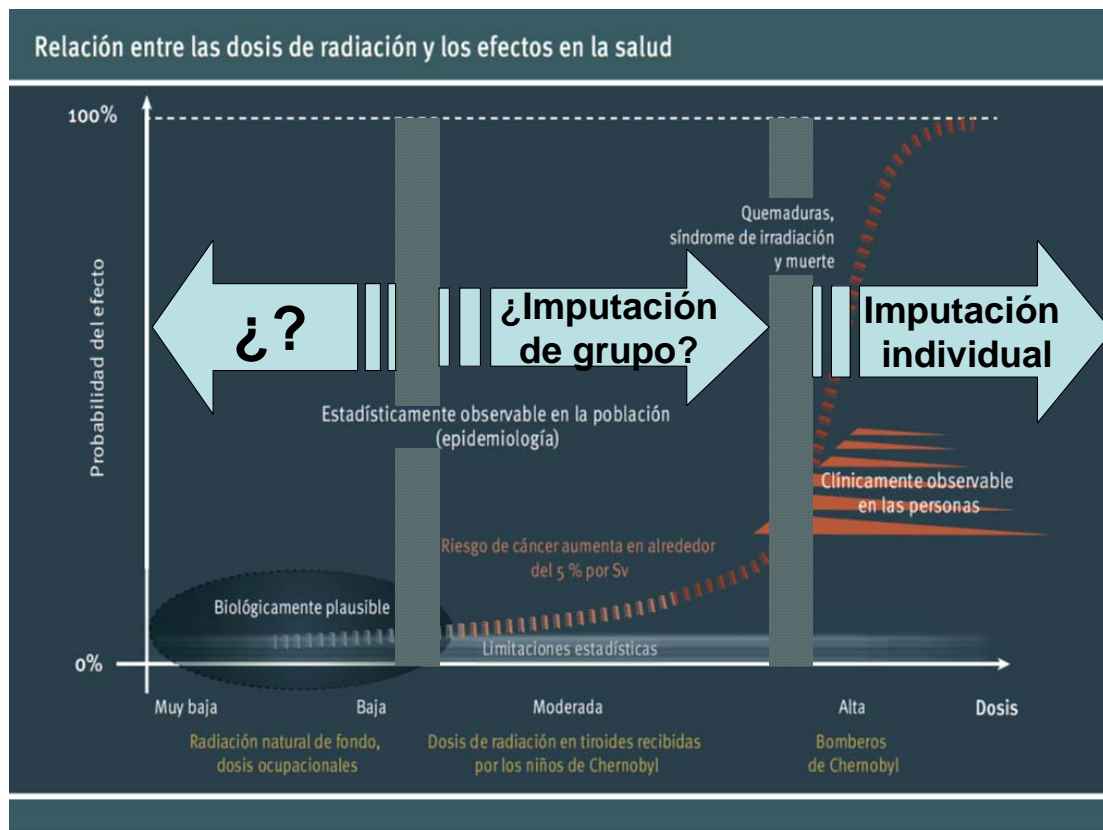


Figura 31: Posibilidades de imputación

En la región de dosis alta, los efectos sobre la salud individual son clínicamente atribuibles y verificables y, por lo tanto, la imputación del daño sufrido por el individuo afectado es relativamente sencilla. La atribución es clara; la imputación a menudo vincula directamente al individuo que sufre el daño por radiación con la persona responsable y una demanda clásica, es decir una acción legal civil de una persona o entidad contra otra persona o entidad, tiene una alta probabilidad de éxito.

En la región de dosis moderada, el aumento de la incidencia de efectos nocivos en grupos de población es epidemiológicamente atribuible

y verificable y, por lo tanto, es factible la imputación a la persona responsable. Cuando se trata de estos efectos de dosis moderadas, es más lógica una imputación colectiva o de grupo, a través de una demanda colectiva donde los demandantes son un grupo de personas que presentan un reclamo colectivo.

En la región de dosis bajas, el daño por radiación no es atribuible ni comprobable a nivel individual o colectivo, pero se puede inferir cierto riesgo de radiación. Desde una perspectiva legal, las afirmaciones basadas en la exposición a dosis bajas o tasas de dosis bajas son inciertas. Dado que es posible que el daño por radiación aún no se haya presentado o, si está presente, podría eliminarse con el tiempo de la supuesta situación de exposición, un tribunal podría tener dificultades para establecer, más allá de toda duda razonable, un vínculo causal entre la situación de exposición y cualquier efecto en la salud supuestamente sufrido por el demandante. El problema que aquí se presenta es de objetividad. No se puede atestiguar la causa, el resultado nocivo sólo se infiere considerando un riesgo teórico y quizás la probabilidad de ocurrencia y cualquier juicio basado en estos hechos ambiguos tendrían un alto grado de subjetividad.

El consenso científico sobre los efectos en la salud atribuibles a la exposición a la radiación, consenso que en sí mismo no es del todo uniforme y, francamente, sigue evolucionando, debería servir de base para el desarrollo de instrumentos legales a fin de tener un tratamiento más uniforme de las acciones legales.

En particular, la cuestión de la imputación legal cuando se consideran tasas de dosis bajas debe considerarse cuidadosamente. Este tema aún no ha cristalizado en ningún tipo de enfoque universal, en gran parte dadas las diferencias fundamentales entre los sistemas legales basados en casos y los codificados. La comunidad científica está ansiosa por brindar a los expertos legales orientación basada en la comprensión progresiva de la atribución de los efectos de la radiación después de situaciones de exposición a la radiación.

Dadas las diferencias culturales, normativas y legislativas entre países, se destacan dos objetivos fundamentales. Primero, parece imperativo fomentar un entendimiento legal común de causa y efecto cuando se trata de situaciones de daño por radiación asociado a una situación de exposición a la radiación. Desde una perspectiva científica, esto parece factible y, si la comunidad jurídica lo adopta, mejoraría en gran medida la seguridad jurídica. En segundo lugar, y quizás aún más optimista, el establecimiento de un consenso científico y legal universal para dirigir la

aplicación de la ley en cualquier situación reduciría aún más la incertidumbre e incluso podría beneficiar el desarrollo y la armonización de diferentes legislaciones nacionales. En realidad, sin embargo, 'la ley' no es un concepto uniforme y las naciones, los tribunales y los jueces, los fiscales y los abogados siempre querrán analizar los hechos de cualquier caso individual, evaluar las diferencias y las excepciones a las reglas si las hay y , en general, afirman su razonamiento independiente.

## **Magnitudes y Unidades**

Otro desafío importante para el futuro es clarificar una serie de temas asociados a las magnitudes y unidades que se utilizan para controlar la exposición de los trabajadores a la radiación.

Existen al momento innumerables magnitudes para controlar la exposición ocupacional. Hay magnitudes: físicas (actividad, dosis absorbida); para la protección (dosis equivalente, dosis efectiva); operacionales (equivalente de dosis); extensivas, como la energía (la dosis colectiva); e, intensivas, como la temperatura (la dosis). Consecuentemente, también existen un gran número de unidades: becquerelios y curies; grays y rads; sieverts y rems; personas.grays y personas.rads; personas.sieverts y personas.rems.

Este complejo sistema de magnitudes y unidades ha generado problemas y merece ser revisado en el futuro. Se ha presentado un diagnóstico de las posibles dificultades con el sistema internacional de magnitudes y unidades de protección y se han descrito posibles desafíos para abordar las posibles dificultades con el sistema<sup>54</sup>, el que también resume las críticas al sistema, incluidas las lecciones recopiladas después del accidente de Fukushima<sup>55</sup> y las reflexiones sobre el sistema de la metrología<sup>56, 57, 58</sup>.

---

<sup>54</sup> González, A.J., 2021. *Emerging challenges for the International System of Quantities and Units for Radiation Protection*. In IRPA15 - 15th International Congress of the International Radiation Protection Association. Enhanced Topic Session-ET2-Units and Measurement Quantities: Implications of Recommendations by ICRP and ICRU. Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

<sup>55</sup> A. J. González, M. Akashi, J. D. Boice Jr, M. Chino, T. Homma, N. Ishigure, M. Kai, S. Kusumi, J. K. Lee, H. G. Menzel, O. Niwa, K. Sakai, W. Weiss, S. Yamashita and Y. Yonekura, 2013. Radiological protection issues arising during and after the Fukushima nuclear reactor accident. *J. Radiol. Prot.* 33 [2013] 497–571.

<sup>56</sup> Peixoto, J. G. P.; Potiens M. P; McEwen, M.; Cunha, P. G.; González, A.J.; de Almeida, C. E. V.; Spano, F.; Pereira, W. W; Leite, S. P.; Delgado, J.U.; Costa, P. R.; Nersissian, D. Y.; and Salata, C. with J. G. Pereira Peixoto (Editor), 2016. *Ionizing Radiation Metrology*. ISBN: 978-

La Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación (ICRU) ha reaccionado para abordar esos desafíos<sup>59, 60</sup>. La ICRU informa que las magnitudes operativas y medibles para la protección contra la radiación externa complementan las magnitudes de protección, que, por su naturaleza, no son medibles. Las magnitudes operativas se utilizan para evaluaciones prospectivas y retrospectivas de campos de radiación, mediante medición o cálculo. Los dosímetros personales y los instrumentos para el monitoreo de áreas están diseñados para indicar las magnitudes operativas y se calibran de manera rutinaria con campos de radiación estándar que pueden relacionarse con las magnitudes operativas.

Las definiciones de las magnitudes operativas para la dosis equivalente personal y ambiental fueron definidas en los Informes 39 (1985), 43 (1988) y 51 (1993) de la ICRU y, para fotones en el rango de energía de 70 keV a 3 MeV, dan estimaciones aceptables de la magnitud de protección dosis efectiva definida por la ICRP y establecida en estándares internacionales. A energías de fotones más bajas y más altas, las magnitudes operativas definidas en los Informes ICRU 39 - 51 muestran, respectivamente, sobreestimaciones y subestimaciones significativas de las magnitudes de protección. Además, los coeficientes de conversión dados para las magnitudes operativas se han calculado solo para un subconjunto limitado de partículas: fotones, electrones y neutrones.

El nuevo informe de la ICRU recomienda definiciones alternativas de las magnitudes operativas que son mejores estimadores de las magnitudes de protección que las dadas anteriormente. Los coeficientes de conversión de las magnitudes del campo físico (fluencia y, para fotones, kerma en aire) se dan para las siguiente partículas en amplios rangos de energía: fotones, electrones, neutrones, protones, muones, piones e iones de

---

85-921219-0-7. Departamento de Metrologia, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear; Rio de Janeiro, Brazil, 2016.

<sup>57</sup> A. J. González, C. E. Veloso de Almeida, and F. Spano, 2016. *Radiation Protection Quantities and Units: Desirable Improvements*. In *Op. cit.* Peixoto et al, 2016; Chapter V.

<sup>58</sup> A. J. González, 2020. *Análises sobre o sistema internacional de grandezas e unidades de proteção contra radiação* (in Portuguese). At the VII Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes – CBMRI 2020. Virtual Format, 23 - 25 November, 2020 (in press).

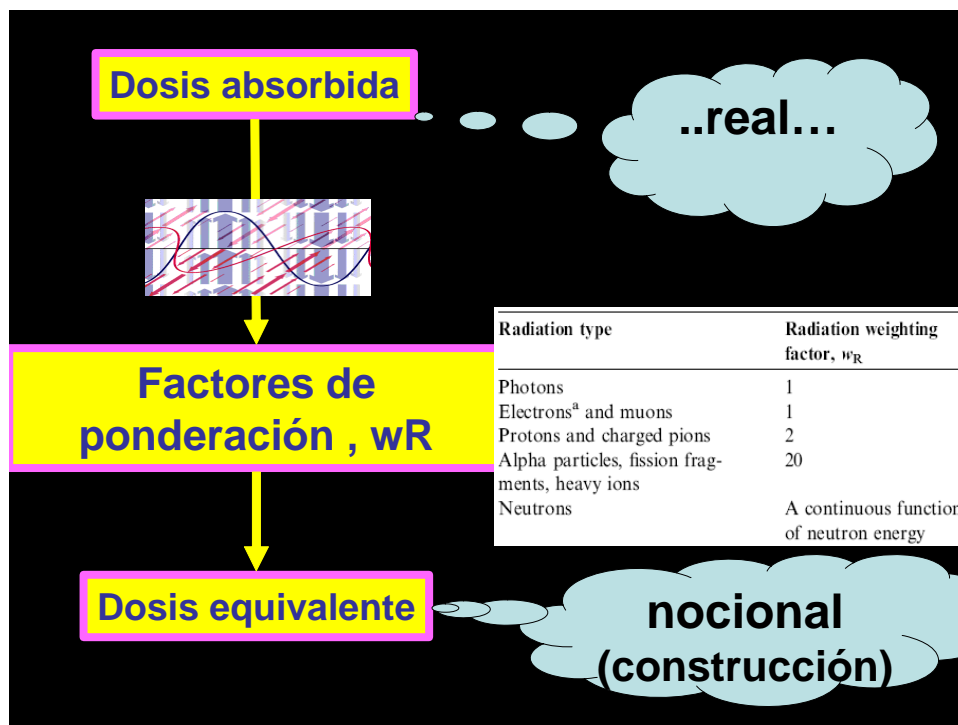
<sup>59</sup> ICRU Report 95, 2021. *Operational quantities for external radiation exposure*. J ICRU 2020;20:7

<sup>60</sup> H. G.Menzel, 2021. New Definitions of ICRU and ICRP Operational Quantities for External Radiation: Concept and Practical Implications. *Op-cit.* Enhanced Topic Session IRPA15.

helio. El informe recomienda que los fabricantes y desarrolladores de instrumentos trabajen para desarrollar dosímetros e instrumentos revisados que proporcionen mediciones precisas que cumplan con las nuevas recomendaciones. Y también recomienda que las autoridades internacionales y nacionales reconozcan la necesidad de un período de adopción gradual y prudente para equilibrar los costos de implementación con el beneficio de un sistema más coherente de magnitudes operativas, que representen la magnitud de protección en la medición.

Estas revisiones propuestas y publicadas por la ICRU y la ICRP, son bienvenidas, pero podrían ser insuficientes. Es que el sistema parece presentar algunos desafíos epistemológicos que también deben abordarse. Estos incluyen el uso de magnitudes y unidades comunes para: cuantificaciones distintas, por ejemplo la cuantificación de efectos de la radiación clínicamente observables, ó estadísticamente observables, ó biológicamente plausibles, tal como ha indicado UNSCEAR. Estos son diferentes conceptos, que podrían meritir una cuantificación con magnitudes y unidades distintas.

Este importante problema epistemológico se puede resumir en la Figura 32 compuesta de dos representaciones, las que detallan el desarrollo de las magnitudes que se utilizan actualmente en protección radiología, las que evolucionan desde una magnitud física real hasta una magnitud nocial para finalizar en una magnitud conjetural..



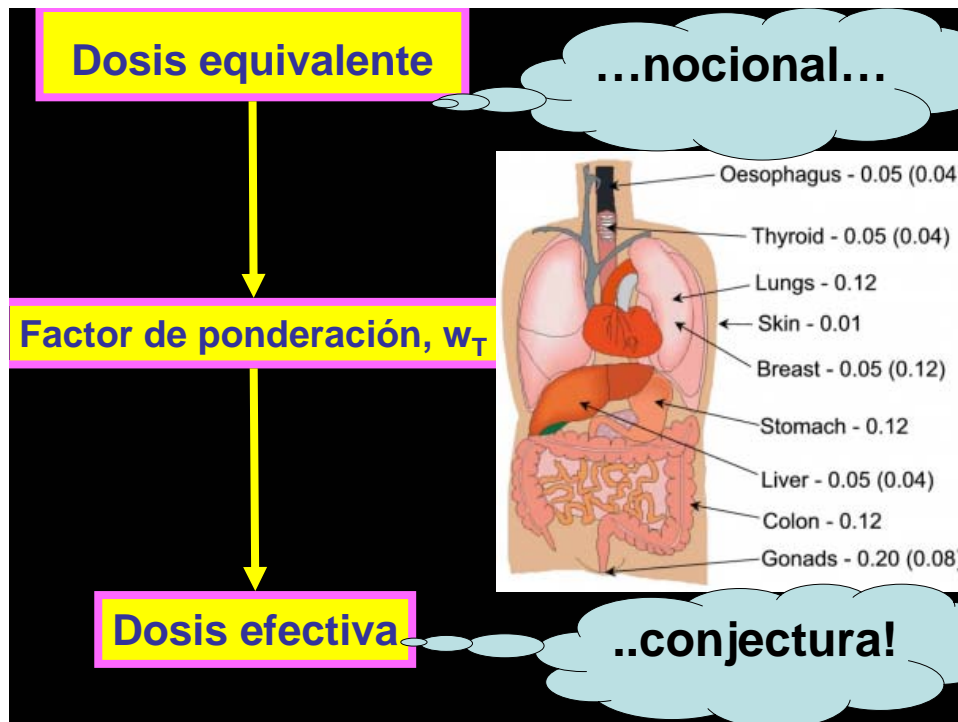


Figura 32: La epistemología de las magnitudes utilizadas en protección radiológica

Otro problema epistemológico es que la misma familia de magnitudes dosimétricas (sin salvedades) se utilizan como: magnitudes intensivas (por ejemplo la dosis) y magnitudes extensivas por ejemplo la dosis colectiva). Esto no sucede en otras áreas de la ciencia que requieren mensurabilidad y ha generado una gran confusión.

Finalmente, se debería abordar y corregir una deficiencia importante del sistema actual: las magnitudes y unidades actuales parecen ser ineficientes para la información y comunicación pública. Fallan en transmitir, de una manera completa, fácilmente comprensible y creíble, los efectos y riesgos de la radiación, y facilitan la generación efectos psicológicos asociados a la mala comprensión de la radiación.

En resumen se alienta a que las organizaciones internacionales e intergubernamentales relevantes consideren mejorar el actual sistema internacional de magnitudes y unidades no solo en sus evidentes deficiencias técnicas sino también en sus deficiencias epistemológicas y sus debilidades comunicacionales.

## La producción de energía eléctrica

Otro desafío muy importante es que se está generando un nuevo paradigma para la protección de los trabajadores dedicados a la producción de energía eléctrica.

Por iniciativa Argentina el UNSCEAR llevó a cabo un informe de las Naciones Unidas sobre la exposición a la radiación, especialmente la ocupacional, de las diferentes fuentes de energía eléctrica<sup>61</sup>. Si bien la exposición a la radiación a la que están sometidos los trabajadores debida a la producción de electricidad a partir de la energía nuclear ha suscitado interés desde que empezó a utilizarse esa tecnología, la exposición a la radiación derivada del empleo de otras tecnologías de generación de electricidad no había sido objeto de estudios tan exhaustivos. En su nuevo informe UNSCEAR llevó a cabo un análisis de las exposiciones incurridas por los trabajadores involucrados en distintas tecnologías de producción eléctrica tales como la energía nuclear; la combustión de carbón, gas natural, petróleo y biocombustibles; y la energía geotérmica, eólica y solar

UNSCEAR evaluó la exposición ocupacional ocasionada por los así llamados ‘ciclos de vida’ de cada fuente de energía. Por ejemplo, para la energía nuclear se incluyeron en el ciclo la extracción de uranio, el molido y los residuos de fábrica, el funcionamiento de las centrales nucleares y las actividades de reprocesamiento; en cuanto al ciclo de vida asociado a la combustión de carbón, se incluyeron la extracción de carbón, el funcionamiento de las centrales eléctricas de carbón (tanto modernas como convencionales) y los depósitos de las cenizas de carbón.

Con el fin de comparar los niveles de exposición, el UNSCEAR se centró en dos mediciones. En primer lugar, se midieron las dosis incurridas derivadas de la generación de electricidad a lo largo de un año a nivel mundial. La segunda medición se halló dividiendo las dosis pertinentes entre la cantidad de electricidad producida por cada tecnología.

UNSCEAR analizó la exposición debida a las diversas actividades en el ciclo necesario para *generar* energía eléctrica desde una fuente y, separadamente, las del ciclo necesario para *instalar potencia* eléctrica de una fuente.

Las conclusiones fueron sorprendentes. Para la generación de electricidad, UNSCEAR concluyó que el ciclo de carbón (de plantas de carbón modernas) contribuía en más de la mitad a la dosis. Por otro lado, el

---

<sup>61</sup> UNSCEAR, 2016. The UNSCEAR 2016 Report UN General Assembly (A/71/46 and Corr.1) and four scientific annexes. Annex B: Radiation exposures from electricity generation. UN, New York, 2016.

ciclo del combustible nuclear representó menos de la quinta parte. La contribución del ciclo del carbón procede de radionúclidos naturales (principalmente, radio, radón y sus descendientes radiactivos) derivados de la extracción de carbón, la combustión de carbón en las centrales eléctricas y los depósitos de cenizas de carbón. Del mismo modo, prácticamente la mitad de la exposición recibida por la población mundial asociada al ciclo del combustible nuclear procede de las emisiones de radionúclidos naturales derivadas de la extracción de uranio y las actividades de tratamiento. En cuanto al resto de las tecnologías, las siguientes que más contribuyeron a la exposición fueron la energía geotérmica y la combustión de gas natural. La Figura 33 presenta los valores numéricos comparativos entre la generación de electricidad por la combustión de carbón y por energía nuclear.

CARBÓN			NUCLEAR		
Fuente	Dosis colectiva [sievert persona]	Dosis colectiva normalizada [sievert persona/GWañño]	Fuente	Dosis colectiva [sievert persona]	Dosis colectiva normalizada [sievert persona/GWañño]
Extracción del carbón	<b>370</b>	<b>0.4</b>	Extracción del uranio	<b>53</b>	<b>0.2</b>
Operación de plantas viejas	<b>780</b>	<b>0.8</b>	Operación de Centrales Nucleares	<b>68</b>	<b>0.2</b>
Operación de plantas nuevas	<b>60</b>	<b>0.1</b>			
Depósitos de cenizas	<b>240</b>	<b>0.2</b>	Reproceso miento	<b>7.6</b>	<b>0.03</b>

**Figura 33: Valores numéricos comparativos de dosis entre la generación de electricidad por la combustión de carbón y por energía nuclear**

Pero la mayor sorpresa derivada del estudio de UNSCEA provino de la evaluación de las dosis debidas a la instalacion de potencia electrica. Esta evaluación concluyó que. Las mayores dosis recibidas por los trabajadores por unidad de electricidad potencial generada procede, con diferencia, del ciclo de la energía solar, seguida del ciclo de la energía eólica. Ello se debe a que esas tecnologías requieren grandes cantidades de metales del grupo de las tierras raras y a que la extracción de minerales de baja ley expone a los trabajadores a radionúclidos naturales durante el laboreo. Por ejemplo: los paneles solares utilizan telurio y el telurio es tres veces más raro que el



oro; y, el neodimio un elemento extremadamente raro en la naturaleza se utiliza para las instalaciones de energía eólica que emplea el polvo magnético de neodimio-hierro-boro [NdFeB] para fabricar los imanes permanentes para turbinas eólicas. La Figura 34 presenta la comparación de dosis causadas por la construcción de plantas generadoras de electricidad, normalizada por unidad de electricidad generada.

<b>Dosis colectiva causada por la construcción de plantas generadoras de electricidad</b> (normalizada por unidad de electricidad generada)	
<b>Tecnología</b>	<b>Dose colectiva normalizada causada por la extracción y procesamiento de minerales necesarios para la construcción (Sv persona/GW a)</b>
Solar (PV)	0.8
Eólica	0.1
Gas natural	0.01
Nuclear	0.02
Carbón	0.01
Biomasa	0.01

**Figura 34: Comparación de dosis causadas por la construcción de plantas generadoras de electricidad, normalizada por unidad de electricidad generada.**

¿Cuáles son entonces los nuevos desafíos presentados por estas estimaciones noveles?: En primer lugar, los profesionales de la protección radiológica deberían informar debidamente a las autoridades laborales sobre el impacto radiológico ocupacional de las diferentes fuentes de energía para producir electricidad; en segundo lugar, deberían demandar la regulación de la exposición a la radiación de todas las fuentes de energía eléctrica y no solo de la nuclear.

Se debería reconocer que existe un limbo legal en esta materia. El sistema legal de protección laboral que cubre la radiación de fuentes no nucleares de electricidad es o más débil que el régimen regulador nuclear o inexistente. No existe un régimen internacional que cubra estas exposiciones a la radiación. La mayoría de las autoridades reguladoras nucleares nacionales simplemente carecen de un mandato legal para regular estas actividades

En resumen, el informe de UNSCEAR debería generar un gran cambio en el paradigma de la protección radiológica ocupacional de los trabajadores involucrados en la producción de energía. Hasta ahora el foco ha estado puesto en los trabajadores de las centrales nucleares. Pero debería reenfocarse a los trabajadores de las otras industrias, especialmente a los mineros del carbón y de la producción de tierras raras. Muchos de estos trabajadores no disponen de medidas de protección.

### **Desafío concluyente**

El desafío concluyente es que se debería cambiar el foco de la protección radiológica ocupacional y centrarla en la protección de los trabajadores expuestos a la radiación natural. Las conclusiones de UNSCEAR al respecto son definitivas: las mayores dosis de radiación incurridas por los trabajadores son debidas a actividades que involucran la exposición a la radiación natural.

La estimación que había hecho el UNSCEAR hace algunos años era que el número total de los trabajadores monitoreados en su exposición a la radiación era de aproximadamente 23 millones en todo el mundo, de los cuales alrededor de 10 millones estaban expuestos a las fuentes artificiales. Un número muy grande pero desconocido de trabajadores estaba expuesto a la radiación natural a causa de sus trabajos. Tres de cada cuatro trabajadores expuestos a las fuentes artificiales trabajaban en el sector médico. La evaluación de las tendencias de las dosis incurridas efectiva muestra un aumento en la exposición por fuentes naturales, debido principalmente a la minería, y una disminución en la exposición por fuentes artificiales, debida principalmente a la adecuada implantación de medidas de protección radiológica. La Figura 35 resume la situación.

Tendencias mundiales de la exposición a radiación en el trabajo (en mSv)*				
Años	1970	1980	1990	2000
<b>Fuentes naturales</b>				
Tripulaciones de aeronaves	—	3,0	3,0	3,0
Mineros del carbón	—	0,9	0,7	2,4
Otros mineros**	—	1,0	2,7	3,0
Trabajadores de diversos sectores	—	6,0	4,8	4,8
<b>Total</b>	—	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,9</b>
<b>Fuentes artificiales</b>				
Trabajadores en el ámbito de la medicina	0,8	0,6	0,3	0,5
Trabajadores de la industria nuclear	4,4	3,7	1,8	1,0
Trabajadores de otras industrias	1,6	1,4	0,5	0,3
Trabajadores de diversos sectores	1,1	0,6	0,2	0,1
<b>Total</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
* Estimaciones de la dosis efectiva media que recibe un trabajador en 1 año.				
** Los mineros que extraen uranio se incluyen entre los trabajadores de la industria nuclear.				

Figura 35; Tendencias en las dosis incurridas por los trabajadores

## EPILOGO

La protección radiológica ocupacional ha sido sin duda uno de los mayores sucesos en el campo de la protección de los trabajadores. Sin embargo aun presenta algunos desafíos para resolver

Corresponde sugerir propuestas para hacer frente a estos desafíos, A nivel internacional el OIEA y la OIT, en cooperación con los trabajadores, los empleadores y los representantes gubernamentales, podrían considerar emprender algunas acciones. Por ejemplo, se sugieren las siguientes alternativas:

- la OIT, en cooperación con el OIEA podría considerar iniciar un proceso para revisar y adaptar la Convención 115 a los nuevos desafíos;
- dado que la revisión de Convenciones adoptadas por los cuerpos legislativos de los países es a veces muy complicado, alternativamente, la OIT y el OIEA podrían considerar iniciar un proceso conjunto para convocar una Conferencia Diplomática para adoptar una Declaración sobre Protección Radiológica Ocupacional que aborde los problemas pendientes; y, finalmente, si ninguna de las alternativas anteriores es factible,
- el OIEA, en copatrocinio con OIT, podría considerar desarrollar y establecer un Código de Conducta sobre Protección radiológica Ocupacional que aborde esos problemas.

Finalmente debemos reiterar que el sistema internacional e intergubernamental vigente para la protección radiológica ocupacional es excelente y que todo cambio para mejorarlo debe hacerse con mucho cuidado.

El mejor ejemplo de esta excelencia es la comparación de lo que ocurre con la radiación no-ionizante.

Existe una gran dicotomía entre la protección contra las radiaciones ionizantes (IR) y la protección contra las radiaciones no ionizantes (NIR). Tal como hemos visto, el sistema de protección radiológica internacional e intergubernamental para las IR es: universal y consensuado; fundado en la ciencia aceptada internacionalmente acordada en el UNSCEAR; basado en un paradigma universalmente aceptado desarrollado a lo largo de los años por la ICRP; resuelto en un régimen intergubernamental de normas copatrocinado por todos los organismos internacionales pertinentes bajo los auspicios de la OIT y el OIEA; aplicado por obligaciones contraídas por los Estados; e, incluyendo disposiciones para aplicaciones prácticas apoyadas por todas las agencias internacionales relevantes. Para la protección contra NIR, solo existe un *'proxi'* la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), creada por IRPA en 1992. Después de 30 años, su trabajo no ha podido reemplazar el esfuerzo combinado de UNSCEAR, ICRP y las agencias intergubernamentales. Tales diferencias en los enfoques de protección entre IR y NIR van en contra de las bases éticas fundamentales de la profesión de los radioproteccionistas. El interés de las sociedades profesionales especializadas y de sus miles de miembros, es resolver esta brecha. Se necesitan respuestas claras a preguntas tan básicas como: ¿Cuál es la ciencia consensual respaldada internacionalmente sobre NIR? ¿Cuál es la base ética del paradigma de protección y los principios de

protección fácticos que se utilizan para NIR? ¿Cuál es el régimen intergubernamental de normas y obligaciones de seguridad para NIR? ¿Cuáles son las disposiciones para la aplicación global de dichas normas?

Parece haber llegado el momento de consolidar el sistema internacional e intergubernamental vigente para la protección radiológica ocupacional contra las radiaciones ionizantes y cerrar la brecha existente entre la protección contra IR y la protección contra NIR.



# Perspectivas de la protección radiológica para situaciones de exposición existentes

González, A.J.

Presentado en: Taller regional sobre la gestión de las situaciones de exposición existentes del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
Poços de Caldas, Brasil, 8 al 12 de agosto de 2022





# Taller regional sobre la gestión de las situaciones de exposición existentes

Organizado conjuntamente por el OIEA y acogido por el Gobierno de Brasil vía la CNEN  
Poços de Caldas, Brazil; 8 al 12 de Agosto de 2022

## Perspectivas de la Protección Radiológica para Situaciones de Exposición 'Existentes'

### Abel J. González

Autoridad Regulatoria Nuclear

Academias: de Ciencias de Bs.As, del Mar, y del Ambiente

Representante ante el United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

Miembro de la Commission of Safety Standards del OIEA

Ex-Vice-Presidente de la International Commission on Radiological Protection (ICRP) y de la International Radiation Protection Association

Autoridad Regulatoria Nuclear; ✉Av. Del Libertador 8250;(1429)Buenos Aires,Argentina ■+54 1163231306; 📧abel\_j\_gonzalez@yahoo.com

1

## Contenido

### I. Repasando la historia

### II. Desafíos

1. ¿Que es la 'situación de exposicion existente'?
2. Atribución de efectos.
3. Imputabilidad legal.
4. Magnitudes y unidades.
5. Estándares versus normas.
6. Secuelas de accidentes nucleares.
7. Alcance regulatorio.
8. ¡'Contaminación!

### III. Epílogo: NORMs, Protección ocupacional



- La '**protección radiológica**' nació poco después del descubrimiento de los rayos X y de la radiactividad.
- Las propiedades dañinas de la radiación se notaron rápidamente y se hizo evidente la necesidad de proteger a aquellos expuestos a estos fenómenos  
(**los radiólogos fundamentalmente**).

- Estos primeros '*radio-proteccionistas*' fueron principalmente los mismos **radiólogos**.
- Llamaron a sus actividades una '*práctica*', un término que fue generalizado con el tiempo para denotar cualquier actividad humana que
  - introduzca
    - ✓ fuentes adicionales de exposición o
    - ✓ vías adicionales de exposición, o
  - extienda la exposición a más personas, o
  - modifique las vías de **exposiciones existentes**, para
    - ✓ aumentar la exposición o la probabilidad de exposición de las personas o
    - ✓ el número de personas expuestas.

**En resumen,**  
la protección radiológica se inventó para  
hacer frente a lo que hoy llamamos  
**"situaciones de exposición planificadas"**  
**ocupacionales.**

(situación de exposición que originalmente se denominó  
**"prácticas".)**

- Por sorprendente que pueda parecer hoy, a esos primeros radio-proteccionistas no les importaba que la nueva "práctica" se llevara a cabo con (o además de) una exposición a la radiación 'existente' (por ejemplo, el 'fondo').
- De hecho, lo más probable es que no fueran entonces conscientes de cuán relevante podían ser las dosis existentes.
- Hace relativamente poco tiempo que la importancia y quizás incluso el predominio de la radiación 'existente' (de fondo) se hicieron evidentes.

**Este complejo nacer es el responsable  
de los muchos**

***desafíos***

**que se nos presentan para implementar  
protección radiológica en situaciones de  
'*exposición existente*'.**

**¡A continuación presentaré algunos!**

# Desafio 1

¿Que es la  
'situación de exposicion existente'?

*('estados de exposición que existen cuando tiene que ser tomada una decisión sobre su control')*

- ¿Es una **existing** exposure situation?

ó,

- ¿es una **extant** exposure situation?

- **Diferencia:**

- **'existing'**, denota **ser** permanentemente,

y

- **'extant'**, denota **estar** transitoriamente.

Las diferencias entre 'existing' y 'extant' son obvias para los que hablamos castellano, porque aprendemos de chicos la diferencia entre **ser** y **estar**, pero no es así para otros lenguajes.

***Existing* y *extant* tienen raíces**

**etimológicas muy diferentes:**

- ***Existing*** deriva del latín *existire*, que significa existir, es decir ser; y,
- ***Extant***, deriva del latín *extare*, estar.

**El desafío consiste en clarificar estas situaciones y quizás dividir las.**

## **Desafio 2**

### **Atribución de efectos a las situaciones de exposición existente**

**La resolución del problema regulatorio pendiente de la atributabilidad de efectos detrimentales a situaciones de exposición a existente a bajas dosis de radiación, es fundamental para resolver el problema de su control.**

## **Confusión sobre 'LNT'**

**(la aclaración es crucial para las exposiciones existentes)**

**El acrónimo "LNT" describe diferentes conceptos**



## **'LNT'** **para los radio-biólogos**

- **Una premisa biológica:**

A dosis bajas de radiación, un incremento en la dosis producirá un incremento directamente proporcional en la probabilidad de contraer cáncer o efectos hereditarios atribuibles a la radiación.

## **'LNT'** **para los radio-epidemiólogos**

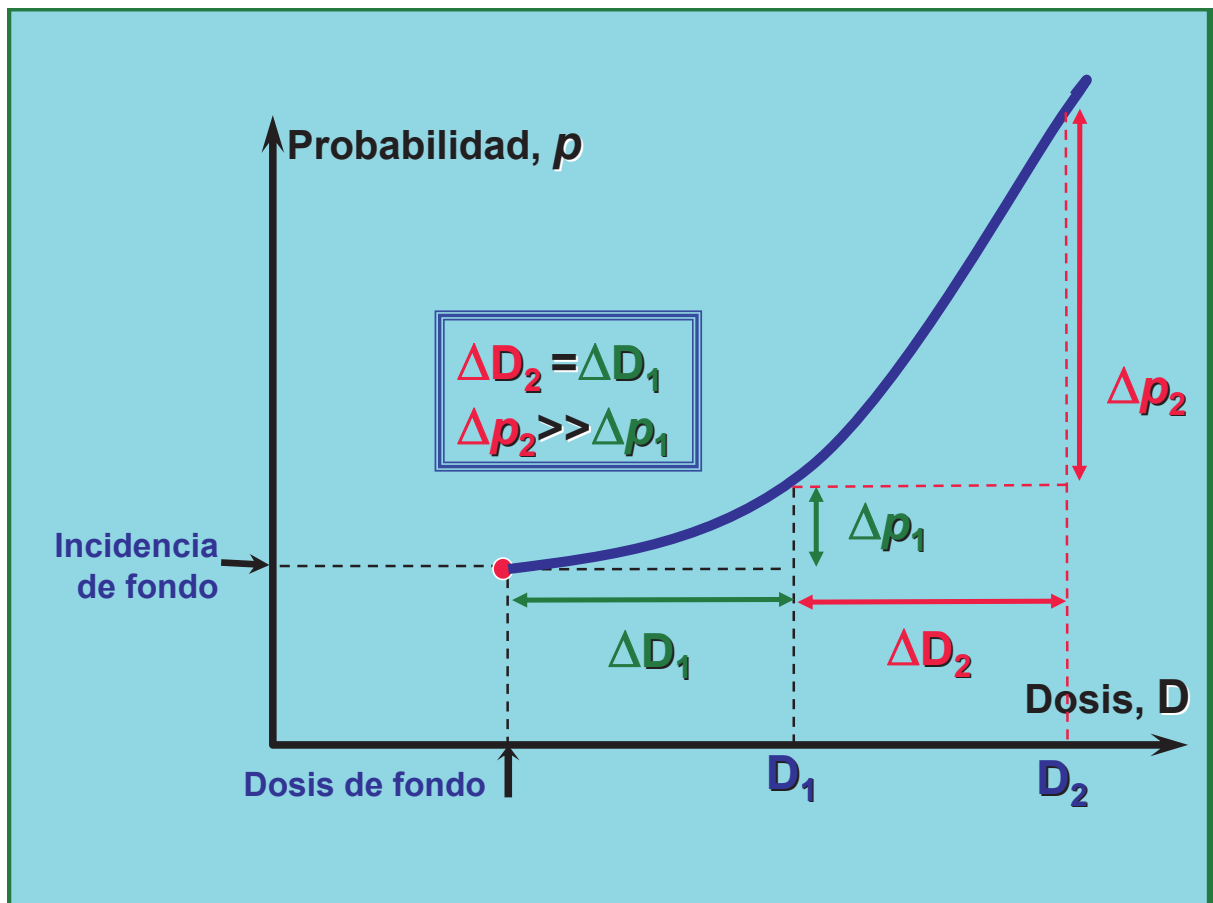
- **Una conjetura epidemiológica:**

la incidencia de efectos por unidad de dosis observada a dosis altas (con evidencia epidemiológica) permanece igual en dosis bajas (sin evidencia epidemiológica).

# 'LNT' para los radio-proteccionistas

- **Un modelo de protección radiológica:**

Un enfoque práctico para la gestión de la protección radiológica que considera la protección por dosis adicionales independientemente del nivel de dosis acumulada (entre otros motivos, para evitar discriminación laboral por edad)



SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION  
**UNSCEAR 2012 Report**

**Report to the General Assembly**

SCIENTIFIC ANNEXES A AND B

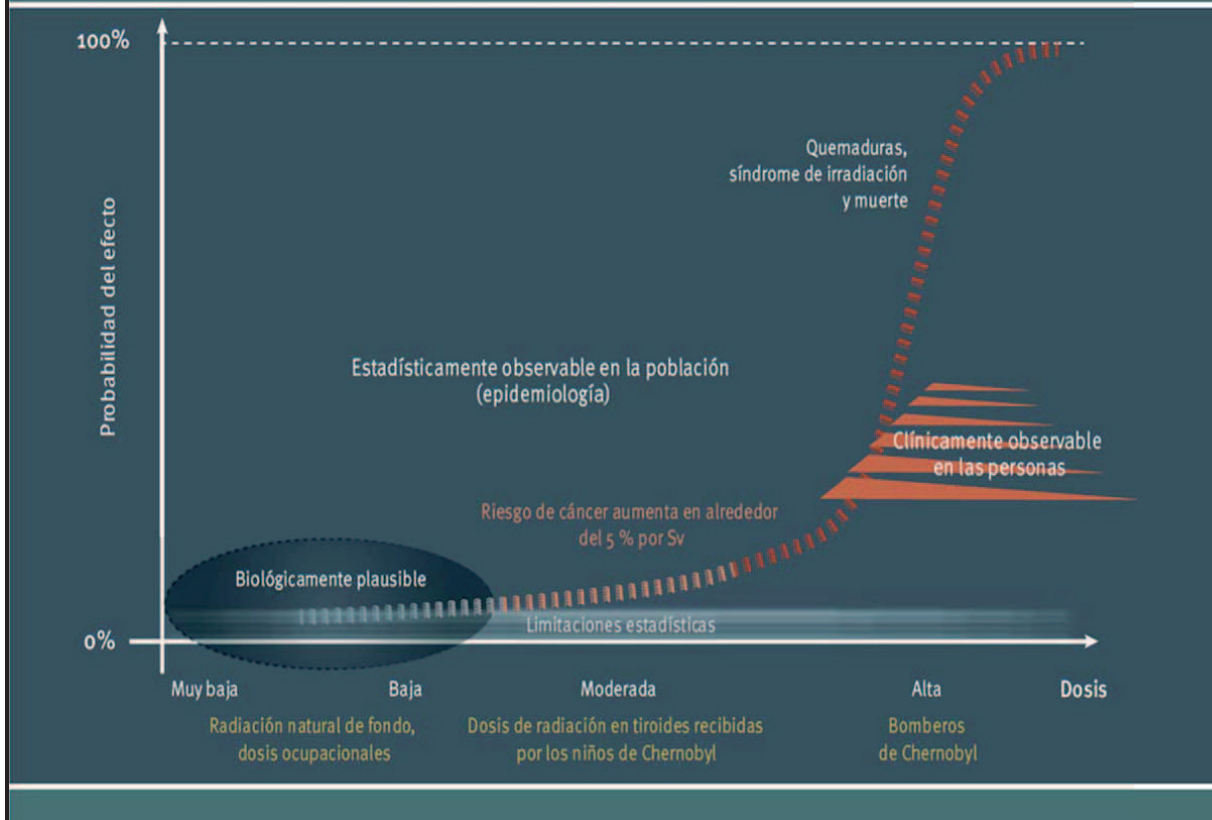
Annex A. Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks

Annex B. Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer



UNITED NATIONS

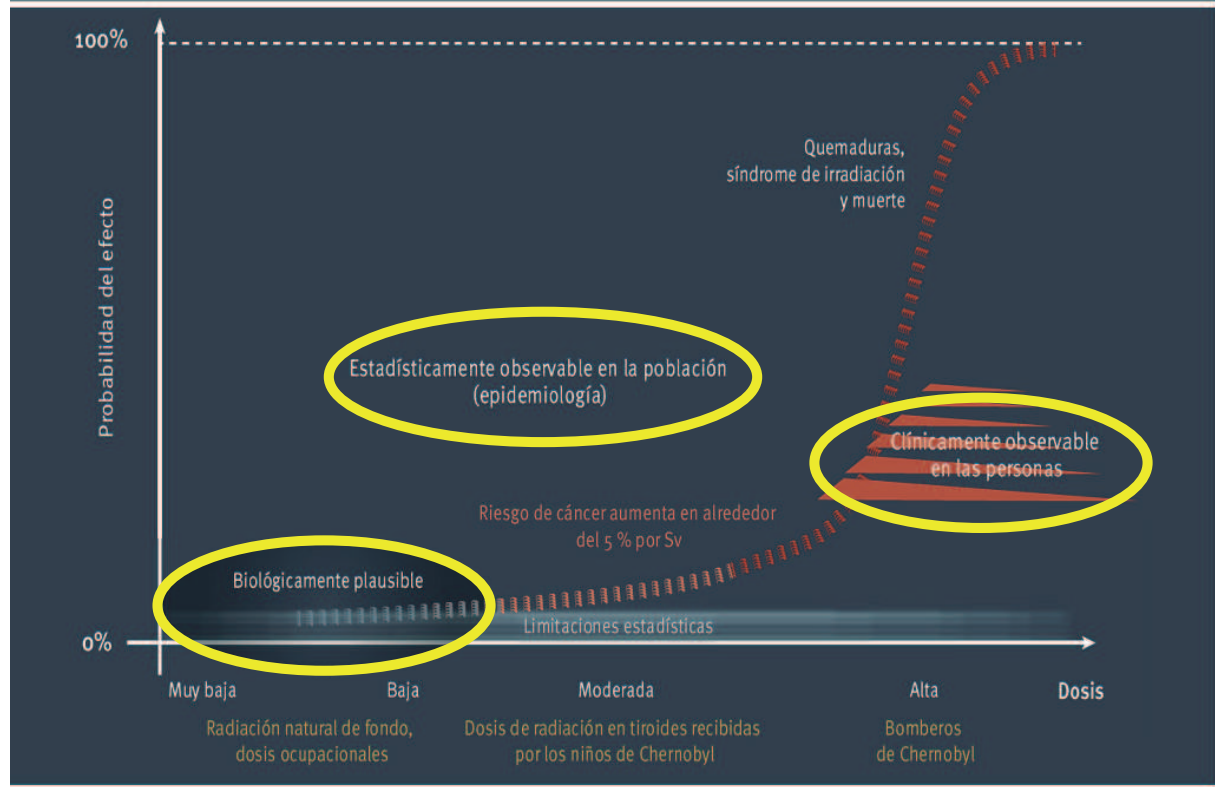
**Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud**



# Observación de efectos

23

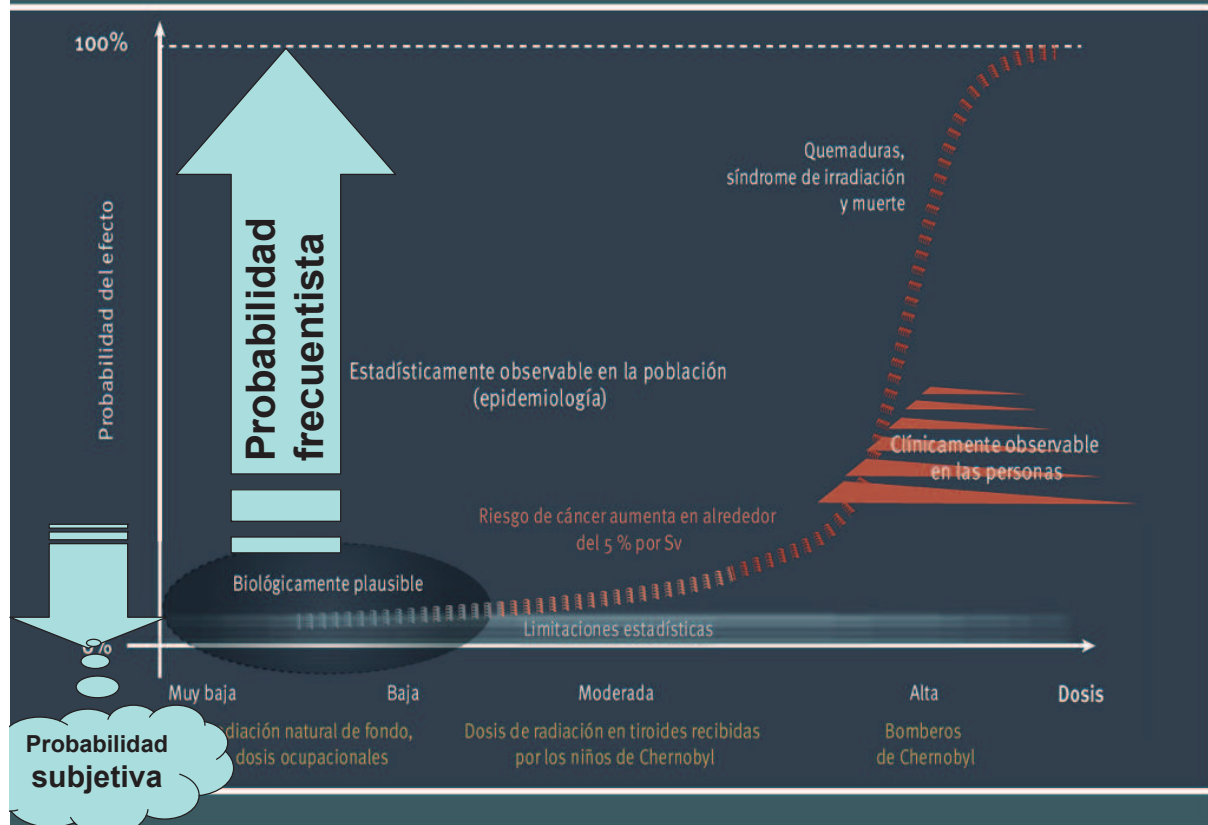
## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



# Probabilidades frequentistas *versus* Probabilidades subjetivas

25

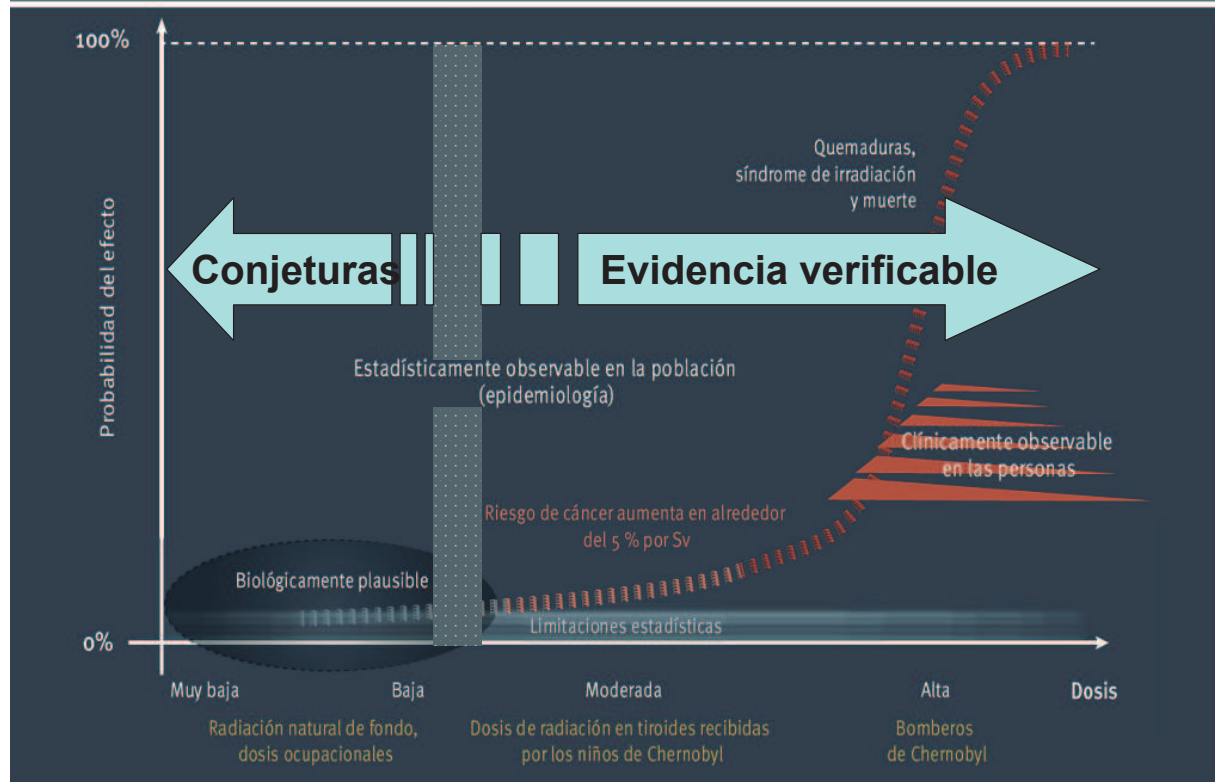
## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



# Hechos versus Conjeturas

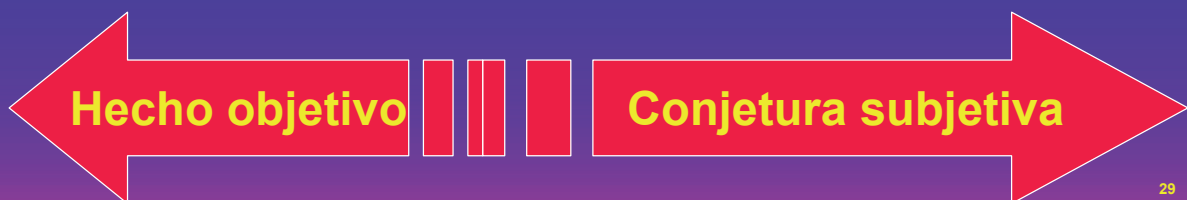
27

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



## Estimación de riesgo

**~5% / Sv** → **~0,005% / mSv**

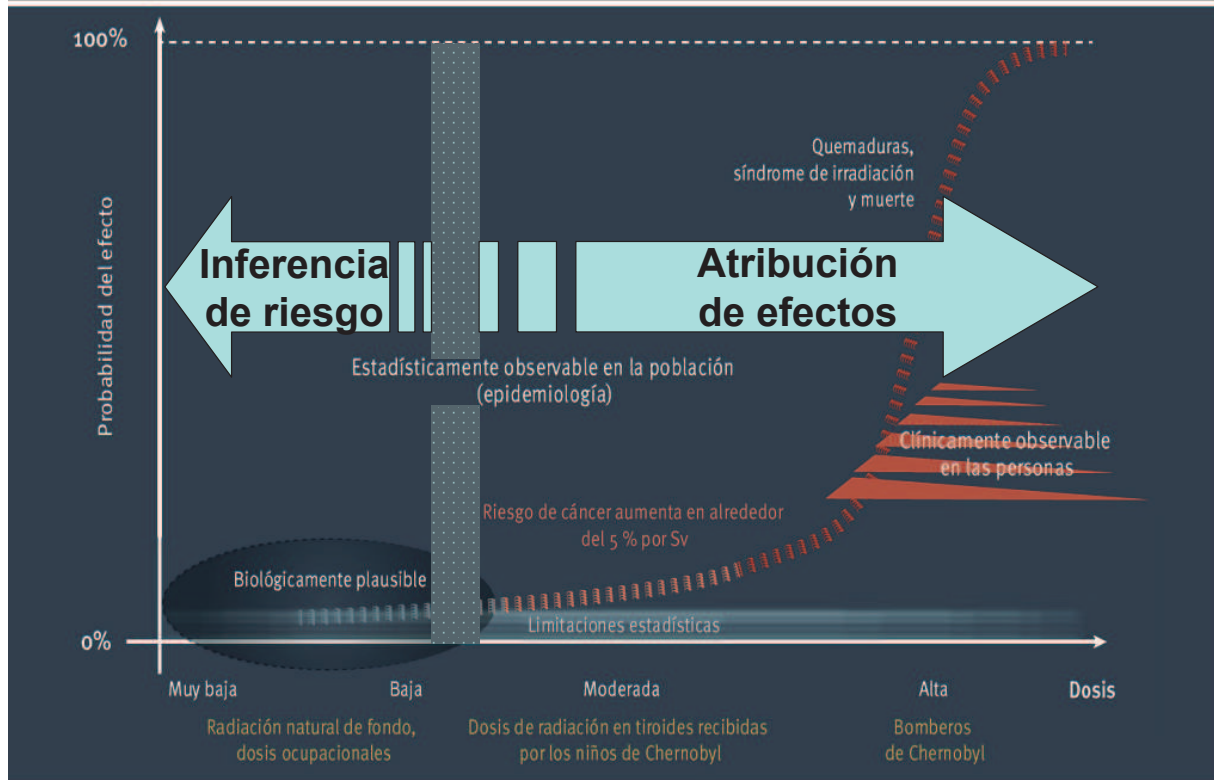


29

**Atribución *versus* Inferencia**

30

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**Diagnóstico individual**

***versus***

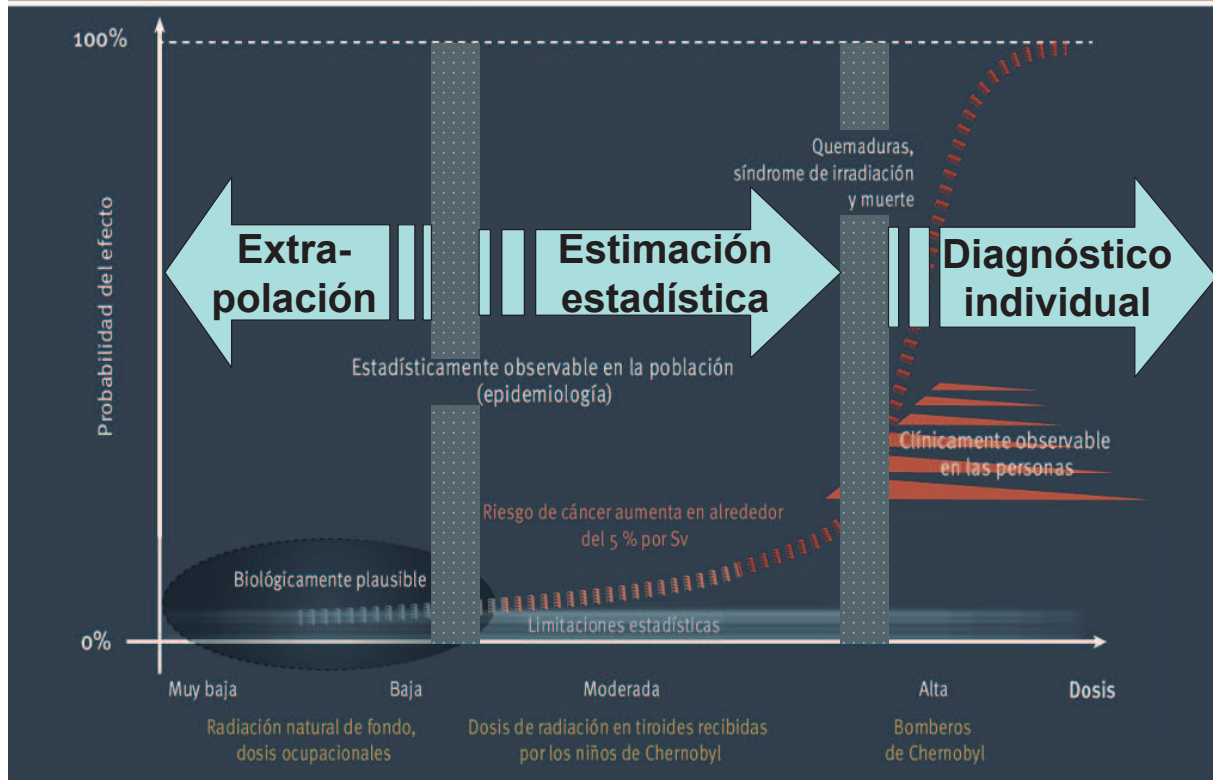
**Estimación estadística**

***versus***

**Extrapolación subjetiva**



## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**El desafío consiste en subrayar que en la mayoría de las situaciones de exposición existente los 'efectos' resultan de una inferencia subjetiva y no de una atribución objetiva**

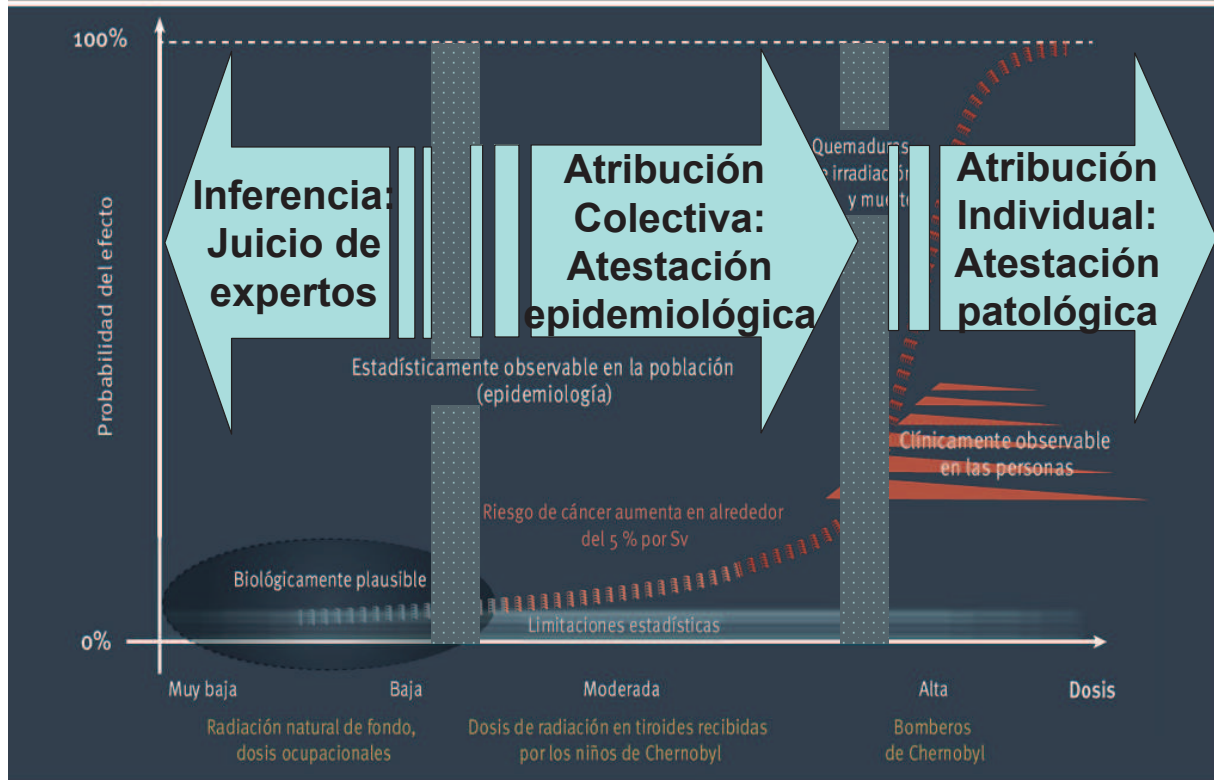
# **Desafío 3**

## **Imputabilidad legal**

**El tema concomitante de la imputabilidad legal de efectos en la salud a situaciones de exposición existente a bajas dosis (agravada por la recientes demandas en las cortes japonesas en ese sentido)**

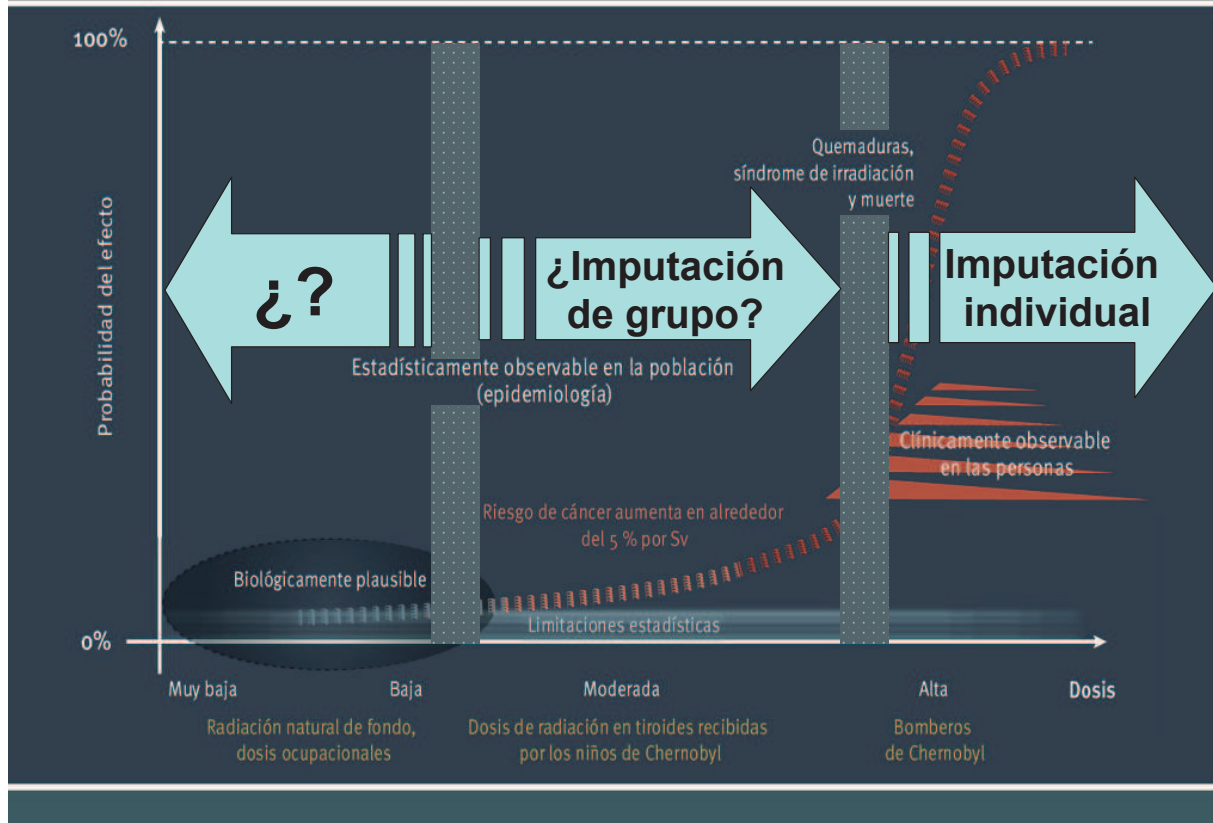
**Atestación patológica**  
*versus*  
**Atestación epidemiológica**  
*versus*  
**Juicio subjetivo de expertos**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



# Imputabilidad

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



Libro del OIEA con motivo de la Primera Conferencia Internacional sobre Derecho Nuclear (ICNL) 2022.

## Chapter 7

# Legal Imputation of Radiation Harm to Radiation Exposure Situations

Abel Julio González

**El desafío consiste en resolver el  
tema de imputabilidad de daño a las  
situaciones de exposición existente  
ante la rígida  
*codificación napoleónica*  
que rige en nuestros países**

41

## **Desafío 4**

### **Magnitudes y unidades**

**Los problemas causados por el sistema actual  
de magnitudes y unidades de protección  
radiológica son particularmente importantes  
para las situaciones de exposición existente  
(propuestas para abordarlos).**

## **Una lección derivada del accidente de Fukushima**

- Las magnitudes y unidades utilizadas en la situación de exposición existente han causado gran confusión y problemas de comunicación.....

.....incluyendo:

**Las diferencias entre las magnitudes no se comprenden bien, incluso por audiencias de alto nivel educativo;**

**Por ejemplo, diferencias entre:**

**dosis absorbida,**

**dosis equivalente**

**equivalente de dosis**

**dosis efectiva**

La distinción entre las magnitudes

**físicas**

de **protección** y

**operacionales**

es aún más difícil de entender.

(por ejemplo ***dosis equivalente*** versus  
***equivalente de dosis***)

El uso de la misma unidad para diferentes magnitudes, sin especificar la magnitud, aumenta la confusión y los malentendidos.

Por ejemplo, el uso de la unidad **sievert** para

- **dosis equivalente** (incurrida por un órgano),
- **dosis efectiva** (contraída por el cuerpo), y
- **equivalente de dosis** (campo de radiación).

**¡No está claro por qué se utiliza para la  
'contaminación' un sistema de magnitudes  
fundamentalmente desarrolladas para la radiacion  
externa!**

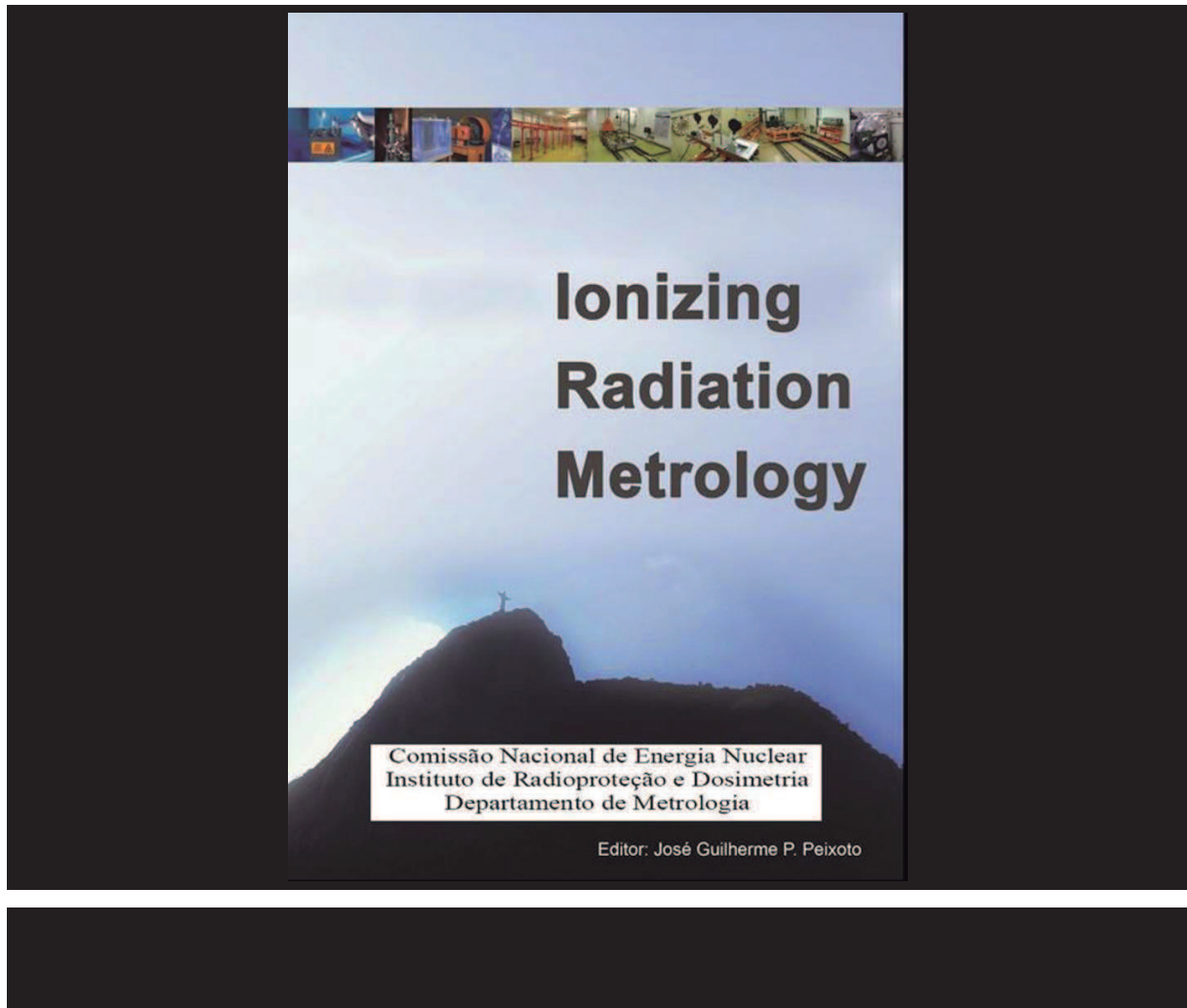
**(por ejemplo el caso del radón y el caso del tritio)**

**CBMRI**

**Primeiro Congresso  
Brasileiro de Metrologia da  
Radiação Ionizante**

**Rio de Janeiro, Brazil, 23-25 November 2014.**





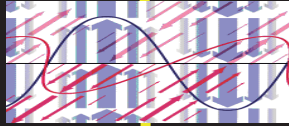
## **Chapter V**

# **Radiation Protection Quantities and Units: Desirable Improvements**

**Abel Julio González**  
**Carlos Eduardo Veloso de Almeida**  
**Francisco Spano**

Dosis absorbida

..real...



Factores de ponderación,  $w_R$

Radiation type	Radiation weighting factor, $w_R$
Photons	1
Electrons <sup>a</sup> and muons	1
Protons and charged pions	2
Alpha particles, fission fragments, heavy ions	20
Neutrons	A continuous function of neutron energy

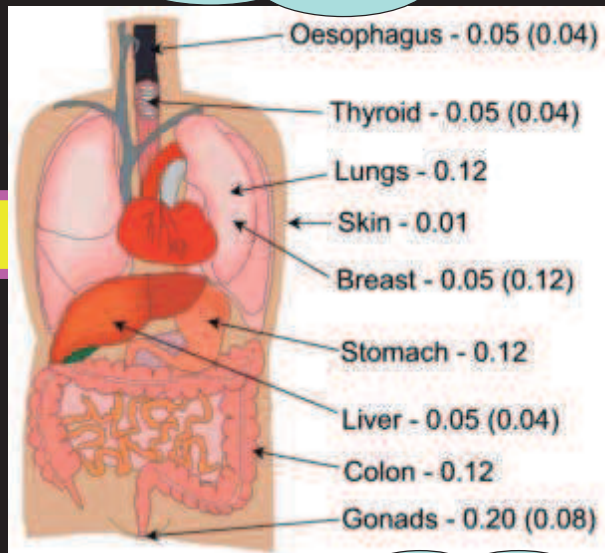
Dosis equivalente

nocional (construcción)

Dosis equivalente

...nocional...

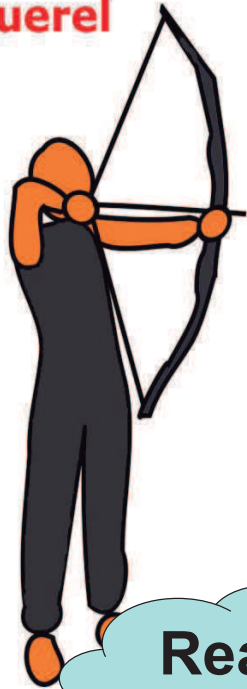
Factor de ponderación,  $w_T$



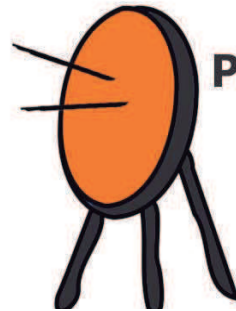
Dosis efectiva

..conjectura!

Number of Shots:  
**Becquerel**



Number of Hits:  
**Gray**



Points: **Sievert**

**Realidad**

**Conjetura**

## Un tema controversial

El uso de la magnitud dosis colectiva

# La dosis colectiva, S

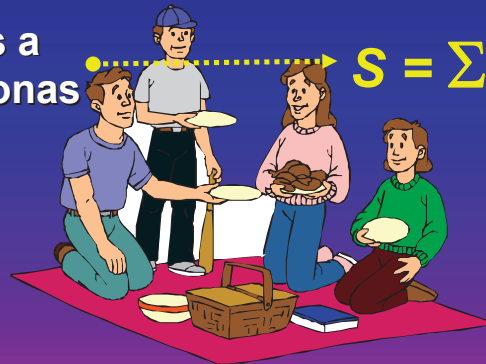
SITUACION DE EXPOSICIÓN EXISTENTE

Dosis,  $D$ , a una persona,



Dosis colectiva,  $S = 1 \times D$

$D_i$  dosis a  $N_i$  personas

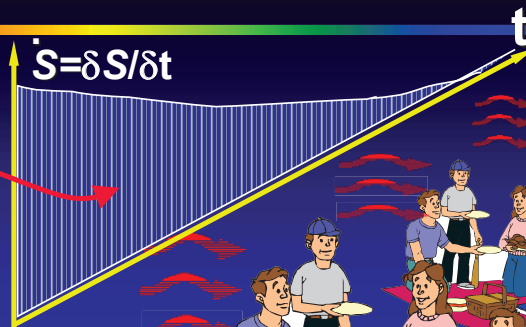


$S = \sum_i D_i N_i$

## Dosis colectiva integrada en el tiempo

$$S = \int_t^{\infty} \dot{S}(t) dt$$

SITUACION DE EXPOSICIÓN EXISTENTE



¿Debería utilizarse la misma familia de “magnitudes y unidades” (sin ninguna condición) como:

- **magnitudes intensivas, y**
- **magnitudes extensivas?**

(Esto no sucede en otras áreas de la física)

## Magnitudes intensivas

➤ Una magnitud intensiva es una magnitud física cuyo valor no depende de la cantidad de sustancia para la que se mide.

(Por ejemplo, la magnitud ***temperatura***)

**¡La *dosis individual* es una magnitud intensiva!**

# Magnitudes extensivas

➤ Una **magnitud extensiva** es una magnitud física cuyo valor es proporcional al tamaño del sistema que describe.

(Por ejemp., la **energía** es una **magnitud extensiva**)

¡La **dosis colectiva** es una **magnitud extensiva** !

¿Es epistemológicamente correcto utilizar la magnitud **dosis** tanto para **dosis individuales** como para **dosis colectivas**?

**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**

Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

**Emerging Challenges  
in the  
International System  
of  
Quantities and Units  
for  
Radiation Protection**

Abel J. González

**Desafío 5**

**‘Estándares versus normas’**

**Para regular las exposiciones existentes**

**¿Debemos diferenciar**

**‘estándares’ de ‘normas’?**

Las “**Normas de Seguridad del OIEA**” son  
**internacionales**

(porque son copatrocinadas por todas las  
organizaciones internacionales)

e

**intergubernamentales**

(porque son aprobadas por los gobiernos)

## Diferencias en la traducción

**Standard** (en inglés), fue traducido como :

- **Norma** (y no *estándar*) en castellano
- **Norme** (y no *estandar*) in Francés
- **Нормы [normy]** (y no стандартный [standartnyy]) in Ruso
- 标准 [Biāozhǔn - estándar] (y no 规则 [guīzé - norma]) in Chino



## Confusión en terminología

Estándar

≠

Norma

Estándard

- nivel de logro

de *estendre* (que denota una bandera izada en un poste como modelo a imitar).



# Norma

- **precepto, regla**

[from Latin *norma* ,

Origen: cuadro de los carpinteros]



# Situación

Las '***normas de seguridad***'

(o *safety standards* en inglés)

establecidas bajo los auspicios del OIEA

incluyen tanto

***estándares*** como ***normas***

**Los niveles de logro en protección deberían ser aceptables para cualquier situación de exposición a la radiación.**

**Por lo tanto:**

**Los estándares de protección son aplicables a las situaciones de exposición existente**

**Pero las prescripciones y reglas de protección deben adaptarse a situaciones específicas que impliquen exposición a la radiación.**

**Por lo tanto:**

**las normas de protección para situaciones de exposición existente deben ser específicas**

## ¿Cuál es el desafío?

- Separar *estándares* y *normas* del corpus de documentos actuales.
- Chequesr que los estandares son aplicable a situaciones de exposición existente
- Desarrollar *normas ad hoc* para situaciones de exposición existente especificas.

## Desafio 6

Las situaciones de exposition derivadas de las secuelas de los accidentes nucleares

## ¿Como calificar las situacion de exposición derivadas de las secuelas de un accidente?

La publicitada descarga de grandes cantidades de agua  
conteniendo sustancias radioactivas, fundamentalmente  
tritio, desde el sitio de Fukushima al océano.

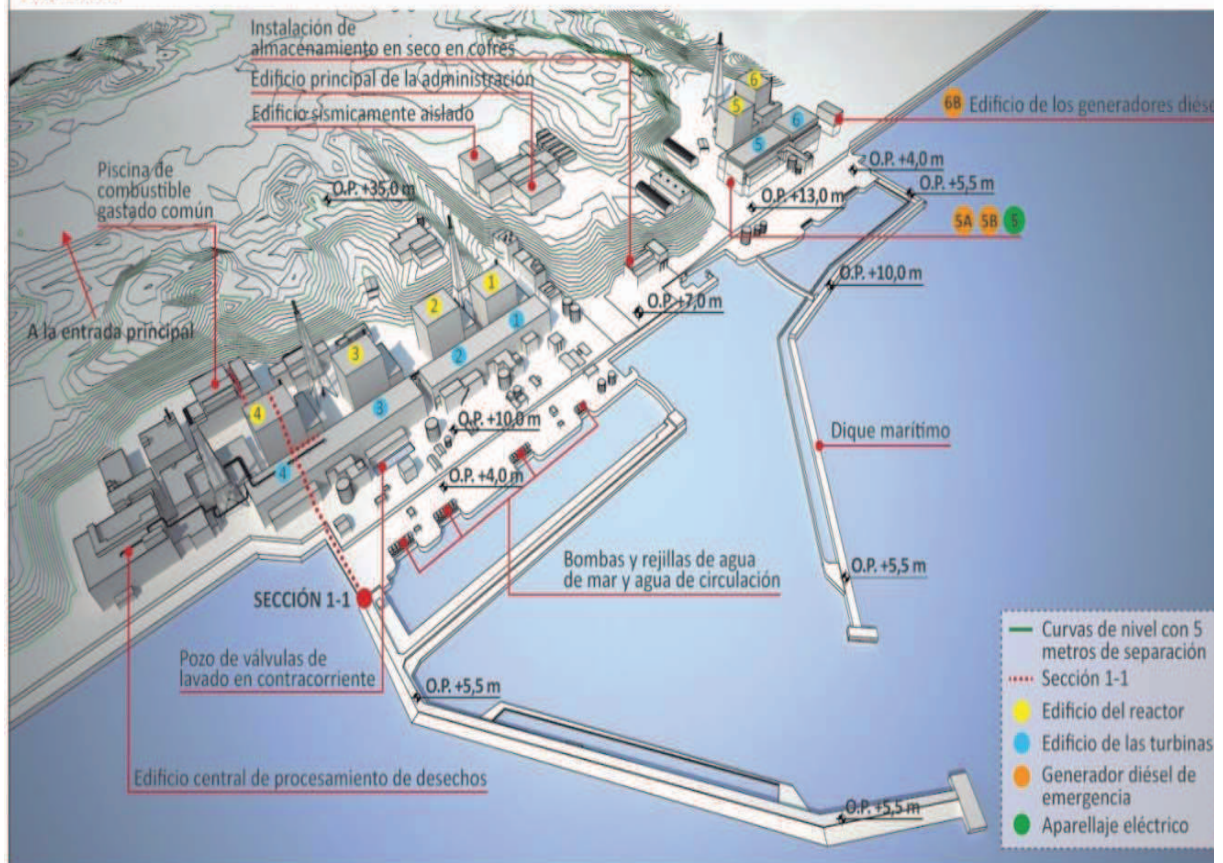


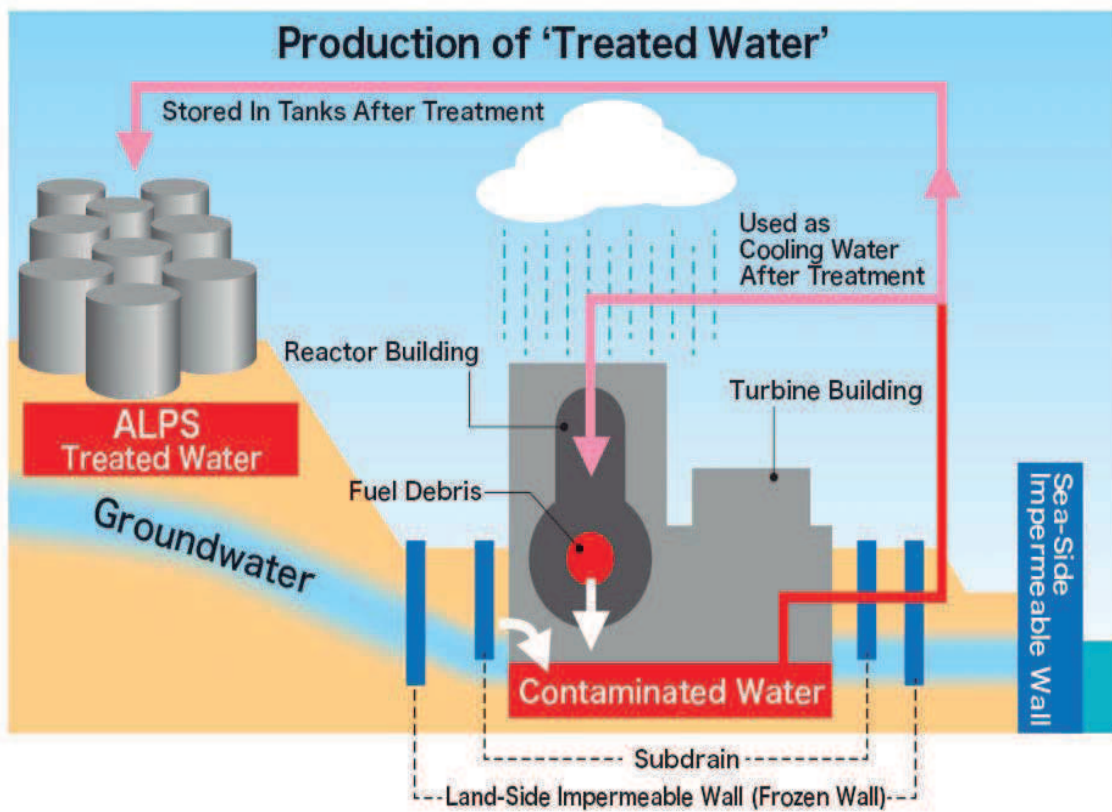
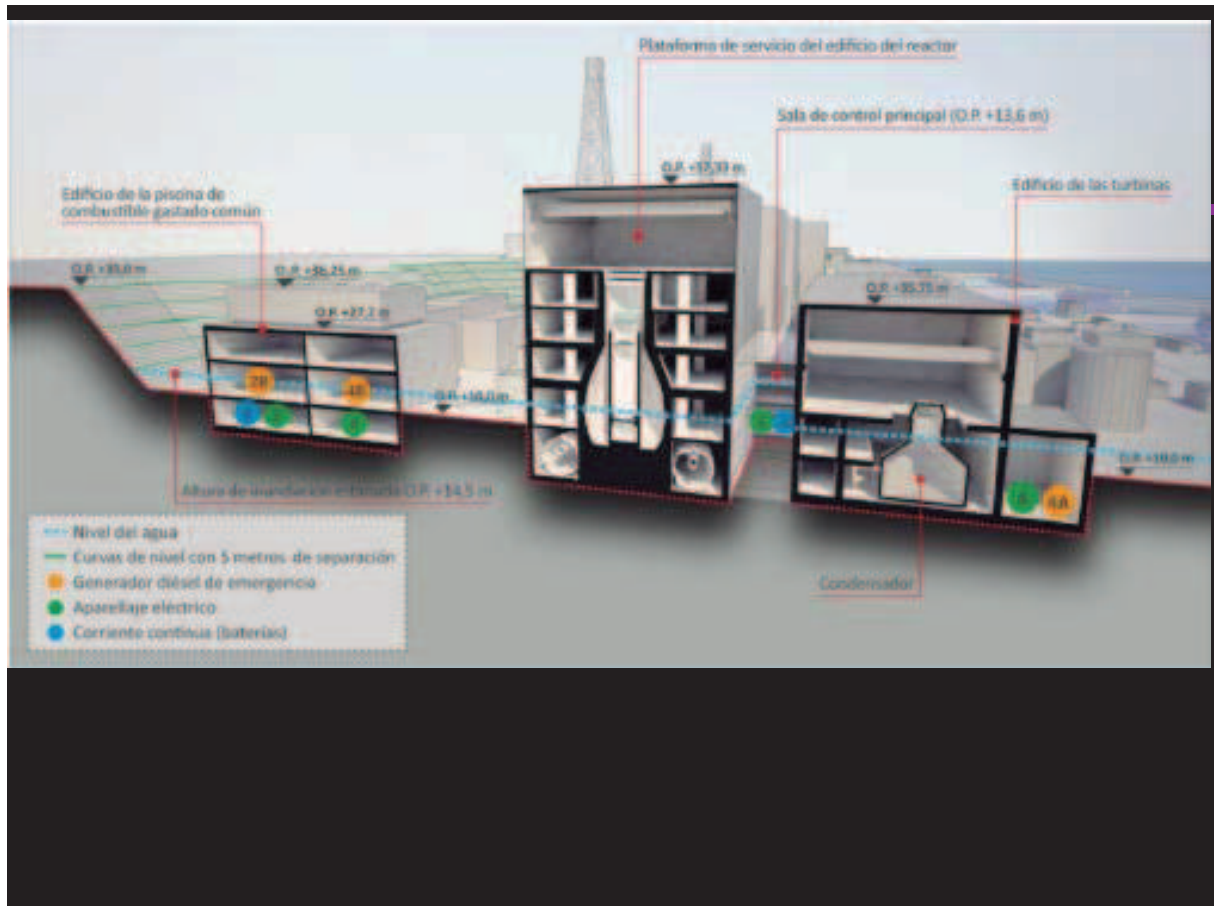
# Fukushima Dai-ichi NPP

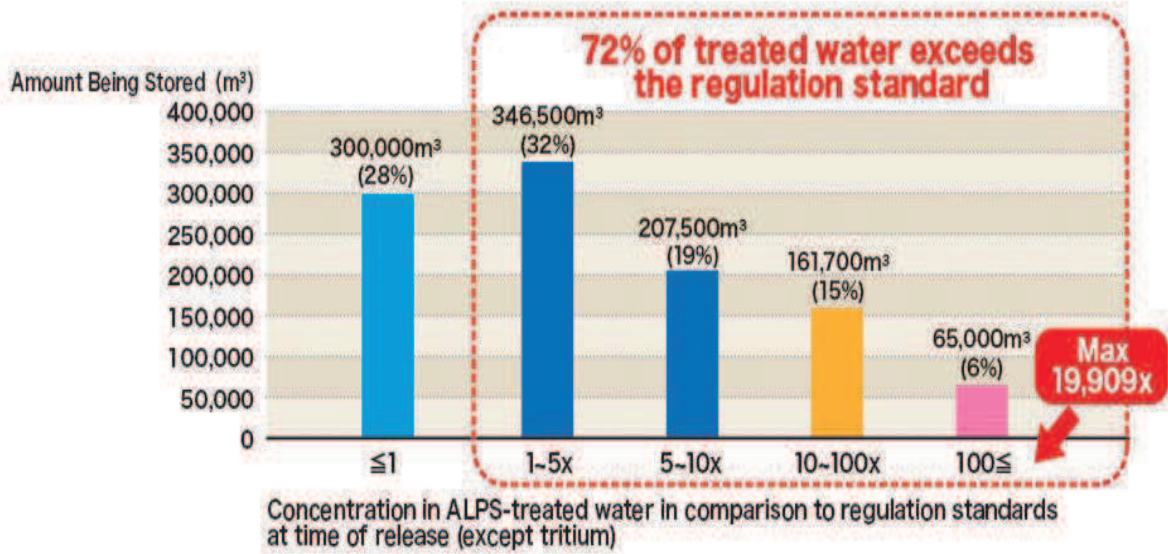


Source: [www.tepco.co.jp](http://www.tepco.co.jp)

## PERSPECTIVA













## La protection contra el tritio

- Las dosis de radiación se calculan utilizando modelos anatómicos para el tritio en forma de agua tritiada.
- Pero hay menos información disponible sobre el comportamiento del **tritio ligado orgánicamente** (en aminoácidos, ADN y proteínas asociadas, etc).

- Se han realizado varios estudios epidemiológicos de trabajadores y público expuestos al tritio.
- Sin embargo, ninguno de estos estudios hasta ahora ha mostrado una mayor frecuencia de cáncer en las poblaciones expuestas que podría atribuirse a la exposición a la radiación del tritio.

**¡Se debe esperar el desarrollo de un corpus sustantivo de normas de seguridad sobre el tritio!**

# Desafio

Como clasificar a las descargas de agua tritiada de Fukushima:

- *situación **existing?***, ó
- *situación **extant?***, ó
- *situación **planificada?***

## Desafio 7

**Alcance regulatorio  
para las  
situaciones de exposición existente**

El alcance del control para las situaciones de exposición existente debe aclararse:

- Las situaciones no protegibles deben **excluirse** de la legislación.
- Las situaciones cuya protección ya sea optima deben **eximirse** de la regulación.

¡Los legisladores y los reguladores parecen ignorar el universo de situaciones de exposición existente!

... Tal universo no se puede regular  
ilimitadamente:

¡la regulación necesita un **alcance** definido!

La legislación romana ya había resuelto  
el problema de legislar y regular  
*insignificancias.*

(Las insignificancias no son necesariamente trivialidades, sino situaciones que no necesitan ser reguladas por ser intrascendentes o inviables, sin importancia o irrelevantes)

## Legislação Romana (B.C.)



- *De minimis non curat lex*

(Causa de no preocupación para el legislador)

- *De minimis non curat praetor*

(Causa de no preocupación para el regulador)

**El desafío es utilizar estos tradicionales  
conceptos de  
*de minimis non curat lex*  
y  
*de minimis non curat prætor*  
para lidiar con algunas  
situaciones de exposición existente**

***de minimis non curat lex***

- El legislador debería aprobar legislación que **excluya** de la ley situaciones de exposición existente cuyo control fuese no factible, inasible, inasequible o injustificado.

## *de minimis non curat prætor*

- El regulador debería aprobar regulaciones que **eximan** de algunas obligaciones del sistema regulatorio a situaciones de exposición existente cuya protección es ya óptima.

95

## Desafío 8

### ‘Contaminación’



- Existe miedo a las situaciones de exposición existente debidas a '**contaminación**' .
- Este miedo provoca daños psicológicos y estragos económicos.
- Ha llegado el momento de abordar estas cuestiones con claridad:
  - contaminación de áreas
  - contaminación de residuos
  - contaminación de bienes de consumo

**IRPA15 - 15th International Congress of the International Radiation Protection Association**  
Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

## **Radioactivity in Goods**

**Supplied for Public Consumption or Use:**

**Towards an Internationally Harmonized**

**Regulatory Framework**

# Epílogo

**Este fue un somero repaso de algunos desafíos que nos presentan las situaciones de exposición existente.**

**¡Pero hay mas desafíos!**

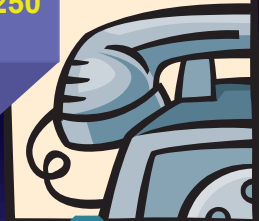
- **El control de radioactividad en los bienes de consumo (alimentos, productos, agua)**
- **La protección en las industrias NORMs!**
- **Temas de protección ocupacional de trabajadores expuestos a situaciones de exposición existente, por ejemplo:**
  - **Aeronavegantes**
  - **Trabajadores que viven en areas de baja radiación natural y trabajan en areas de alta radiación natural)**

“No podemos  
predecir el futuro,  
pero podemos  
crearlo”

Denis Gabor



Av. del Libertador 8250  
Buenos Aires



+541163231306

*Gracias por la  
atención!*





# A base do sistema de proteção contra radiações: Desafios futuros

González, A.J.



# 6ª edição da International Joint Conference RADIO RADIO-2022

IX Congresso Internacional de Radioproteção Industrial; VIII Congresso de Proteção Contra as Radiações dos Países de Língua Portuguesa; VII Congresso Brasileiro de Proteção Radiológica; I Encontro Nacional de Mulheres do Setor Nuclear  
Theatre, Palace Casino, Parque José Affonso Junqueira, Poços de Caldas, Minas Gerais; Brasil  
Terça Feira 16 de agosto de 2022 9.00 to 10.30 a.m

## A base do sistema de proteção contra radiações: Desafios futuros

The basis for the radiation protection system: future challenges

### Abel J. González

UNSCEAR Representative, IAEA & NEA(OECD) Delegate, ex- Vice-President of ICRP & IRPA  
Autoridad Regulatoria Nuclear; ✉Av. del Libertador 8250; (1429)Buenos Aires, Argentina 📞+54 1163231306;



1

# REVENDO HISTÓRIAS COLONIAIS

Comissão Internacional  
de Proteção Radiológica



- As propriedades nocivas da **radiação** e da **radioatividade** foram observadas após sua descoberta no final do século XIX.
- Seus usuários, **radiologistas e radioquímicos**, queriam se proteger dessa nova ameaça.

Foi assim que nasceu, no início do século 20, a **Comissão Internacional de Proteção Radiológica** e a ciência e o paradigma do que hoje chamamos **'proteção radiológica'**.



A “**proteção radiológica**”  
foi inventada há 100 anos para o que hoje  
chamamos  
“**exposições ocupacionais**”  
dentro  
“**situações de exposição planejada**”  
(situação de exposição originalmente chamada “**prática**”)

Devemos entender que todo o  
**paradigma de radioproteção,**  
recomendado pelo ICRP e incorporado às  
**normas internacionais de segurança,**  
foi desenvolvido nesta base:  
**‘proteção ocupacional**  
**em situações de exposição planejada’**

Por quase um século, outras ambições se somaram a esse paradigma inicial:

1. **proteção de outros trabalhadores**
2. **proteção do público**
3. **proteção dos pacientes**
4. **situações de exposição em emergências**
5. **situações de exposição existentes**  
(de nome confuso; *existing* ≠ *extant*)

- O resultado desse ***fórceps*** é o atual ***sistema internacional de proteção.***
- O sistema é sólido e bem-sucedido, mas possui ***inconsistências*** a ser resolvidas.

**O objetivo desta palestra é discutir com você esses desafios em benefício da nossa profissão**

## **Conteúdo**

- 1. A evolução do sistema internacional e intergovernamental de proteção radiológica.**
- 2. Desafios nas estimativas dos efeitos da radiação na saúde.**
- 3. Desafios ao paradigma de proteção radiológica**
- 4. Desafios ao sistema de normas internacionais e intergovernamentais.**
- 5. Epílogo**

## Parte 1:

# A evolução do sistema internacional e intergovernamental de proteção radiológica

11



12

**Ao longo dos anos, essas organizações foram capazes de construir um sistema**

**→ internacional,**

**→ intergovernamental e**

**→ interprofissional**

**de proteção contra radiações ionizantes**

13

## Epistemologia

Método, validade e alcance do conhecimento universal nesta matéria

Comitê Científico das Nações Unidas nos Efeitos da Radiação Atômica



## Paradigma

modelo conceitual para assegurar a proteção da população

Comissão Internacional em Proteção Radiológica



## Normas Internacionais e Intergovernamentais e

Estabelecimento de normas de segurança – da aplicação global

Agência Internacional de Energia Atômica



## Prática profissional



14

14

**O sistema de proteção contra radiação é um  
dos sucessos internacionais e  
intergovernamentais mais significativos!**

**Mas, para que continue a ser  
bem-sucedido, devemos  
enfrentar seus desafios!**

15

## **Parte 2**

**Desafios nas estimativas dos efeitos  
da radiação na saúde**

***O que a radiação faz a nós?***

16

**Quais são as disciplinas científicas que  
contribuem para o conhecimento?**

17

- **Radio-patologistas**
- **Radio-epidemiologistas**
- **Radio-biólogos**
- **Radio-Proteccionistas**

## **Radiopatologistas**

- **Diagnosticam, atestam e atribuem doenças induzidas por radiação em indivíduos expostos.**
- **Seu possibilidade de atestado limita-se a efeitos determinísticos e, portanto, apenas a altas doses.**

## **Radioepidemiologistas**

- **Estimam a prevalência de efeitos na saúde que podem estar associados à exposição à radiação, em em coortes de pessoas (não em indivíduos!).**
- **Atestado restrito a níveis de dose onde podem ser medidas as mudanças na incidência de efeitos estocásticos e, portanto, apenas a doses médias e altas.**



## **Radiobiólogos**

- **Estudam as mudanças biológicas atribuídas à radiação e a sua progressão através das células, tecidos e órgãos.**
- **Fornecem informações científicas sobre os mecanismos de indução dos efeitos, mas não podem atestar sua ocorrência em indivíduos expostos ou em coortes.**

## **Radioprotecionistas**

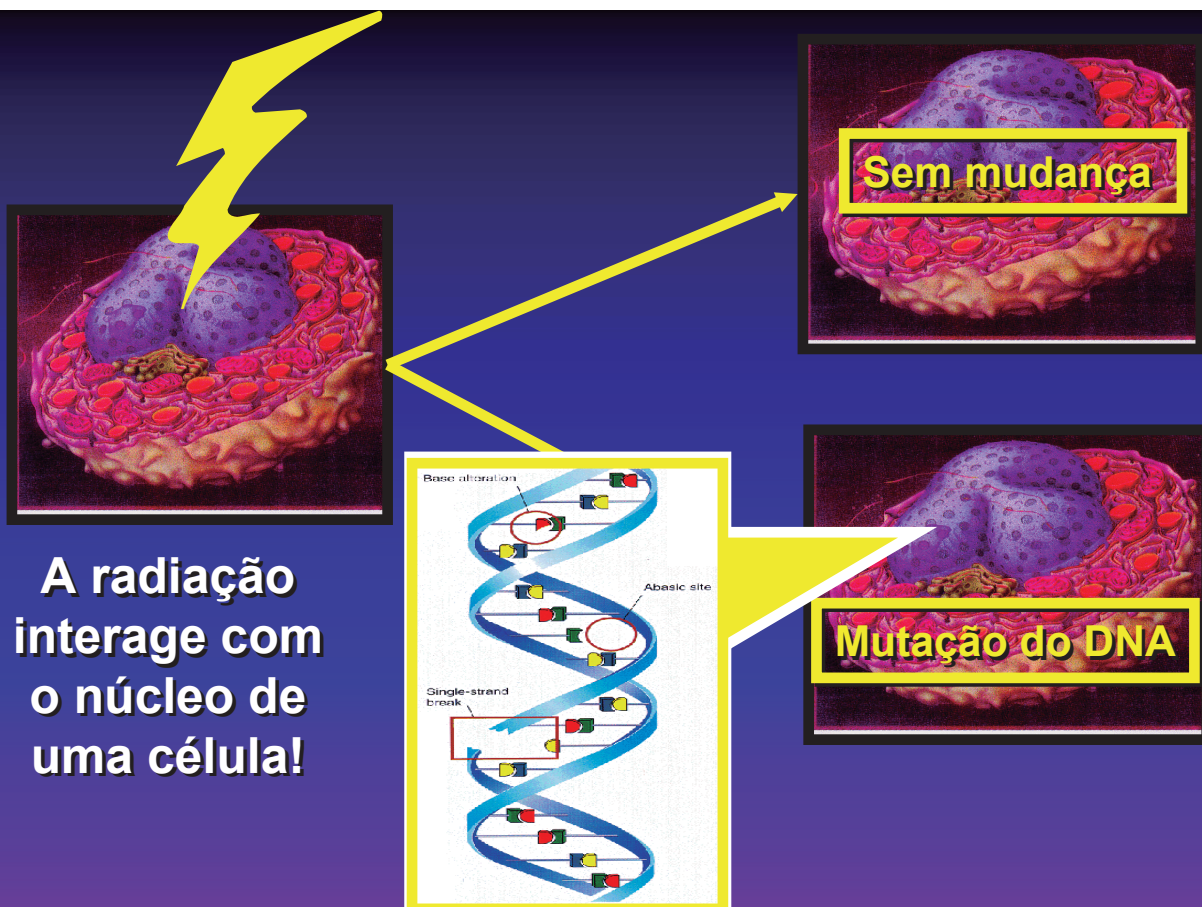
- **Conjecturam e inferem riscos de radiação com base nas informações da radiopatologistas, epidemiologistas e biólogos.**
- **Responsáveis do paradigmas para proteger as pessoas da radiação.**

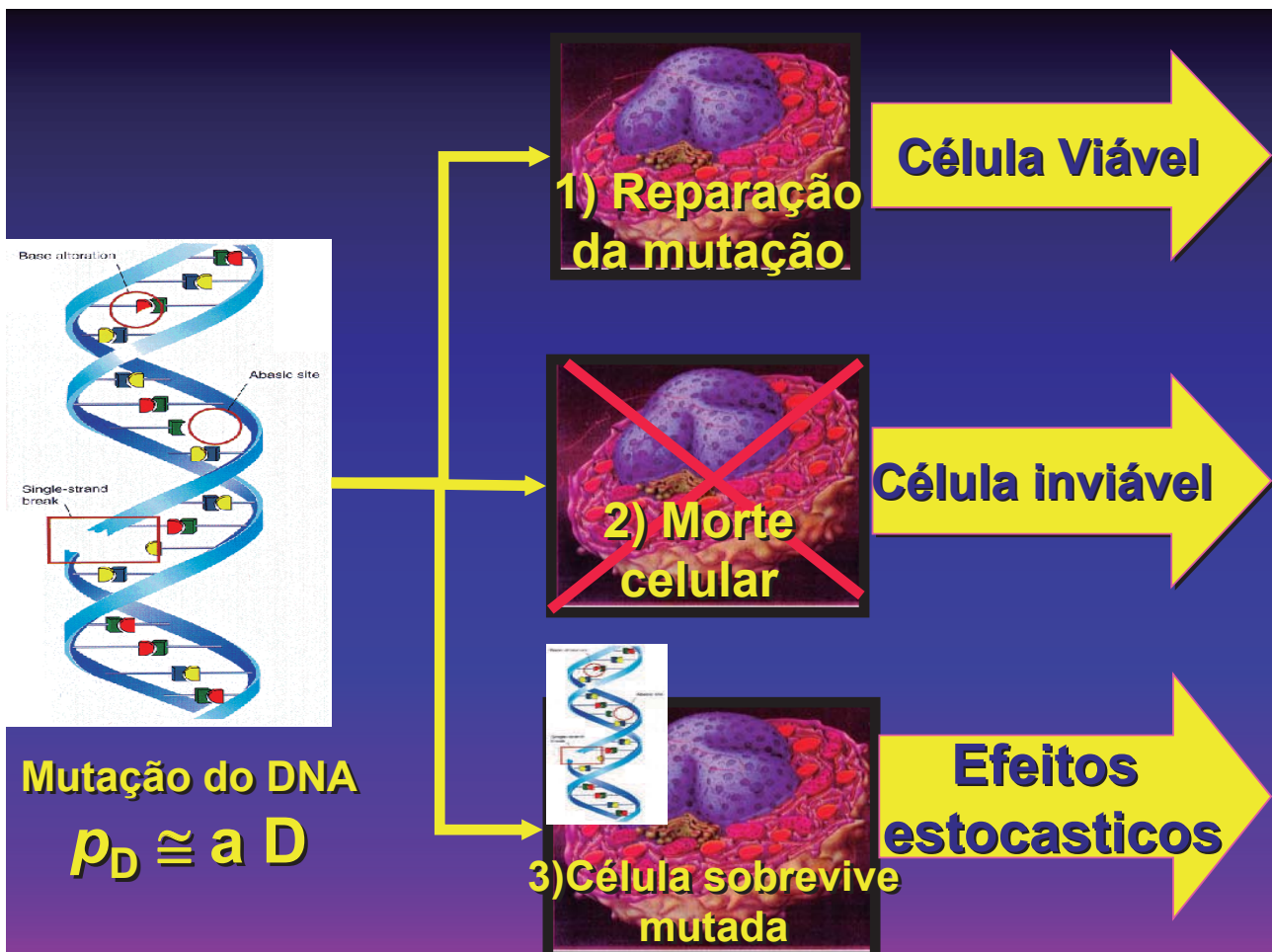
# Primeiro desafio

no conhecimento dos efeitos:

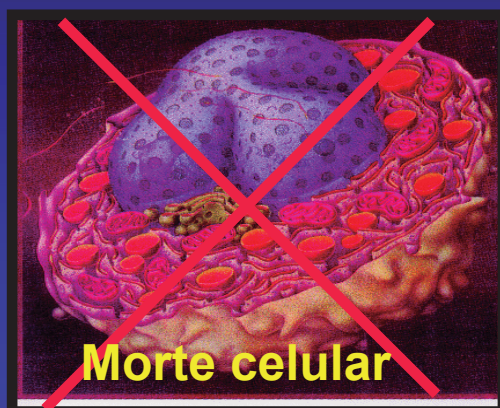
**Confirmar o que sabemos!**

23





## A célula não é viável: morte celular



Célula inviável  
 Efeitos determinísticos

## Efeitos determinísticos devido à abundante morte celular: queimaduras e morte

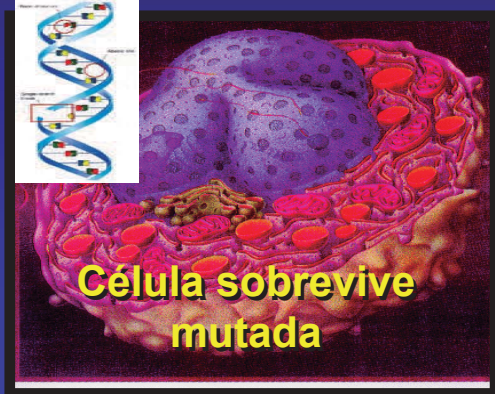


### Exposição acidental em medicina

Radioterapia envolve a entrega de altas doses aos pacientes. Portanto, a prevenção de efeitos agudos é uma prioridade.



**A célula é viável, porém sofreu mutação.**



**Célula viável mutada**  
**Efeitos estocásticos**

## **Efeitos estocásticos**



**Câncer**

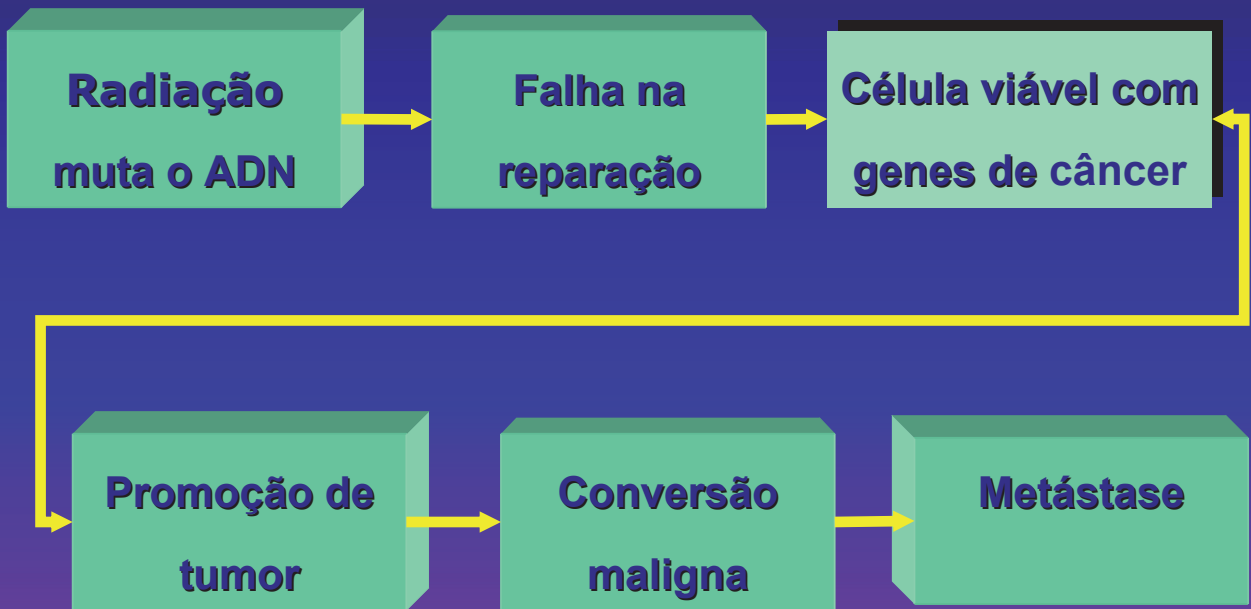


**Hereditários**

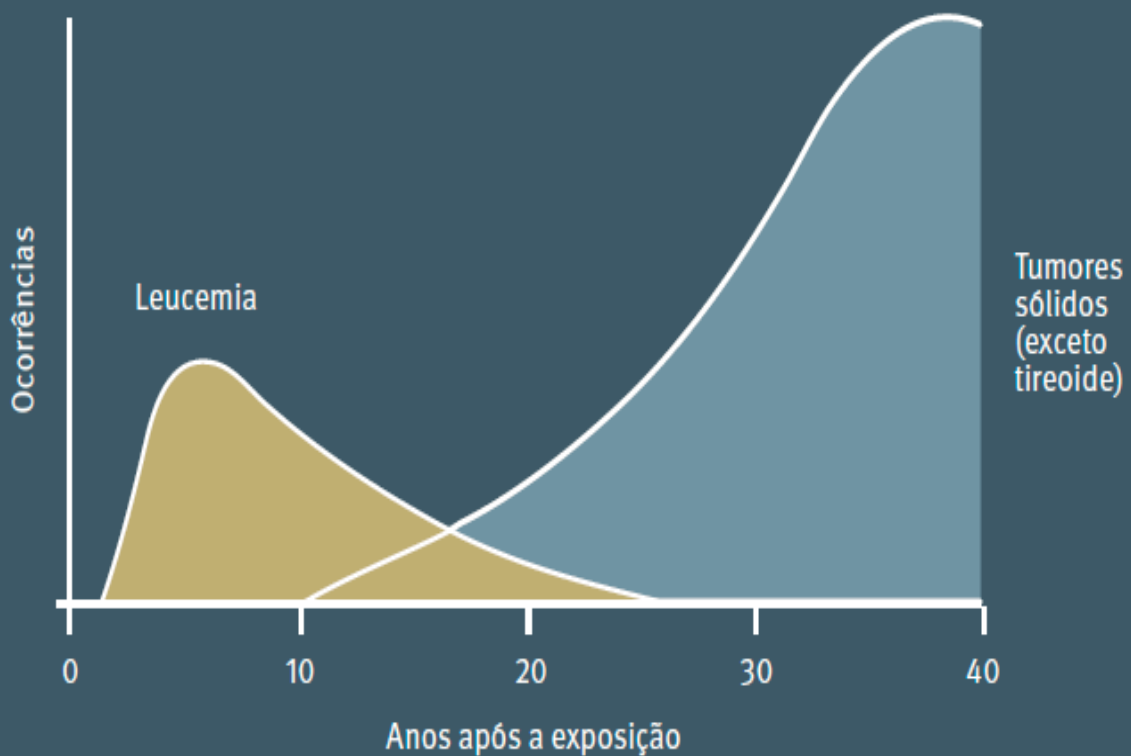


**Pré-natais**

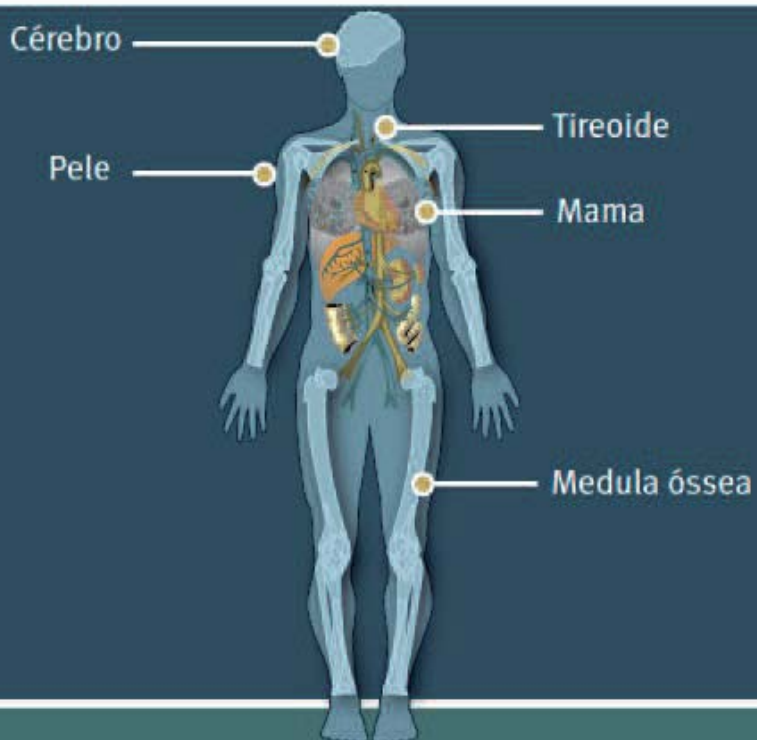
# Opinião relevante sobre a indução de câncer por radiação



## Surgimento de câncer após exposição à radiação

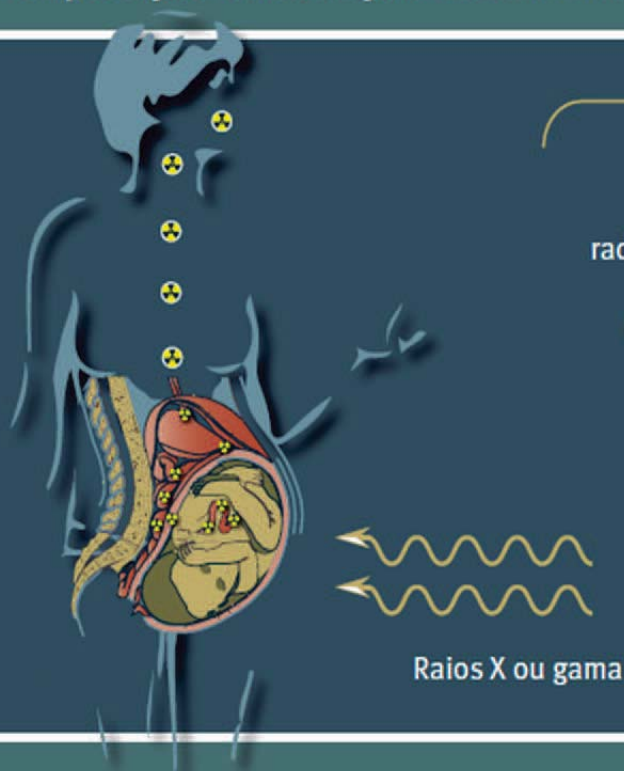


## Órgãos mais radiossensíveis em crianças



Crianças expostas à radiação em idades inferiores a 20 anos são duas vezes mais propensas a desenvolver **câncer no cérebro** do que adultos expostos à mesma dose. Uma associação semelhante foi notada para **câncer de mama** em meninas que foram expostas com idades inferiores a 20 anos.

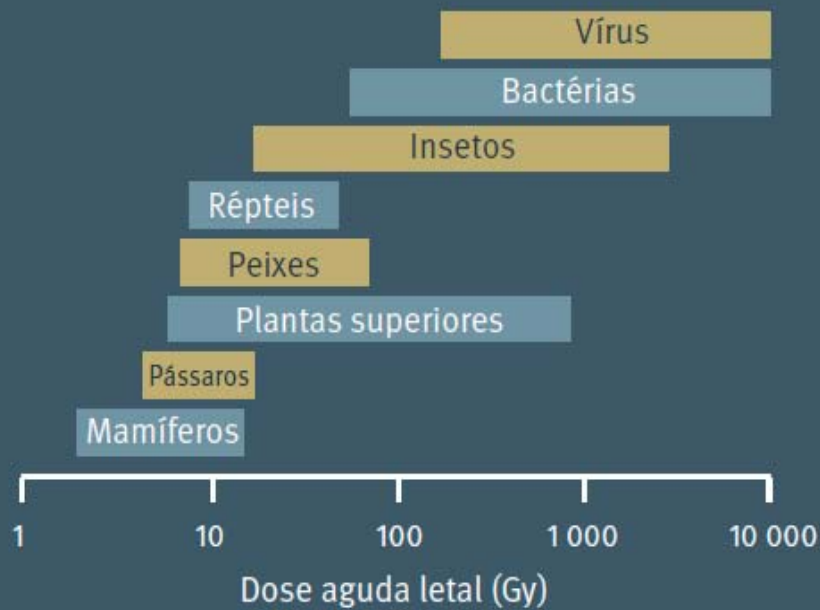
## Meios de exposição à radiação do embrião



**Exposição interna** através da ingestão de radiofármacos, ou alimentos ou bebidas radioativas (contaminadas) pela mãe.

**Exposição externa** através da mãe exposta a raios X ou raios gama.

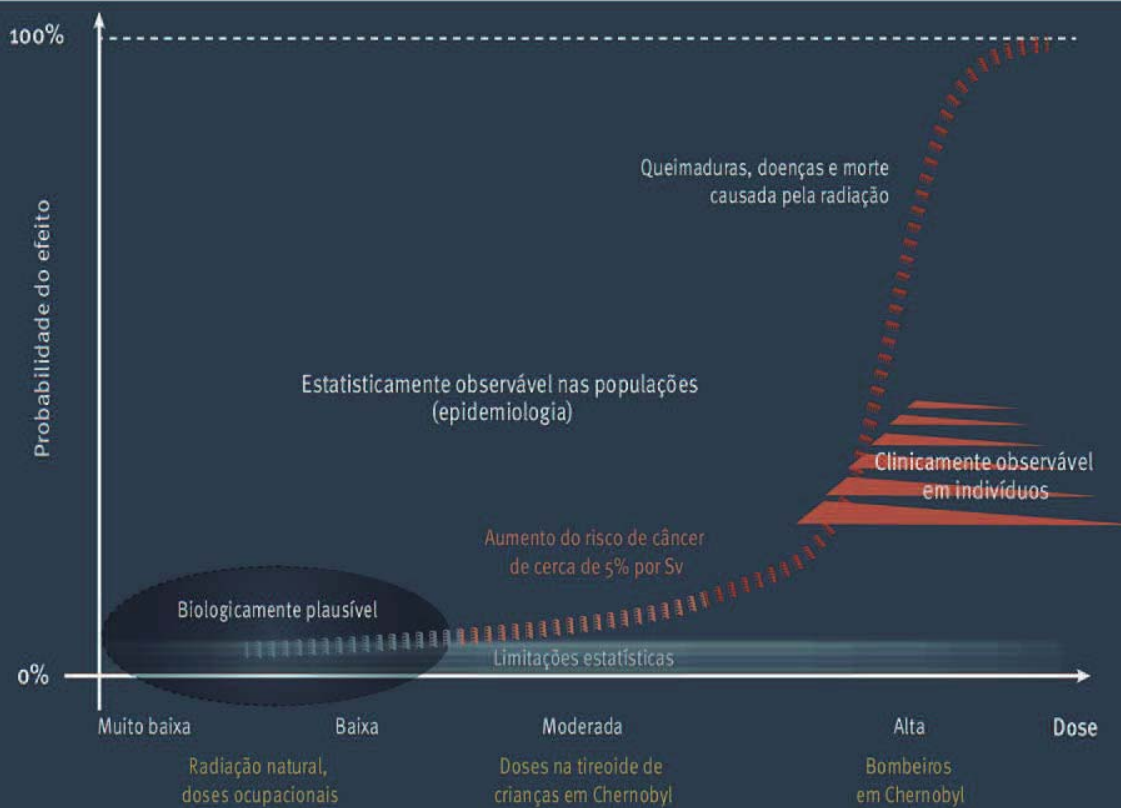
## Variações de doses agudas letais para alguns animais e plantas



**Resumo das Nações Unidas  
sobre o conhecimento atual dos  
efeitos da radiação na saúde**



## Relação entre doses de radiação e efeitos na saúde



## Segundo desafio no conhecimento dos efeitos:

Conhecimento relativamente antigo, mas que não foi levado em consideração nas estimativas de risco (com base em que as estimativas radioepidemiológicas os incluem)

# Efeitos que não foi levado em consideração nas estimativas de risco

(com base em que as estimativas radioepidemiológicas os incluem)

- **reparação da mutação**
- **instabilidade genômica**
- **efeitos de ‘vecindade’ (bystandard)**
- **efeitos abscopais**
- **resposta adaptativa**
- **fatores clastogênicos**
- **sistema imunológico**
- **taxa de dose e mudança na taxa de dose**  
(ou seja, da primeira e segunda derivadas da dose em relação ao tempo)
- **apoptosis → hormesis (?)**

# Reparação da mutação

## BASE ALTERADA →

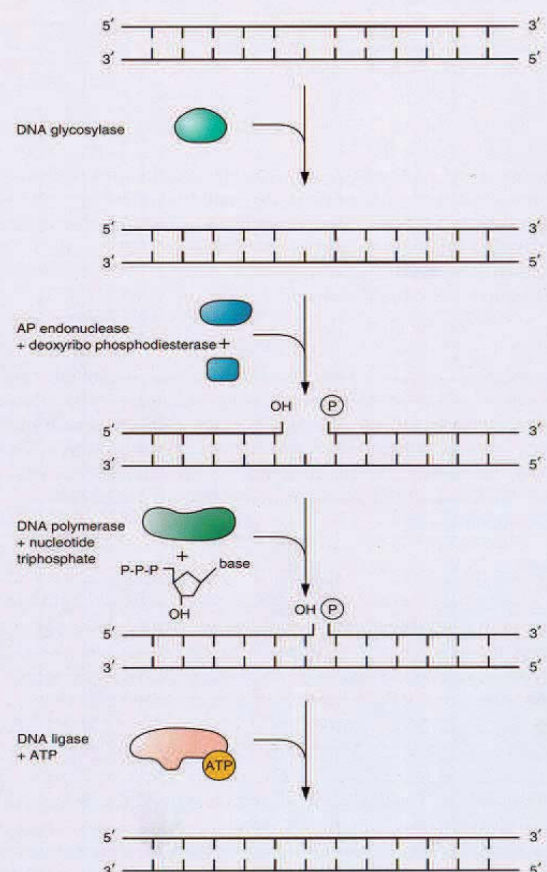
Lesão reconhecida pela enzima *Glycosylasa* que libera a base danada

*AP-endonucleasa* faz uma incisão que libera o açúcar remanente

A brecha resultante se enche com *DNA-polymerasa*, mas fica uma muesca no DNA

Se completa a reparação: *DNA ligasa* sela a muesca

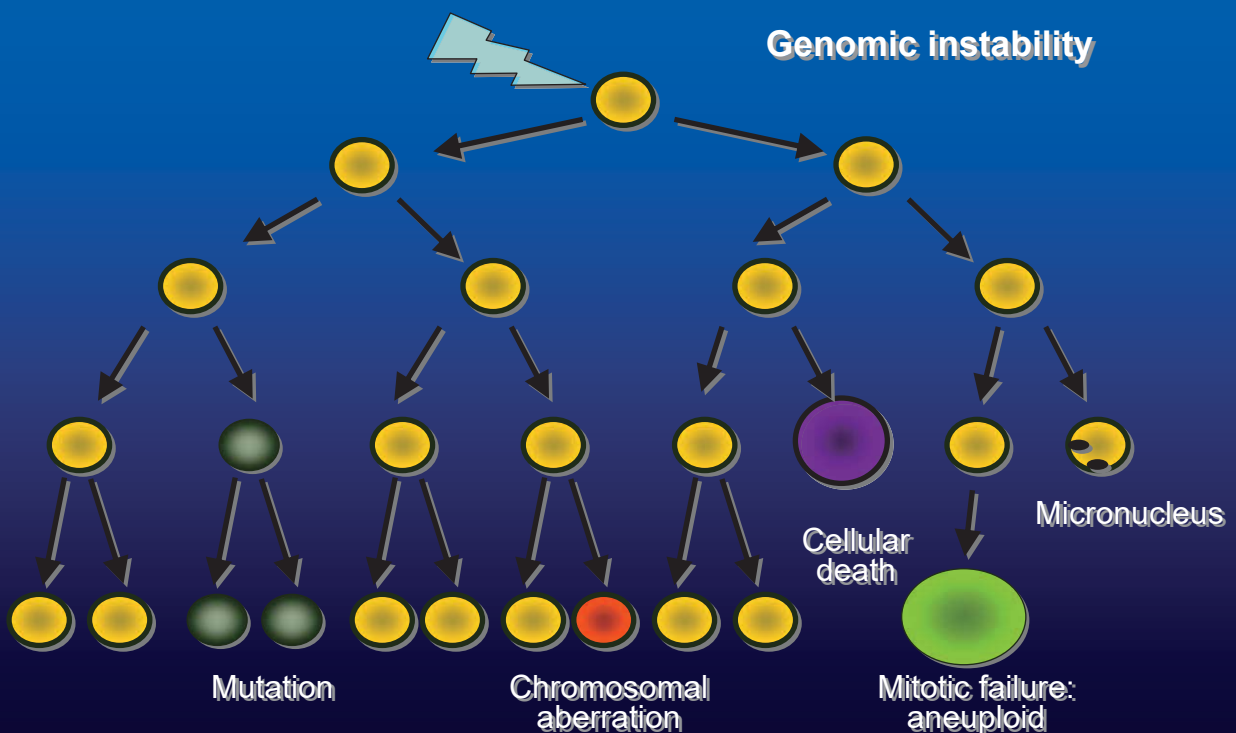
**O DNA FOI CONSERTADO SEM PERDA DE INFORMAÇÃO GENÉTICA**



# Instabilidade genômica

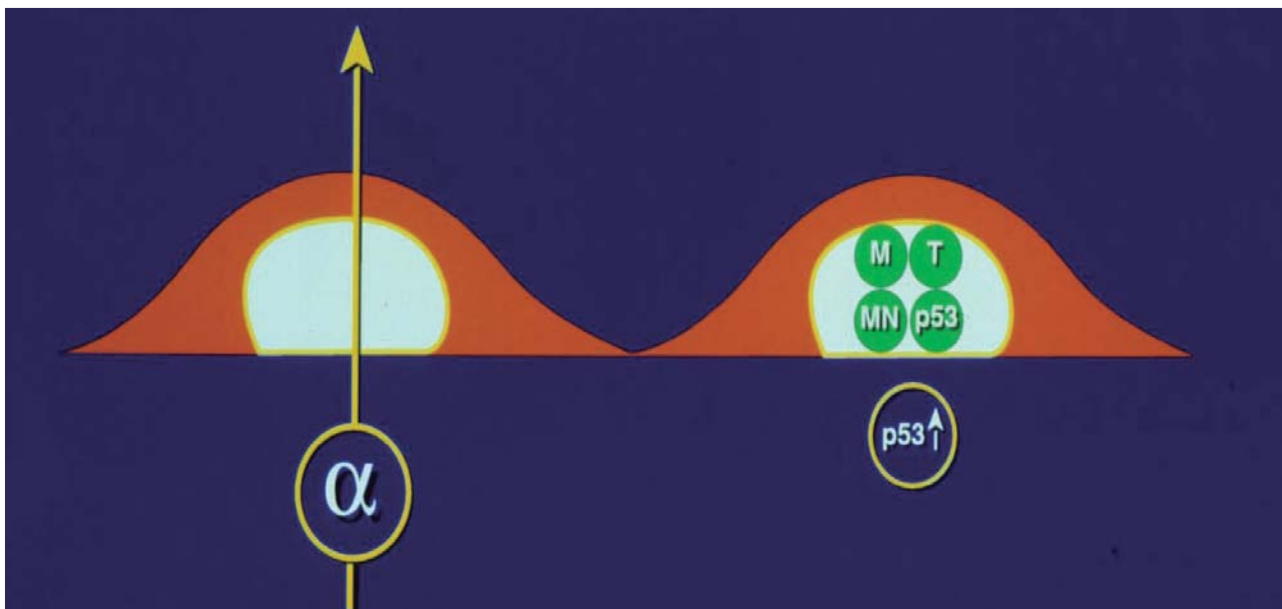
- Uma célula irradiada pode produzir células-filhas que ao longo de gerações têm um número crescente de alterações em seus genomas, mesmo que as próprias células-filhas não tenham sido irradiadas.

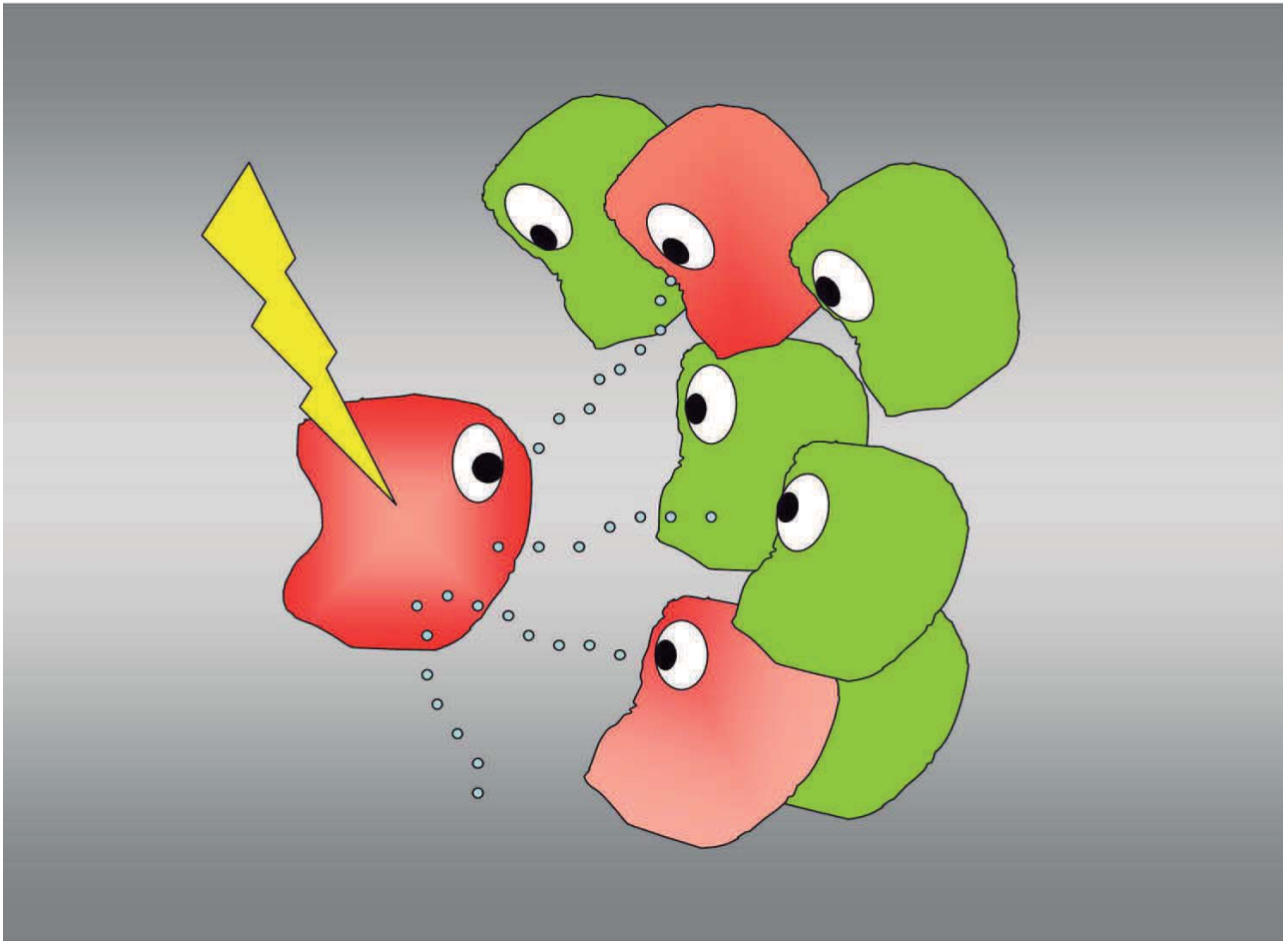
## Desafio ao paradigma: Instabilidade genômica



## Efeitos de 'vecindade' (bystandard)

- A capacidade das células irradiadas de transmitir manifestações de danos às células vizinhas não irradiadas.





**Sinais via meio/plasma?**

ROS  
 Nitric oxide  
 Cytokines  
 TGF

*(Lehnert 1997)*

**¿Sinais através de junções intercelulares?**

*(Azamm 2001)*

## Efeitos abscopais

- **Resposta significativa em um tecido fisicamente separado da região do corpo exposta à radiação.**

## Fatores clastogênicos induzidos

- **O plasma sanguíneo irradiado pode conter “fatores clastogênicos” capazes de induzir danos cromossômicos em células não expostas.**

## Sistema imunológico

Os efeitos da radiação no sistema imunológico podem ser:

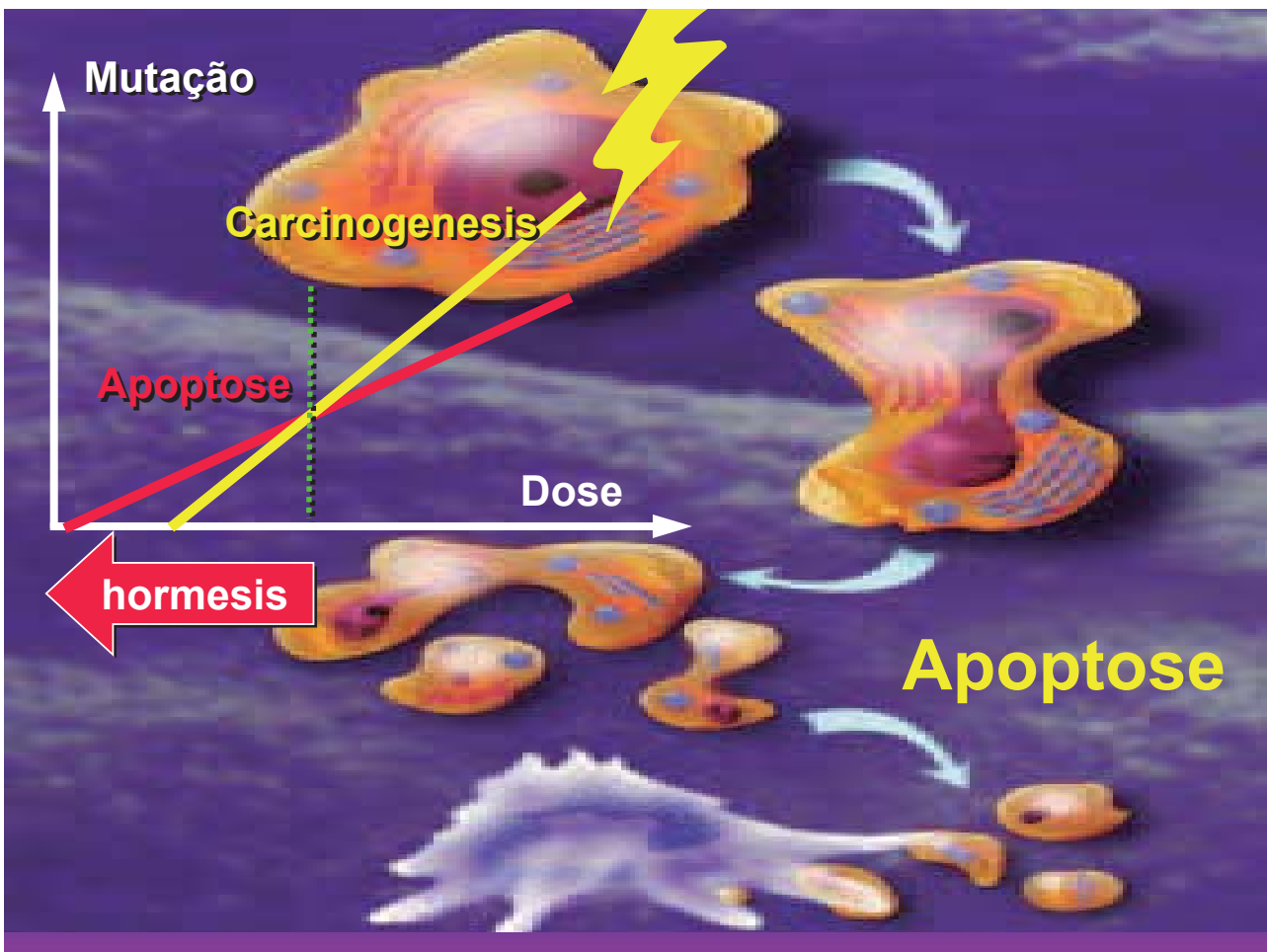
- supressivos,
- estimuladores ou
- nenhum.

**Nós simplesmente não sabemos!**

## Apoptosis → hormesis (?)

- A morte celular programada ou *apoptose* é imprescindível para o desenvolvimento dos tecidos de um ser humano saudável.
- A radiação induz *apoptose* e, se ocorrer em células mutadas por radiação, essa *apoptose* pode induzir *hormese*.





## Resposta adaptativa

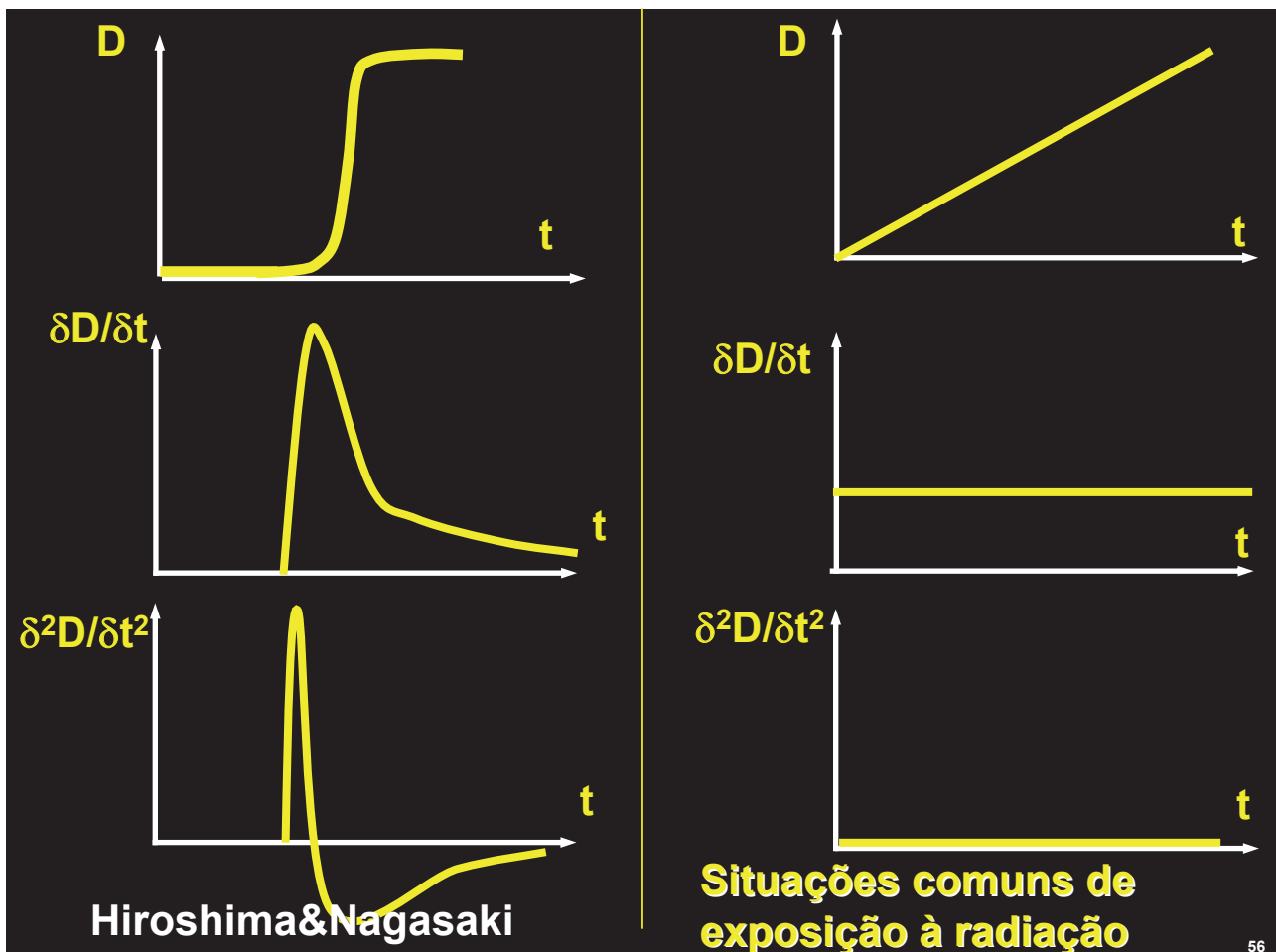
- A capacidade comprovada de células para resistir melhor a danos causados pela radiação, pela exposição anterior a uma menor radiação.

Se existe uma resposta adaptativa e sua  
dinâmica varia com a taxa de dose..

... deberían  $\delta D/\delta t$  é  $\delta D^2/\delta t^2$

influenciar o risco?

55



56

# **Terceiro desafio não conheço dois efeitos**

**Limitações epidemiológicas**

57

**Atributabilidade epidemológica**

58



## Grupo de Controle

“N” pessoas

“C” câncers

“n” probabilidade de  
câncer ‘natural’



## Grupo exposto

“N” pessoas

“E” câncers

“n” probabilidade de  
câncer ‘natural’

“p” probabilidade de  
câncer de radiação

59

**Detecção  
difícil !**

**E-C**

**C**  
**= n N**

Número  
de  
câncers  
em grupo  
de  
controle

**E**  
**= n N**  
**+**  
**p<sub>d</sub> D N**

Número  
de  
câncers  
em  
grupo  
exposto

60

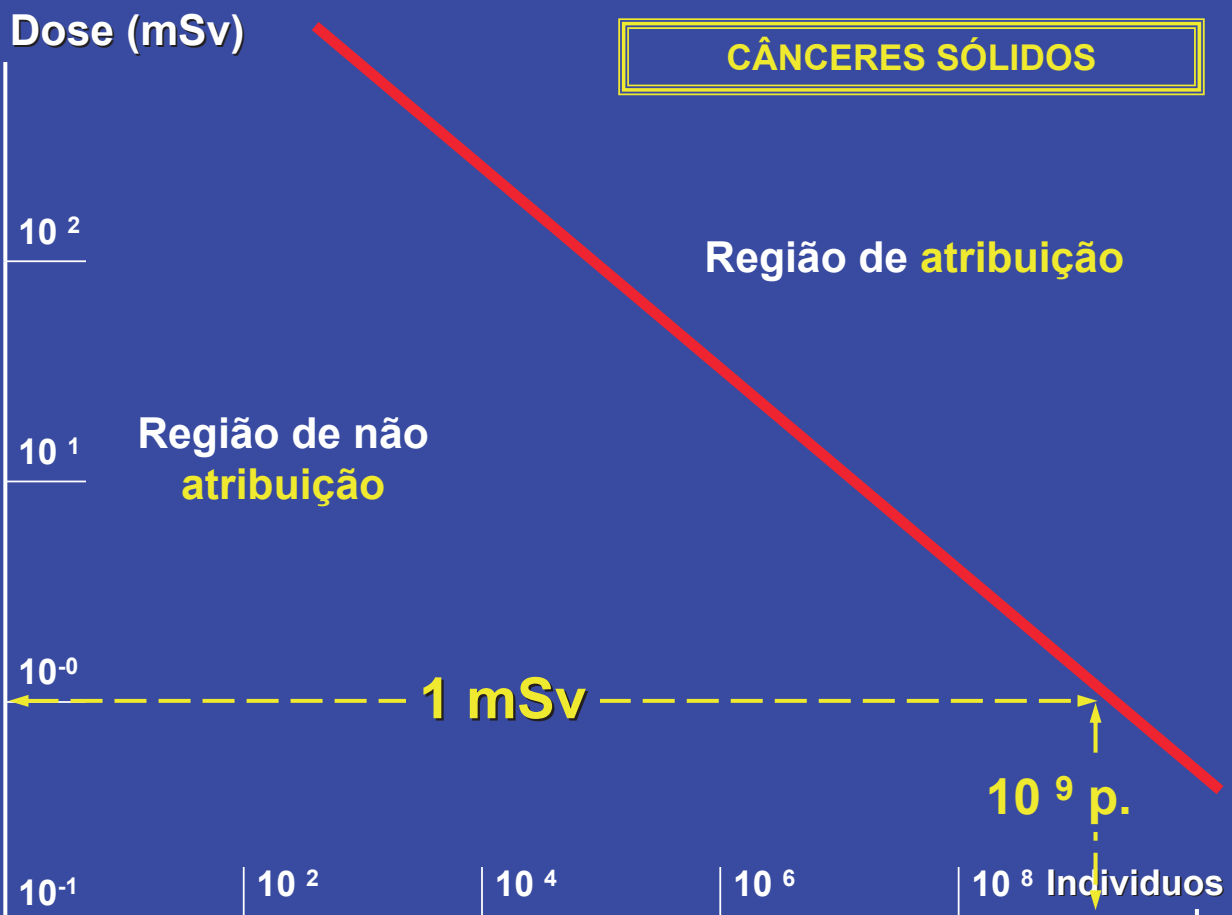
# Significância epidemiológica

$$N \geq \frac{\text{Constante}}{D^2}$$

A equação que indica o número de pessoas, **N**, requeridas para detectar um excesso de cânceres a uma dose **D**.

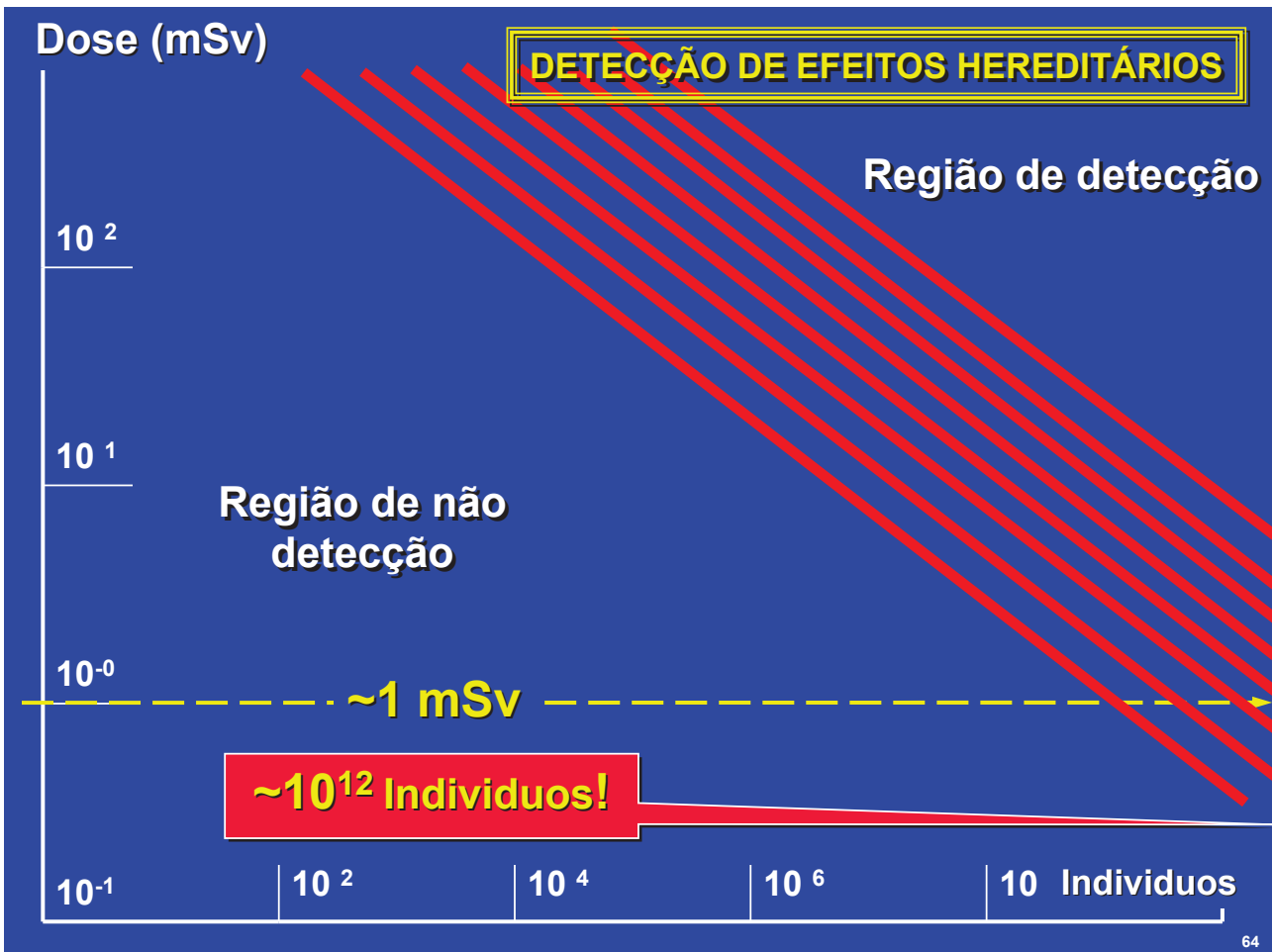
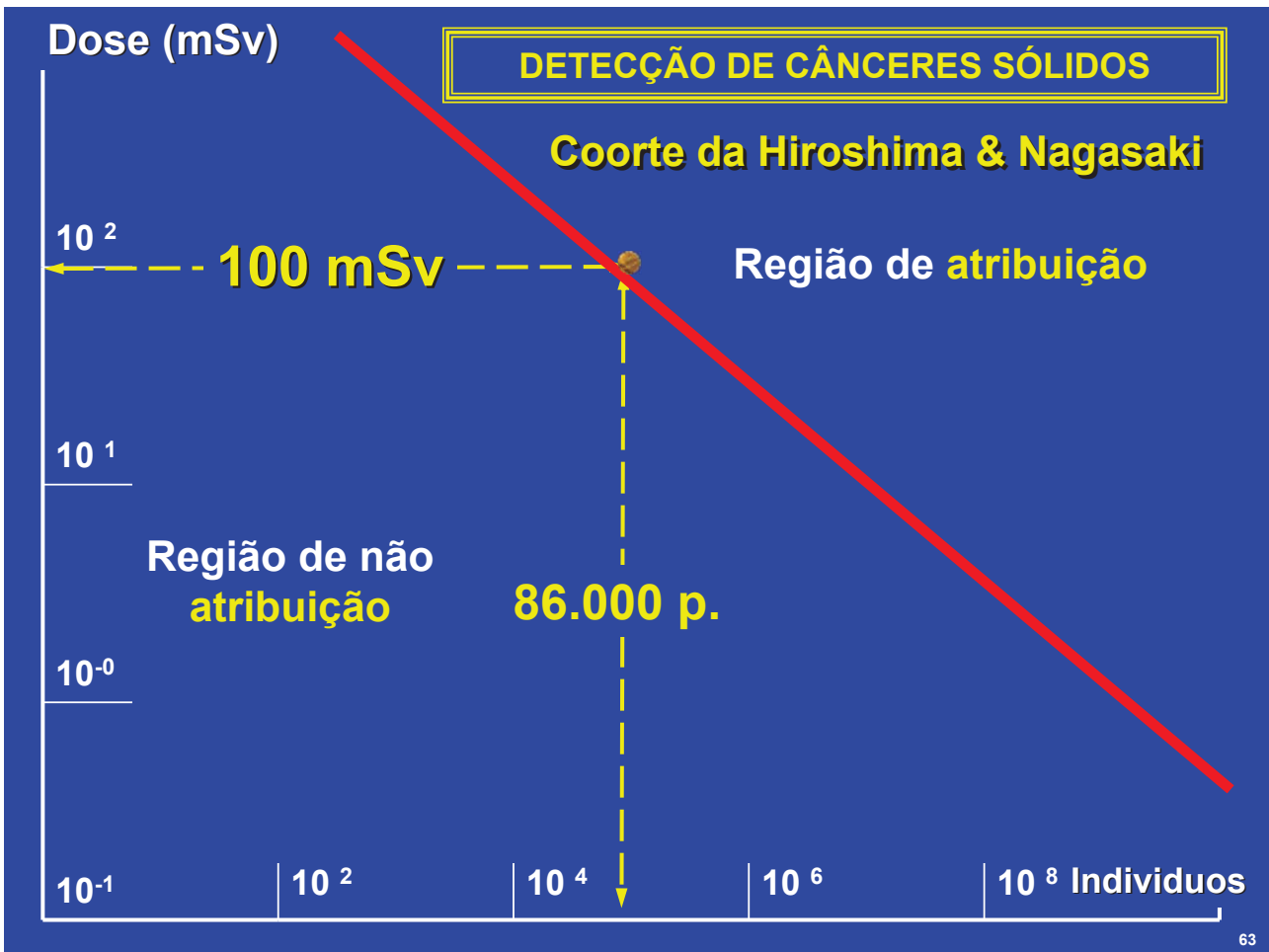
(Constante =  $8 n / p_d^2$ )

61

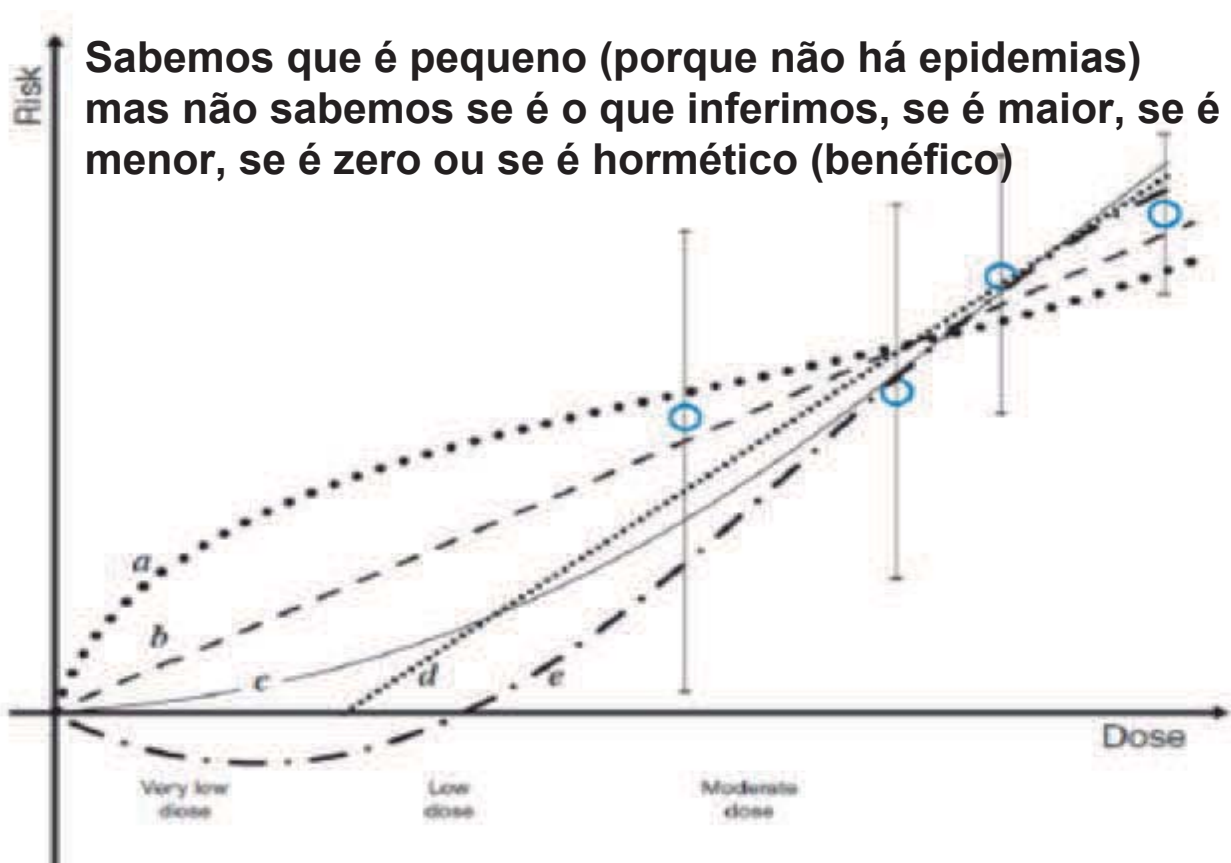


World Nuclear University

62

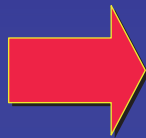


# qual é então o verdadeiro risco em doses baixas?

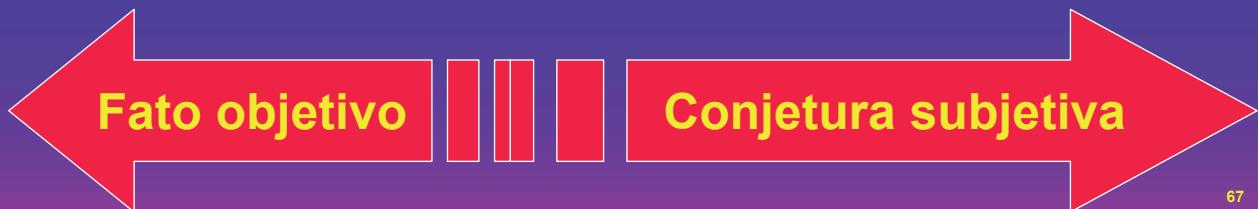


# Estimativa de risco

**~5% / Sv**



**~0,005% / mSv**



67

**Quarto desafio não conheço dois efeitos**

**Novas interpretações epistemológicas**

68



SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION  
**UNSCEAR 2012 Report**

**Report to the General Assembly**

SCIENTIFIC ANNEXES A AND B

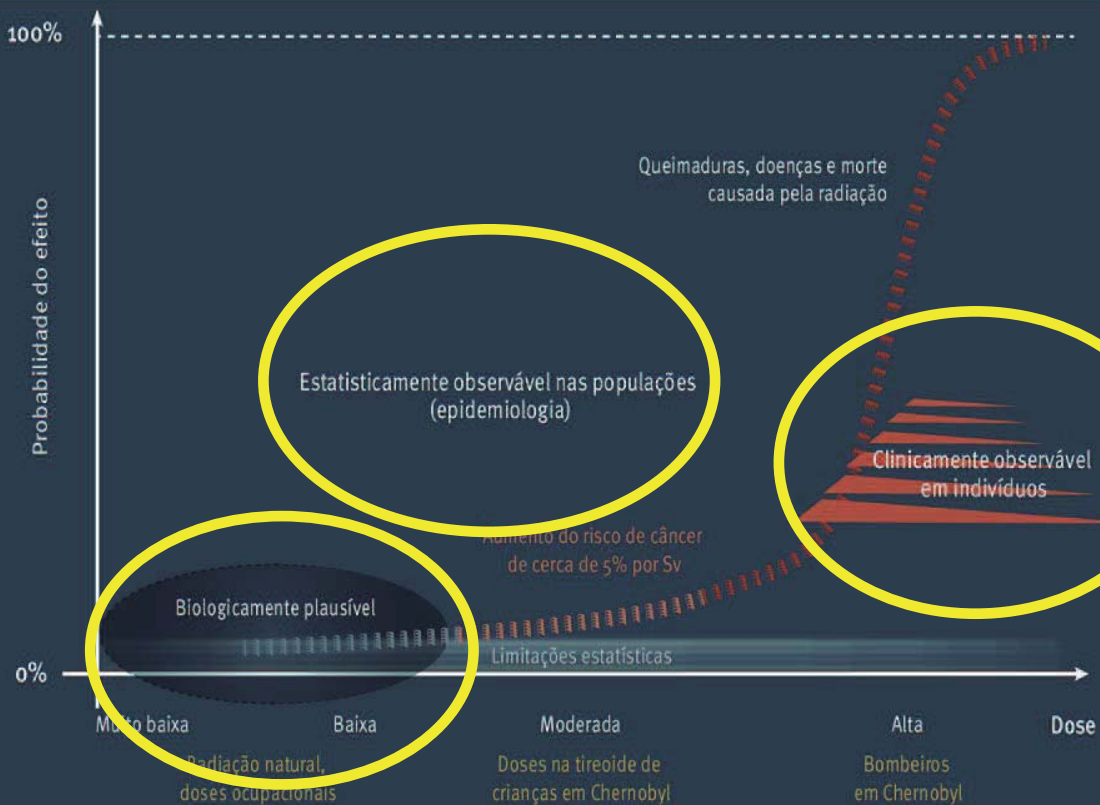
Annex A. Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks

Annex B. Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer

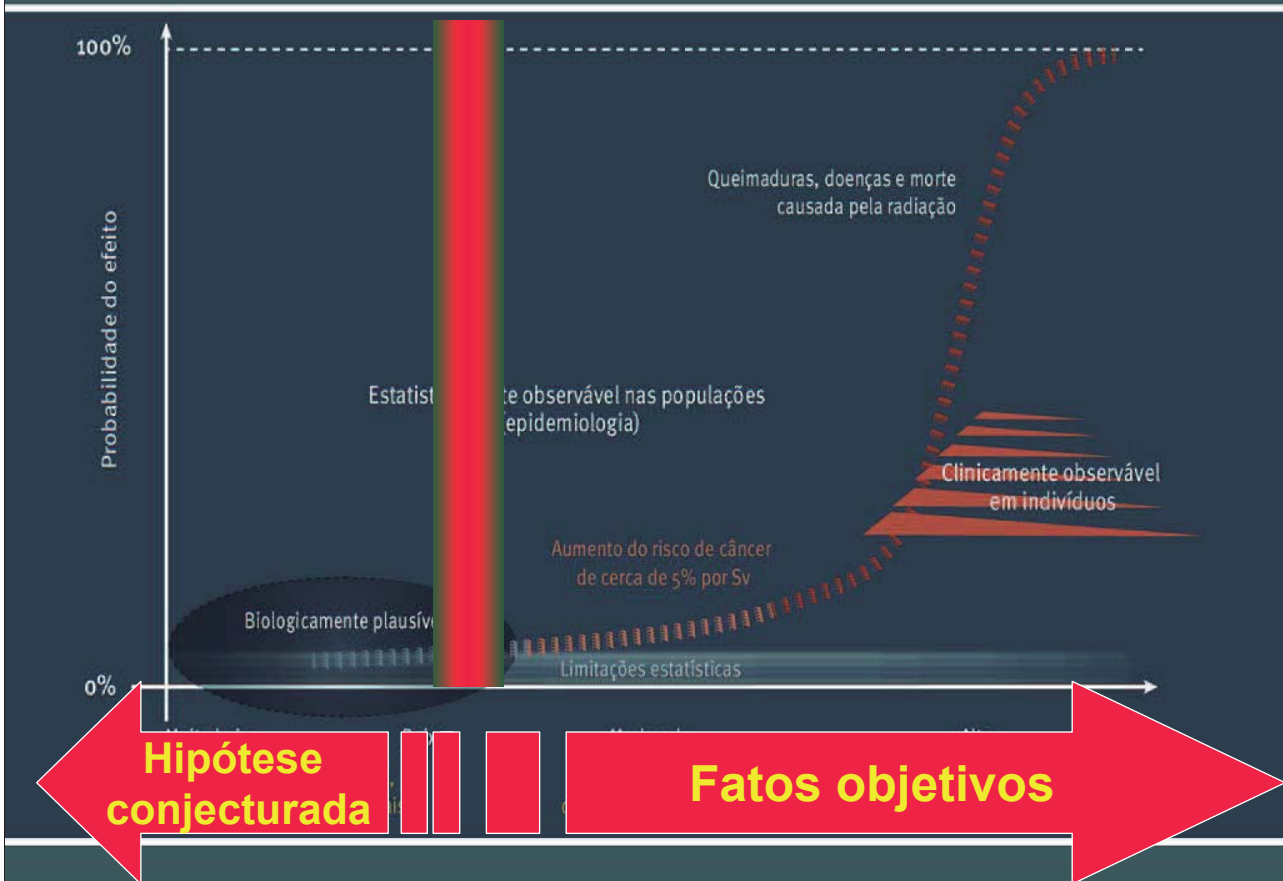


UNITED NATIONS

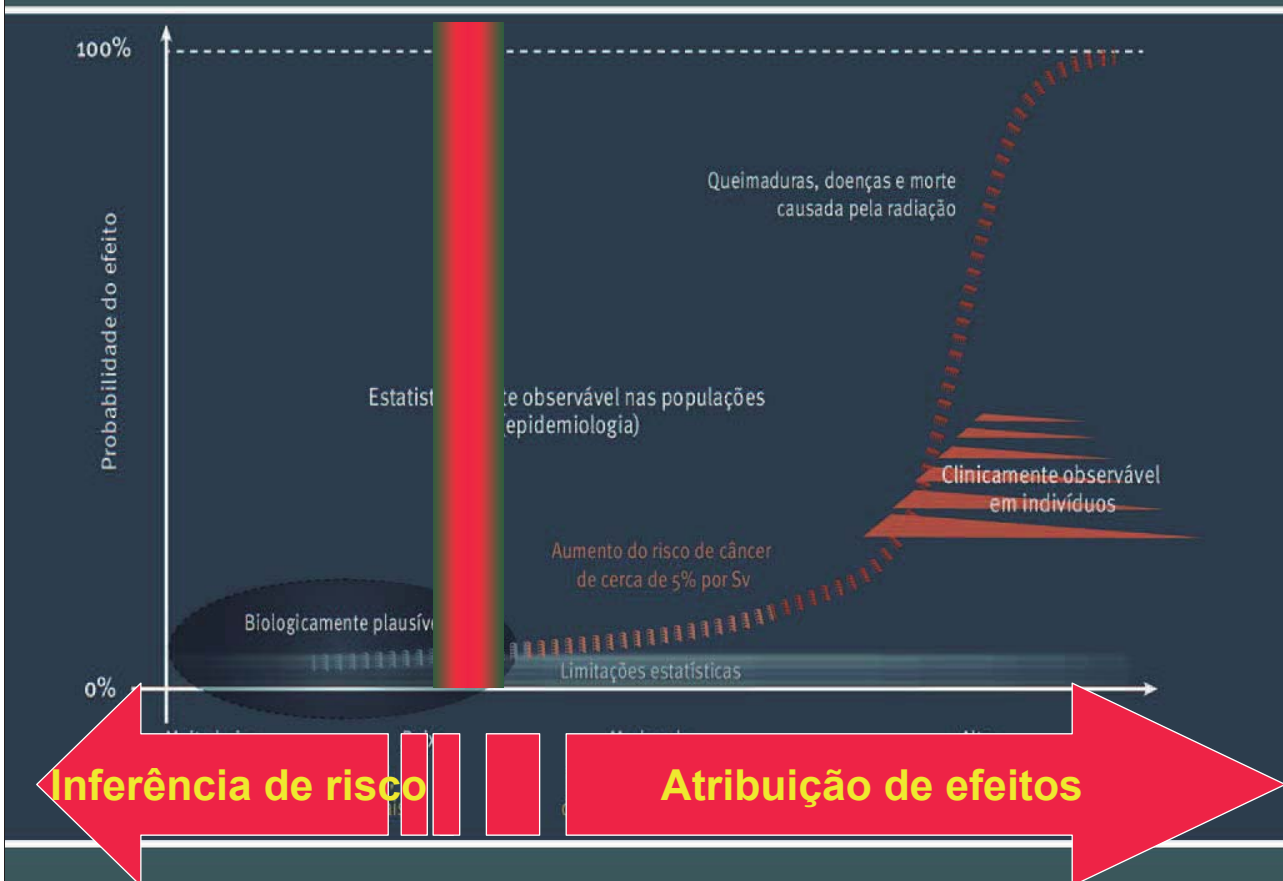
**Relação entre doses de radiação e efeitos na saúde**



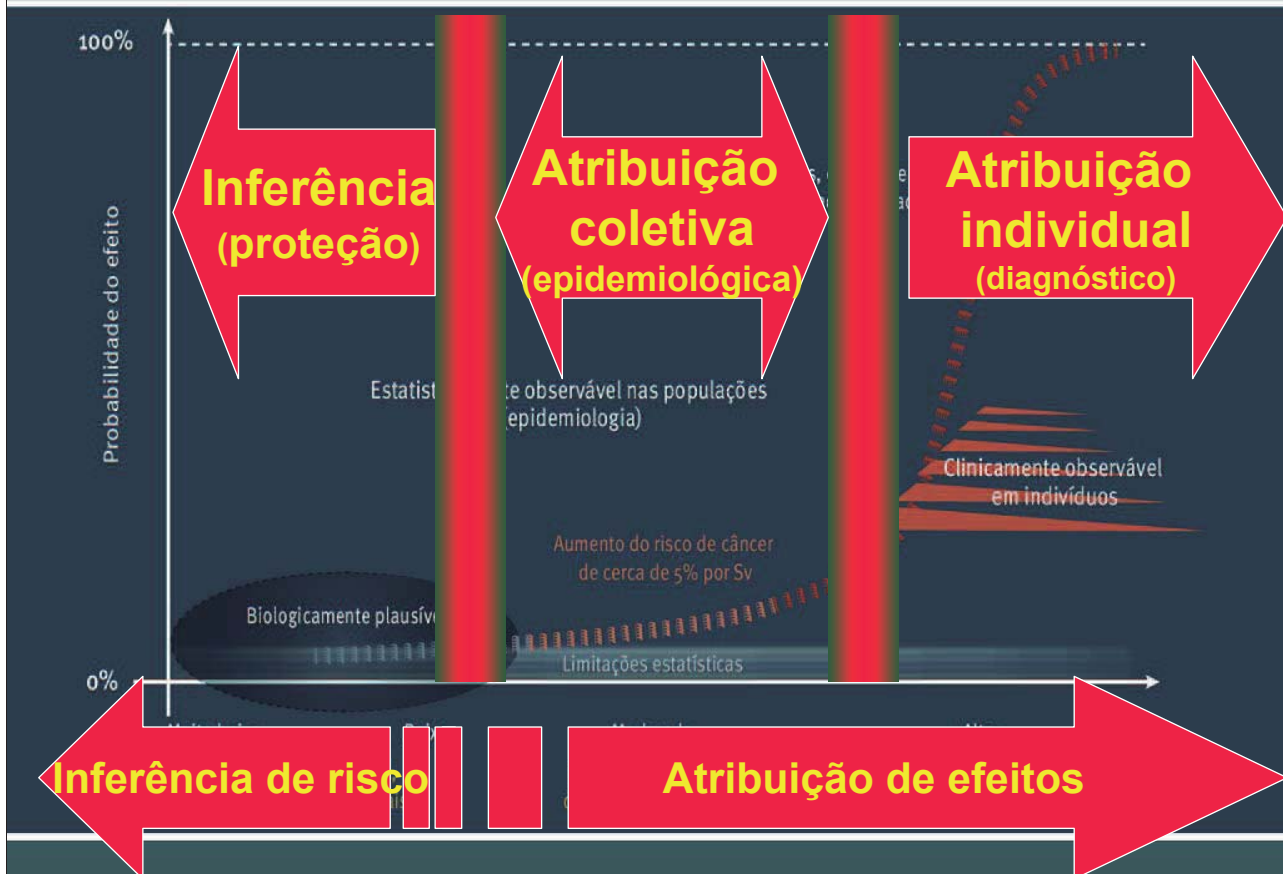
## Relação entre doses de radiação e efeitos na saúde



## Relação entre doses de radiação e efeitos na saúde



## Relação entre doses de radiação e efeitos na saúde



## Conclusões da UNSCEAR

- **Efeitos hereditários não podem ser atribuídos à radiação.**
- **Aumentos na incidência dos outros efeitos sobre a saúde não podem ser atribuídos a uma exposição crônica a baixos níveis de radiação**

# **Novo relatório da AIEA** **(concluído na semana passada)**

 IAEA | Preprint Repository

## **Preprint**

**Attribution of Radiation Health Effects and  
Inference of Radiation Risks: Consideration for  
Application of the IAEA Safety Standards**

### **Parte 4**

## **Desafios para o paradigma de proteção radiológica**

**(Desafios para o modelo conceitual para assegurar a saúde da pessoas)**

# Primeiro desafio do paradigma

Desafio do

**LNT**

77

Os efeitos da radiação foi resumidos de forma confusa por um acrônimo,

**'LNT',**

para a inglês 'linear non-threshold',

ou

**linear sem limiar**

## Diferentes interpretações de LNT

### LNT para radiopatologistas

#### O LNT não é necessário

- Procuram efeitos diagnosticáveis em indivíduos expostos a altas doses de radiação.
- A relação dose-resposta é uma curva sigmóide apresentando um limiar de dose de fato.
- Abaixo do limiar de dose, os efeitos da radiação não são atribuíveis em indivíduos.

## LNT para radiobiólogos

- LNT é uma **premissa** postulando que um determinado incremento na dose produziria um incremento diretamente proporcional na probabilidade de incorrer em efeitos celulares que poderiam evoluir para malignidades ou efeitos hereditários.

81

## LNT para radioepidemiologistas

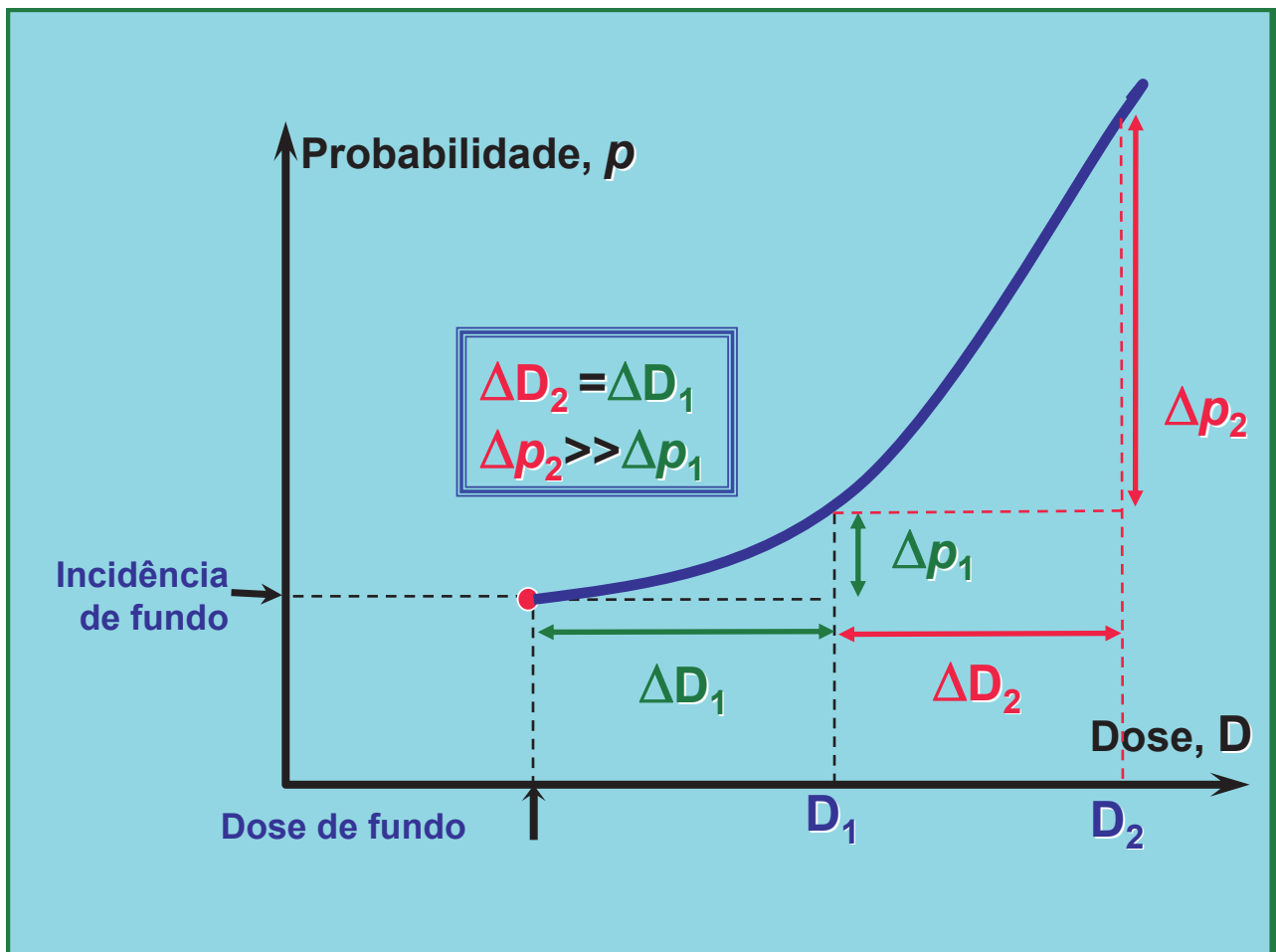
- LNT é uma **conjectura** pela qual na incidência de efeitos, que foram medidos em situações de exposição à radiação a doses altas, é presumido ocorrer igualmente em situações de exposição à radiação envolvendo baixas doses, **apesar de não ser possível obter evidências epidemiológicas!**

82

# LNT para radioprotecionistas

- LNT representa um modelo operacional pratico, para gerenciar a proteção contra doses adicionais, independentemente do nível de dose acumulada.

83





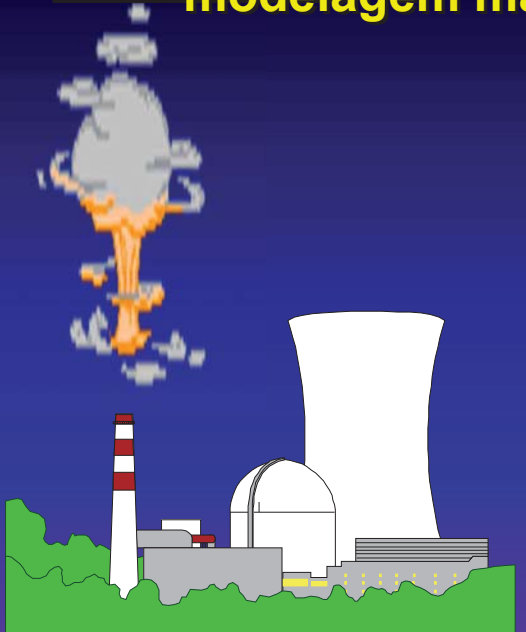
O LNT não é uma **premissa** comprovada!

É apenas um

**modelo prático operacional!**

**Erro de interpretação do  
modelo LNT**

# modelagem matemática do ambiente



descarga de efluentes



Dose coletiva

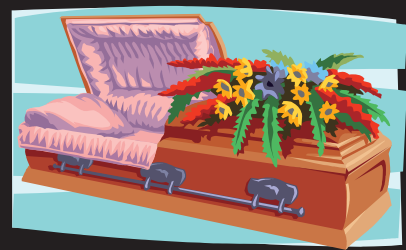


dose colectiva

X

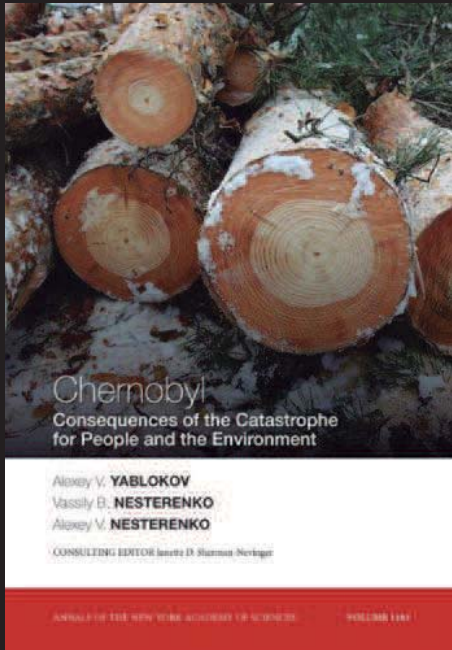
Coeficiente  
nominal de  
risco

=



cadáveres

Pessoas sievert x 5 % Sv<sup>-1</sup> = cadáveres!



**Chernobyl:**  
**Consequences of the Catastrophe**  
**for People and the Environment**  
**Annals**  
**of the New York**  
**Academy of Sciences**

**“950,000 pessoas morreram no acidente de Chernobyl”!**

**Atribuição?**



## **Segundo desafio do paradigma**

**Licenciamento social**

**é**

**Os fundamentos éticos dos princípios do paradigma**

91

**Licenciamento social**

- **Novas demandas sociais por exposição à radiação devem ser assimiladas especificamente no paradigma.**
- **O conceito de ética é crucial**



**O licenciamento social deve agora fazer parte do paradigma da proteção radiológica**

# Os princípios do paradigma de proteção radiológica

- **Justificação** de ações sobre o risco
  - **Otimização** da proteção contra riscos
  - **Limitação** de risco individual
- 
- **Cautela** virtuosa sobre o risco  
(gerações futuras e meio ambiente)

## A pergunta básica:

Em que fundamentos éticos se baseiam esses princípios?

## Doutrinas sobre ética

- **Ética teológica**  
(ética das consequências)
- **Ética utilitarista**  
(ética da eficácia)
- **Ética deontológica**  
(ética do dever)
- **Ética areté** (ἀρετή)  
(ética da virtude)

**Ética teológica**  
(ética das consequências)

**Aforismo:**

**"O fim justifica os meios"**

**Ética utilitarista**  
(ética da eficácia)

**Aforismo:**

**“O maior benefício para o maior  
número de pessoas”**



## **Ética deontológica** (ética do dever)

**Aforismo:**

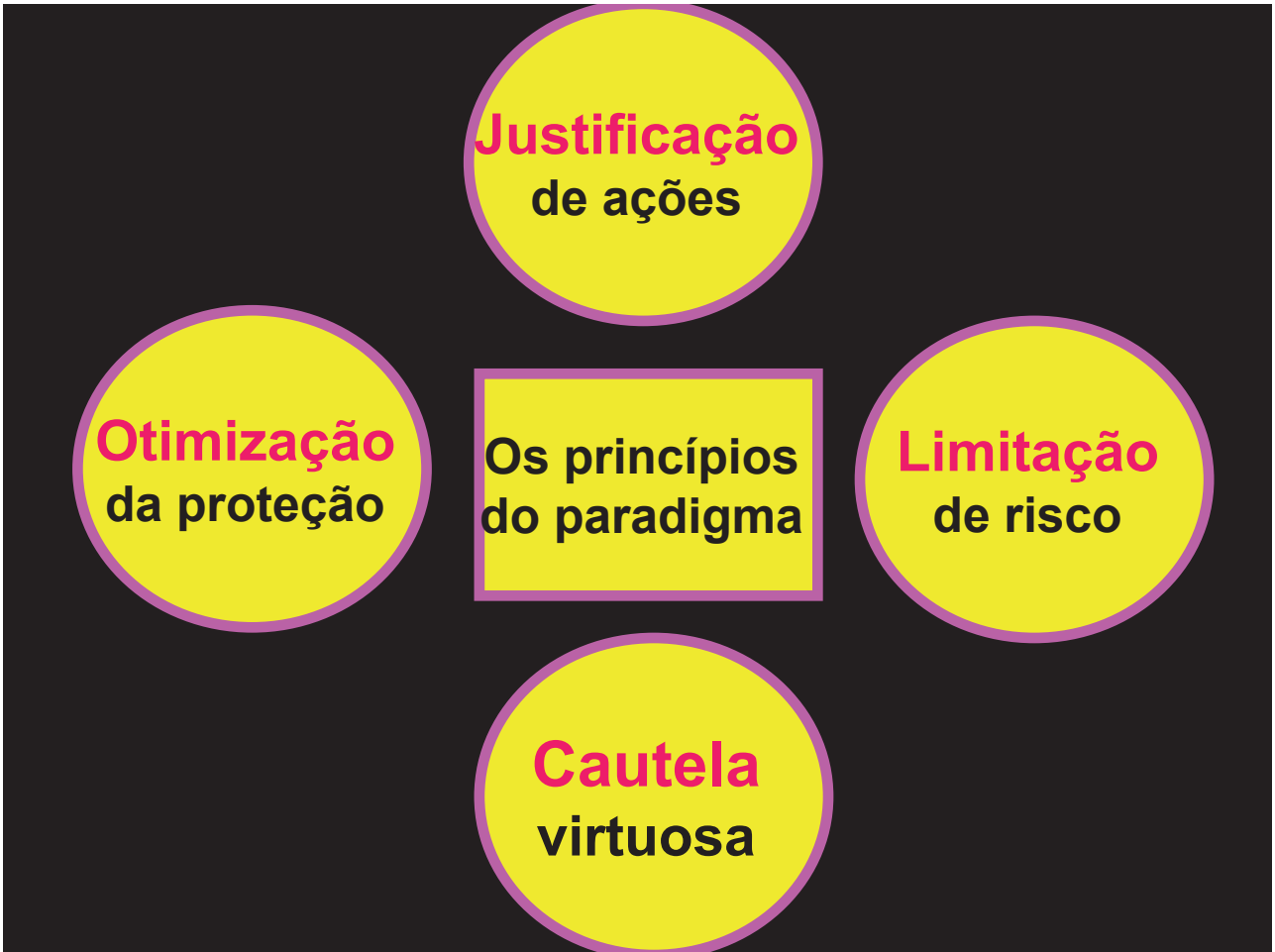
**"Não faça com os outros o que você não gostaria que fizessem com você"**

## **Ética areté (ἀρετή)** (ética da virtude)

**Aforismo:**

***"A virtude está em fazer o bem que não é correspondido"***



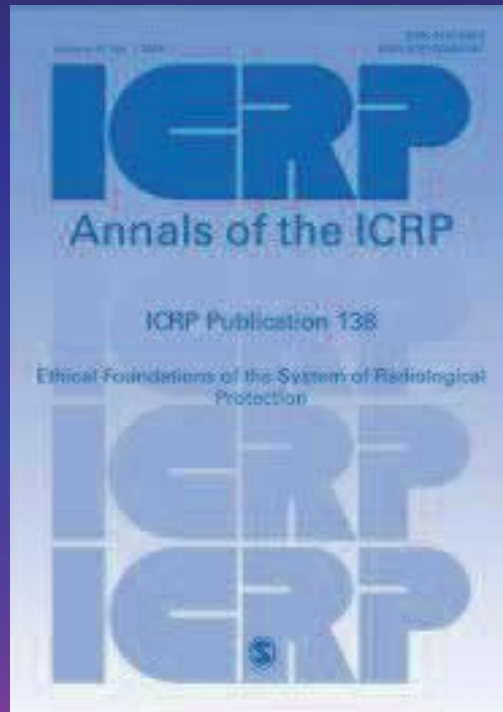




## Reação ICRP

**ICRP**  
INTERNATIONAL COMMISSION ON  
RADIOLOGICAL PROTECTION

# Novas recomendações do ICRP



O propósito declarado da ICRP-138 é  
descrever como o paradigma da ICRP foi

baseado

(intencionalmente ou implicitamente)

**na ética.**

**Texto da ICRP-138 foca em**

## **“valores”**

**que resultam do respeito à ética**

**(As doutrinas éticas estão descritas em anexo)**

## **“Valores”**

### **fundamentais derivados da ética**

- **beneficência/não maleficência,**
- **prudência,**
- **justiça e**
- **dignidade.**

# Procedimentos

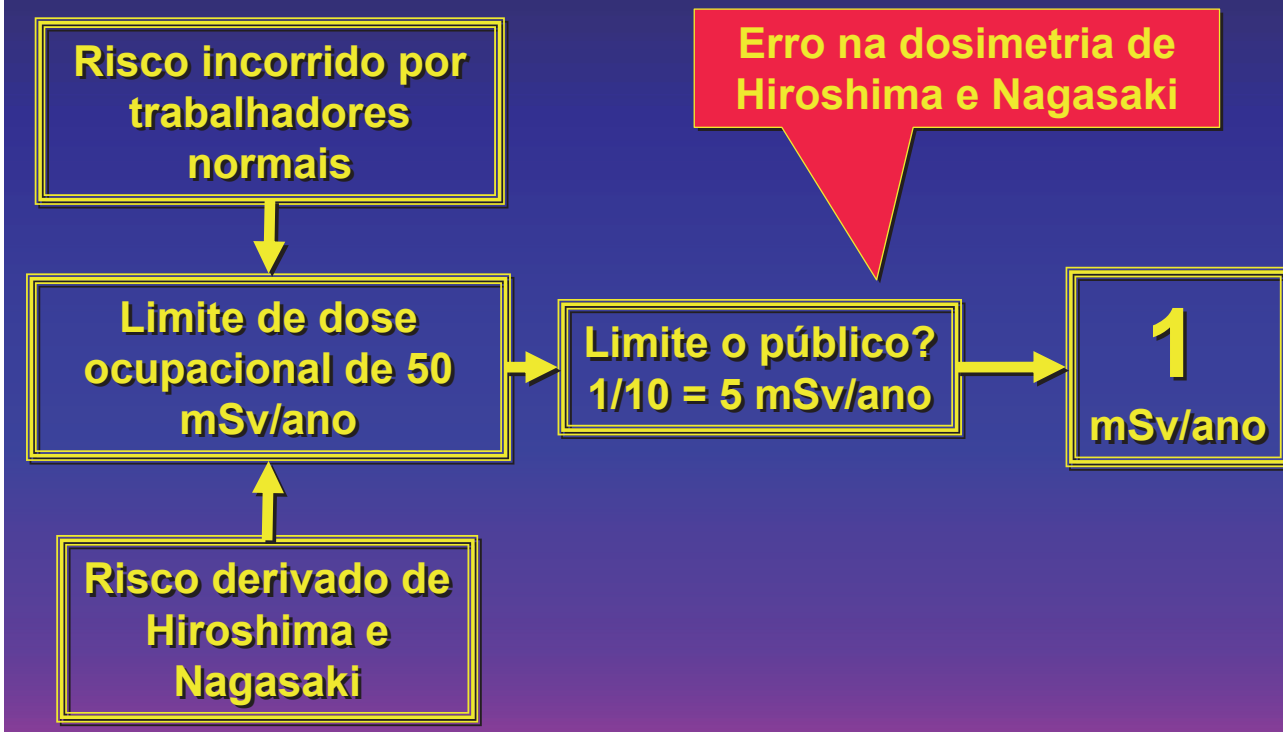
Por fim, o ICRP aborda os procedimentos necessários para a implementação prática desses valores, com foco em:

- **Responsabilidade**
- **Transparência**
- **Inclusão.**

**Terceiro desafio do paradigma**

**A confusão do “limite da dose”**

# História do limite de dose



Por que temos permissão para receber 20 mSv/ano após o acidente de Fukushima se o “limite” de dose é de 1 mSv/ano?





- O conceito de “limite de dose” não está de acordo com a definição e compreensão da palavra

## **“limite”**

- Ou “limite de dose” não são um ponto terminal, além do qual uma dose pessoal não deve passar.

**É necessária uma profunda revisão deste conceito, e também da lógica por trás do 1mSv/y!**

**É necessária uma profunda revisão deste conceito do “limite da dose”,**

**e também**

**da lógica por trás do 1mSv/y!**

## **Quarto desafio do paradigma**

### **Situações de exposição**

**Existem sérios problemas  
práticos para aplicar o  
paradigma às chamadas  
situações de exposição  
existentes!**

A transição entre situações pré e pós-emergência precisa ser revisada:

- revisitando os antigos conceitos de
  - controlar doses adicionais planejadas contra
  - intervir para evitar doses existentes;
- e, diferenciando entre:
  - situações “existing” e
  - situações “extant”

## Emergências - Existentes (‘Intervenções’)



## Quinto desafio do paradigma

### Tipos de exposição

A **exposição ocupacional** deve ser revisada, com o consenso da Organização Internacional do Trabalho, para considerar, entre outros:

- **Radiação natural**
- **Trabalhadores comuns (não radiação)**
- **Trabalhadores voluntários**
- **Socorristas**

As **exposições médicas** devem ser dissecadas!:

- Separar e dividir as exposições do paciente em:
  - Exposições **diagnósticas** do paciente, e
  - Exposições ao **tratamento** do paciente

(incluindo abordar a questão da exposição acidental e proteção contra malignidades secundárias).

- Separar em categorias independentes:
  - Exposição de **ajudantes** e
  - Exposição de **voluntários** em pesquisas médicas

**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**

Seoul, Korea; January 18-22, 2021

**Considerations on Potential Regulatory Actions for**

**Radiation Protection in Radiotherapy:**

**Monitoring Unwanted Radiation Exposure in Radiotherapy**

**Abel J. González**

## **Sexto desafio do paradigma**

### **Grandezas**

**As novas recomendações do ICRU+ICRP devem ser incorporadas ao paradigma.**

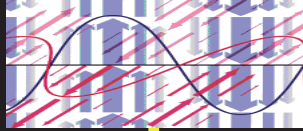
- **Incluindo uma melhor distinção entre:**
- **grandezas intensivas (por exemplo, dose) e**
- **grandezas extensivas (por exemplo, dose coletiva)**

**...mas...**

**outras mudanças são urgentemente necessárias!**

Dose absorvida

..real...



Fator de ponderação,  $w_R$

Radiation type	Radiation weighting factor, $w_R$
Photons	1
Electrons <sup>a</sup> and muons	1
Protons and charged pions	2
Alpha particles, fission fragments, heavy ions	20
Neutrons	A continuous function of neutron energy

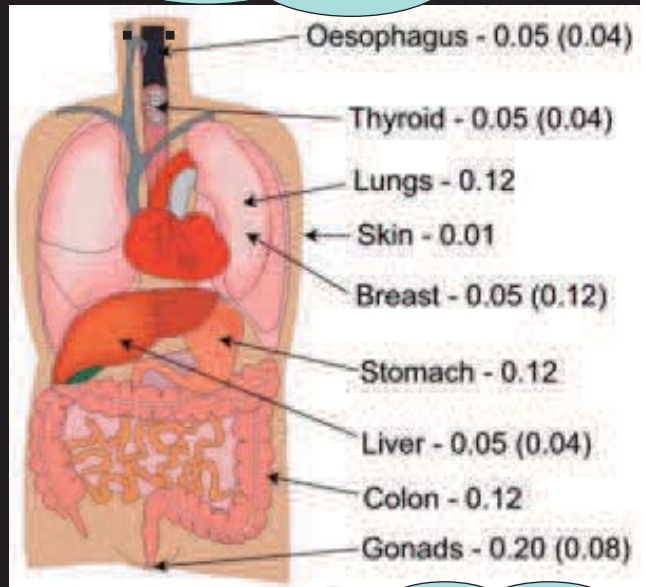
Dose equivalente

pretensso  
(construção teórica)

Dosis equivalente

... pretensso  
(construção teórica)

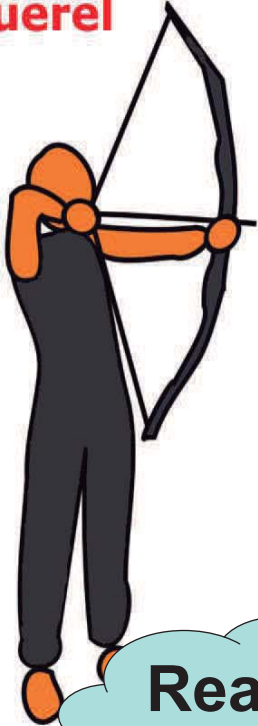
Fator de ponderação,  $w_T$



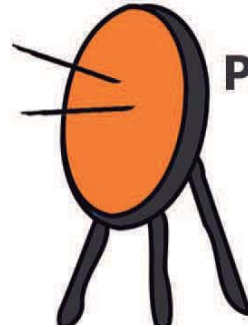
Dose efectiva

..conjectura!

Number of Shots:  
**Becquerel**



Number of Hits:  
**Gray**



Points: **Sievert**

**Realidad**

**Conjetura**

## Un tema controversial

El uso de la magnitud dosis colectiva



# Dose colectiva, S

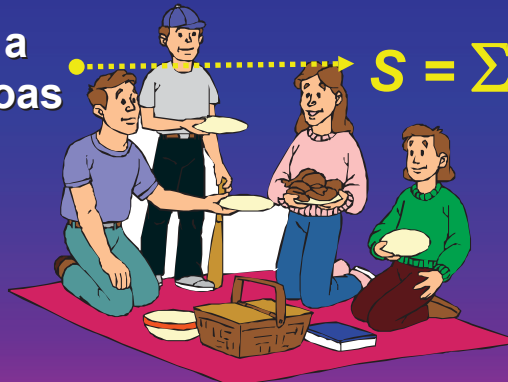
Exposição

Dose,  $D$ , a 1 pessoa,



Dose colectiva,  $S = 1 \times D$

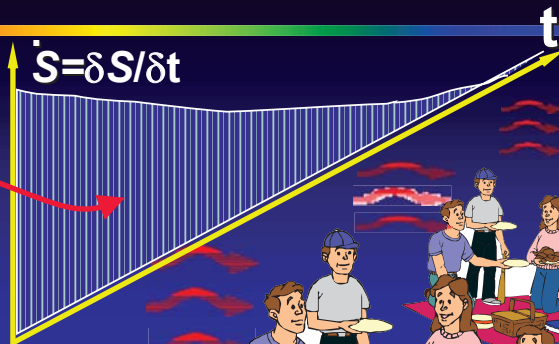
$D_i$  dose a  $N_i$  pessoas



$S = \sum_i D_i N_i$

# Dose coletiva integrada ao longo do tempo

$$S = \int_t^{\infty} \dot{S}(t) dt$$



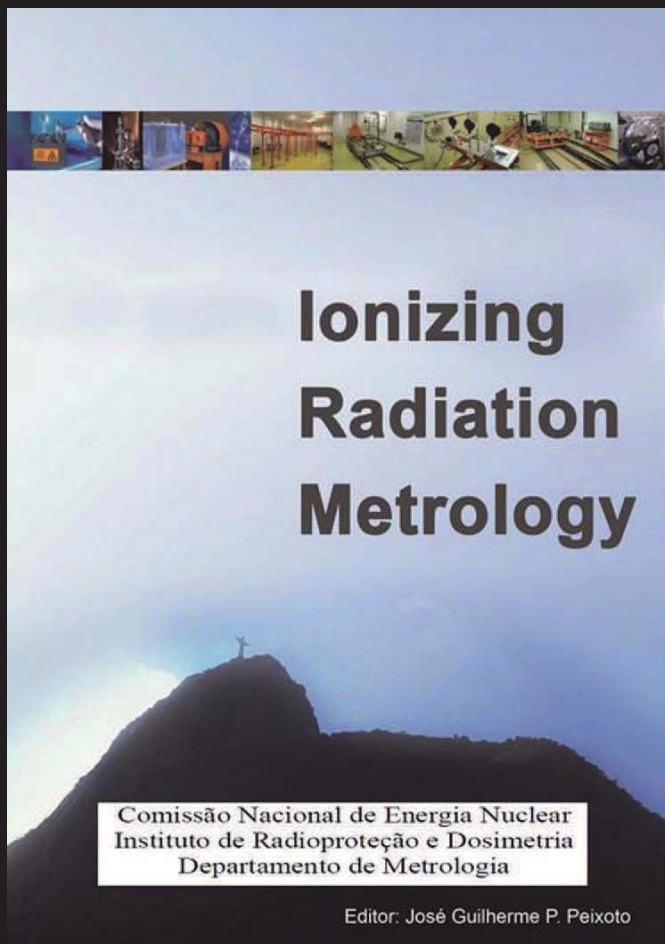
Exposição



**CBMRI**

**Primeiro Congresso  
Brasileiro de Metrologia da  
Radiação Ionizante**

**Rio de Janeiro, Brazil, 23-25 November 2014.**



**Chapter V**  
**Radiation Protection Quantities and Units:  
Desirable Improvements**

**Abel Julio González**  
**Carlos Eduardo Veloso de Almeida**  
**Francisco Spano**

**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**  
Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

**Emerging Challenges  
in the  
International System  
of  
Quantities and Units  
for  
Radiation Protection**

## Setimo desafio do paradigma

### Alcance

#### O alcance do paradigma deve ser esclarecido:

- Descrevendo exposições não passíveis de proteção, que devem ser **excluídas** do paradigma
- Analisando situações de exposição com proteção já otimizada, que devem ser **dispensadas** do paradigma.

## **Aplicação à radiação natural**

- **A exposição à radiação natural basicamente não foi considerada na construção do paradigma.**
- **Este lapso original precisa ser corrigido**
- **NORMs precisarão de consideração especial.**

# **NORMs**

143

**... abordagem inconsistente e  
incoerente em relação aos padrões  
de segurança de radiação para  
fontes artificiais!**

144

**O desafio:**

**agora é o momento de estabelecer o alcance  
dos padrões de segurança de radiação  
para NORMs.**

**O alcance da paradigma para NORMs  
tem sido ambíguo, vago, obscuro,  
incerto, indefinido e, em última análise,  
confuso.**

O alcance do controle deve ser esclarecido:

- As situações não protegíveis devem ser **excluídas** da legislação.
- Situações cuja proteção já é ótima devem ser **eximidas** de regulação.

A legislação romana já havia resolvido o problema de legislar e regulamentar **Insignificâncias.**



(Insignificâncias não são necessariamente trivialidades, mas situações que não precisam ser reguladas por serem inviáveis, sem importância ou irrelevantes.)



# Legislação Romana (B.C.)



- *De minimis non curat lex*

(Causa de no preocupação para o legislador)

- *De minimis non curat praetor*

(Causa de no preocupação para o regulador)

149

**O desafio é usar esses conceitos tradicionais**

*de minimis non curat lex*

**é**

*de minimis non curat praetor*

**para lidar com o desafio de NORMs e outras**

**situações de exposição**

## Oitavo desafio do paradigma

### ‘Contaminação’

**Medo de 'contaminação' causa danos psicológicos e estragos econômicos**

- **Contaminação em terra**
- **Contaminação por resíduos**
- **Contaminação em bens de consumo**

**O momento é propício para lidar com essas questões com clareza.**

**IRPA15 - 15th International Congress of the  
International Radiation Protection Association**  
Seoul, Korea; January 18-22, 2021.

## **Radioactivity in Goods**

**Supplied for Public Consumption or Use:  
Towards an Internationally Harmonized  
Regulatory Framework**

**Abel J. González**

## **Parte 5**

**Desafios ao sistema de normas  
internacionais e  
intergovernamentais**

**A radiação é o único fenômeno  
que afeta o homem que possui um  
sistema de proteção internacional  
e intergovernamental!**

**Que outra indústria possui  
um sistema semelhante?**

155

**Desafio do sistema**

**‘normas’ ou ‘estandares’**

## Diferenças de tradução

O termo **standard** em inglês foi traduzido

- em espanhol como **norma** (e não como **estandar**)
- em francês como **norme** (e não como **standar**)
- em russo como нормы [**normy**] (e não como стандартный [**standartnyy**])
- em árabe como ] معايير **norma**] (e não como ] القاعدة **standard**])
- em chinês como 标准 [Biāozhǔn - **standard**] (e não como 规则 [guīzé - **norma**])

## Confusão na terminologia

**Standard**

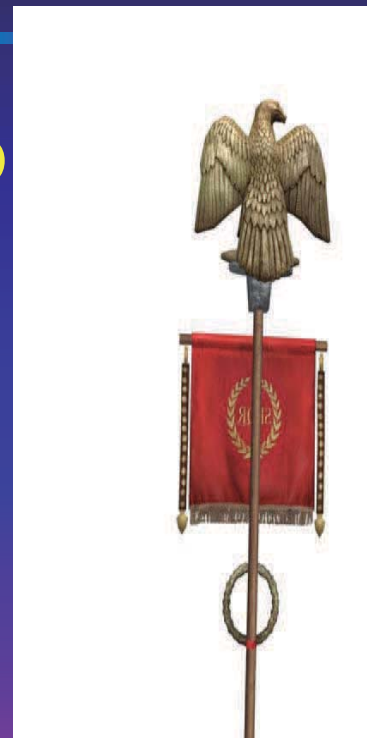
≠

**Norm**

# Standard

## Nível de realização

Do latim *estendre* denotando uma bandeira hasteada em um mastro como ponto de encontro.



# Norm

## preceito, regra

[do Latin *norma* ,  
Orígenes: esquadro  
de carpinteiro']



## Portanto, por design ou por acaso:

O corpus de padrões internacionais e intergovernamentais de segurança estabelecidos sob a égide da AIEA

reuniu os dois

**standards e normas!**

## Isso deve ser corrigido!

Por exemplo, dentro do sistema internacional

- Os standards são aplicáveis às NORMs
- As normas não são necessariamente aplicáveis às NORMs

# Epílogo

163

**Precisamos resolver esses desafios e fazer mudanças em:**

- **a compreensão dos efeitos da radiação,**
- **o paradigma de proteção e**
- **as regulamentações de segurança.**





## Nós latino-americanos:

- Fomos os primeiros a estabelecer normas legais para a segurança radiológica (Uruguai na década de 1930!)
- Somos os únicos que têm um fórum de reguladores radiológicos que informa os Chefes de Estado

**Por que então não podemos promover essas mudanças?**

Nothing in life is to be feared,  
it is only to be understood.  
**Now is the time** to understand  
more, so that **we may fear less.**

– Marie Curie



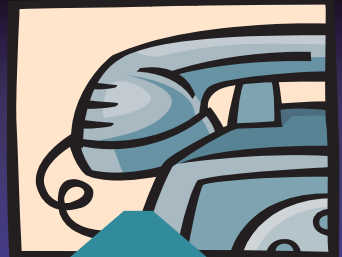
AZ QUOTES

***“Nada na vida deve ser temido,  
apenas deve ser entendido.  
Agora é a hora de entender mais  
(sobre radiação),  
para que possamos ter menos medo.”  
Marie Curie***

167



Av. del Libertador 8250  
Buenos Aires  
Argentina



+541163231758

***Muito obrigado  
pela sua paciência !***



# Exposición ocupacional a bajas dosis y bajas tasa de dosis de radiación ionizante: Atribución de efectos en la salud, inferencia de riesgos e imputación de daño

González, A.J.



**XII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear**

**X Congreso Regional IRPA**

**“PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: ADAPTÁNDONOS A NUEVOS ESCENARIOS”**

**Universidad Católica de Chile; Santiago de Chile; Octubre 23 – 27, 2022**

**Exposición ocupacional a bajas dosis y bajas**

**tasa de dosis de radiación ionizante:**

**Atribución de efectos en la salud, inferencia**

**de riesgos e imputación de daño**

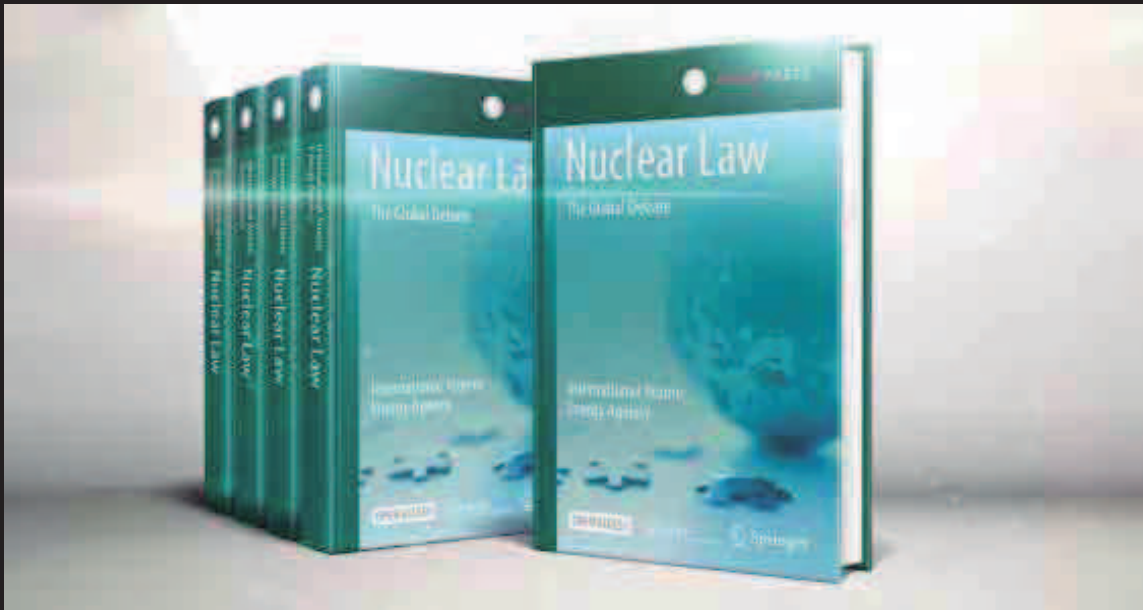
**Abel J. González**

Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina

✉ Av. del Libertador 8250; (1429) Buenos Aires, Argentina 📞 +54 1163231758; 🌐

**¿Porqué protección ocupacional?**

**¿Porqué bajas dosis?**



# Contenido

1. **Génesis**
2. **Evolución**
3. **Logros**
4. **Desafíos**
5. **Epílogo**

## PARTE 1 GENESIS

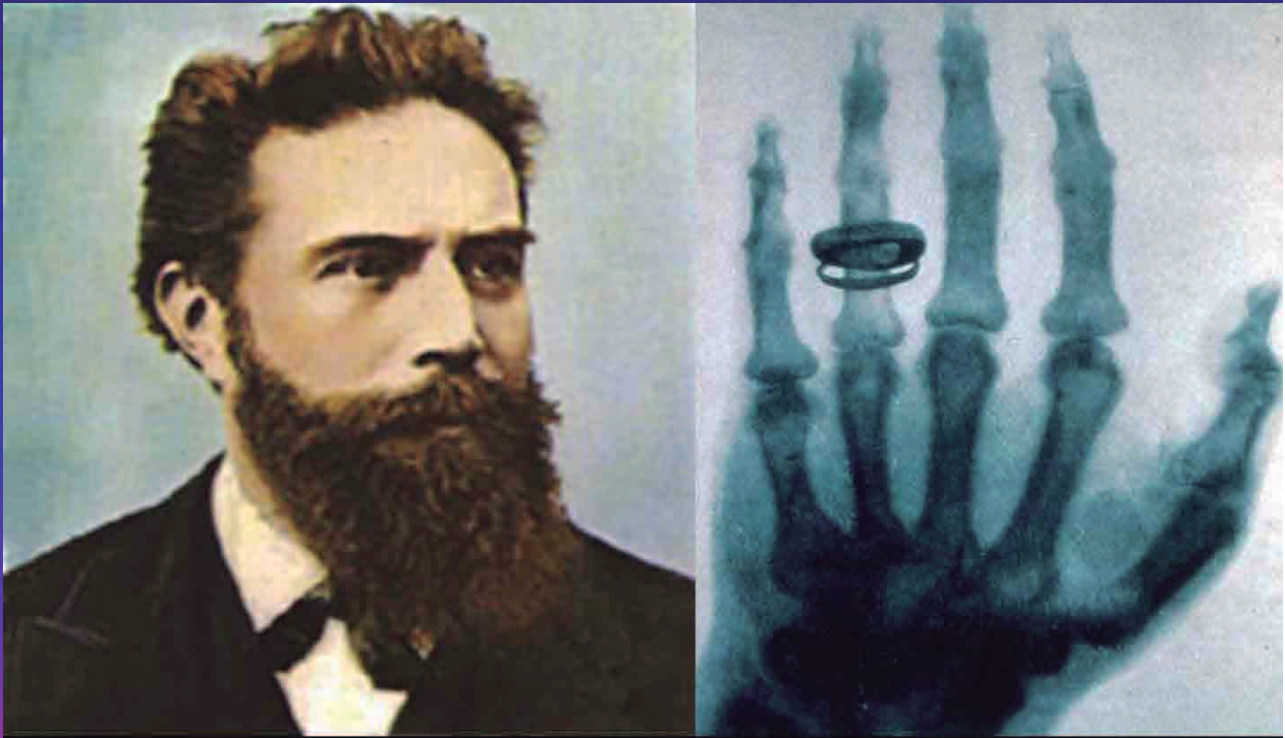
## 1919: Creación de la Organización Internacional del Trabajo



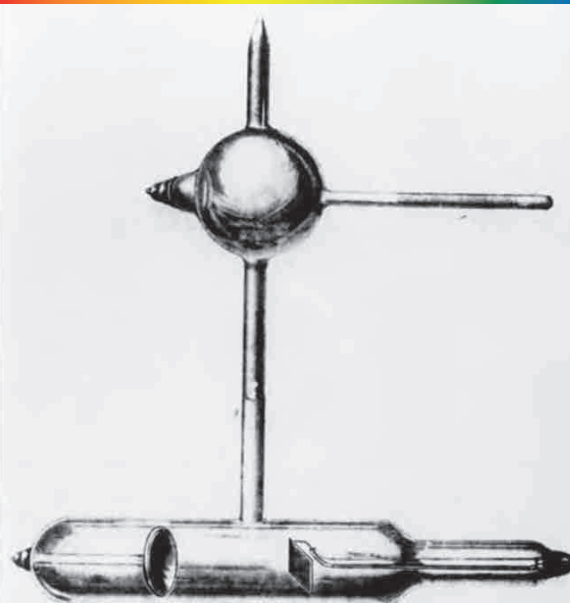
**El punto de partida:  
descubrimiento de la  
*radiación ionizante*  
y de la  
*radiactividad***



**8 de noviembre de 1895: Wilhelm Röntgen  
descubre “Un nuevo tipo de rayos”  
(Über eine neue Art von Strahlen)**



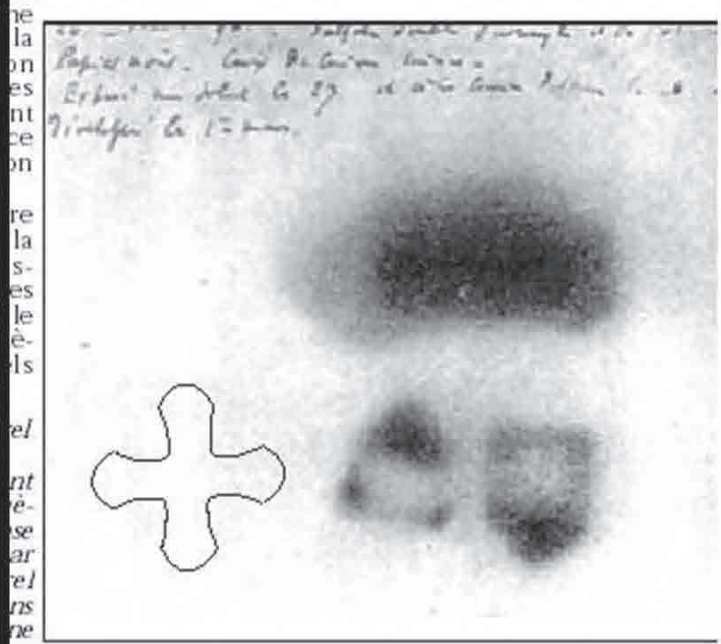
**21 de marzo de 1896 – Pionero en tiempo récord:  
Siemens patentó el primer tubo de rayos X**



**Eine neue Röntgenlampe  
mit regulirbarem Vacuum.**

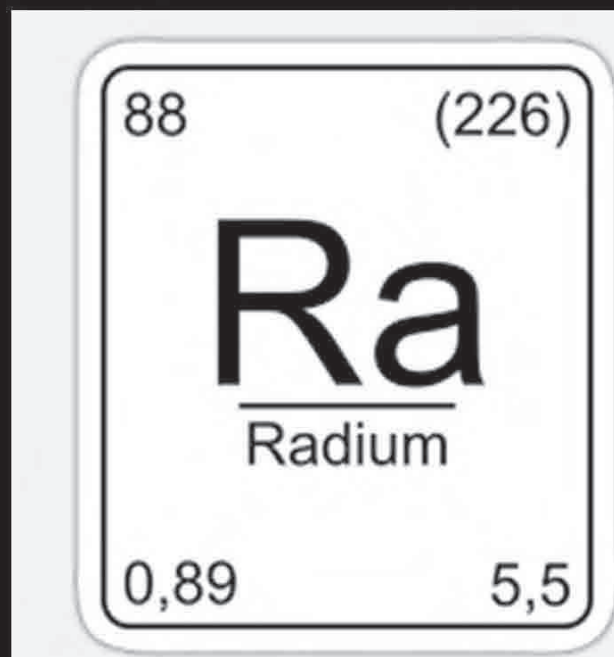
D. R. P. 91028.

## 24 de febrero de 1896: Henri Becquerel descubre la radioactividad

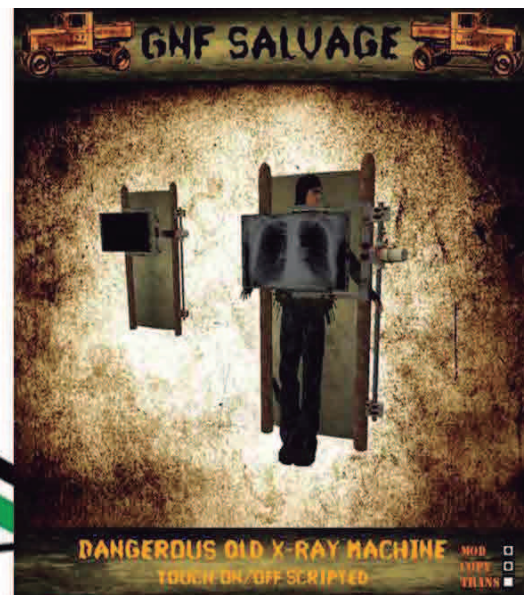
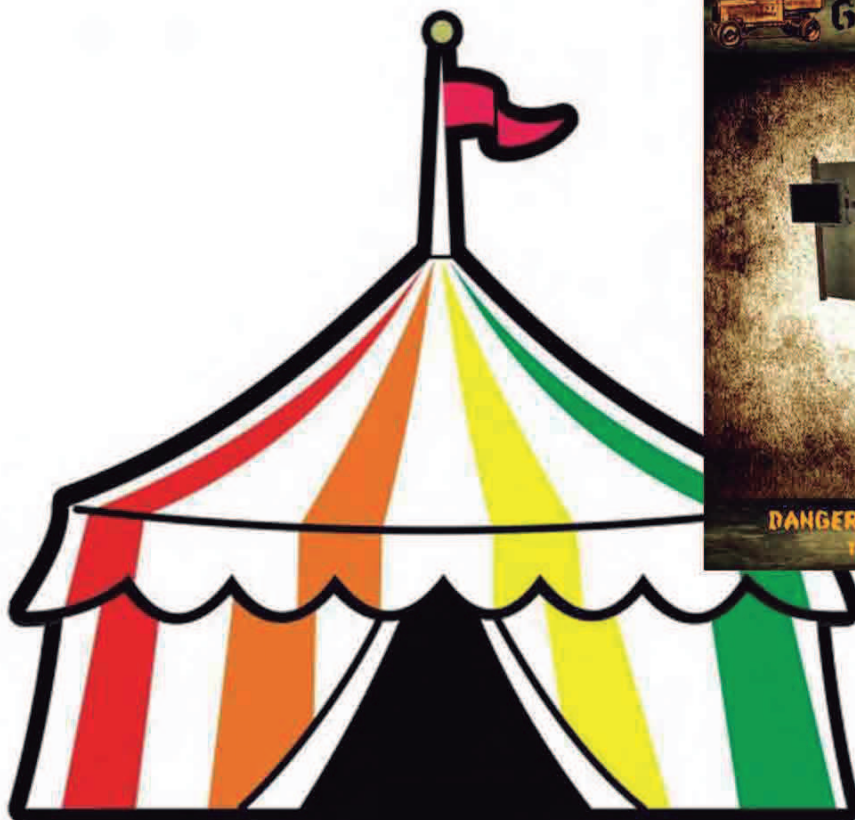


Une des plaques photographiques de Becquerel impressionnée, malgré le papier opaque à la lumière, par les rayonnements d'une des substances étudiées. On remarque la croix blanche.

## 21 de diciembre de 1898, Madame Marie Skłodowska Curie descubre el radium



**¡Se incrementan los usos  
de estos nuevos  
fenómenos!**





Scview

www.delcampe.net

## RADIUM THERAPY

The only scientific apparatus for the preparation of radio-active water in the hospital or in the patient's own home.

This apparatus gives a high and measured dosage of radio-active drinking water for the treatment of gout, rheumatism, arthritis, neuralgia, sciatica, tabes dorsalis, catarrh of the antrum and frontal sinus, arterio-sclerosis, diabetes and glycosuria, and nephritis, as described in

Dr. Saubermann's lecture before the Roentgen Society, printed in this number of the "Archives."

### DESCRIPTION.

The perforated earthenware "activator" in the glass jar contains an insoluble preparation impregnated with radium. It continuously emits radium emanation at a fixed rate, and keeps the water in the jar always charged to a fixed and measurable strength, from 5,000 to 10,000 Maché units per litre per diem.

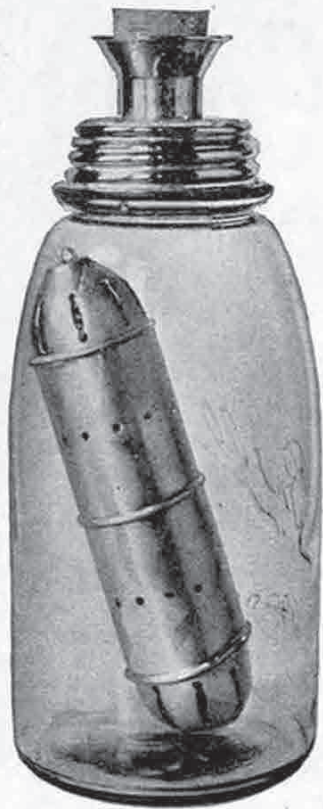


SUPPLIED BY

**RADIUM LIMITED,**

93, MORTIMER STREET, LONDON, W.

Telephone: 401 HAYFAR.



# RADIUM EMANATION WATER

## Drives Out Uric Acid

Suffering from too much uric acid and diseases caused by faulty elimination—**Rheumatism, Gout, Periodical Headaches, Neuralgia, Constipation, Neurasthenia, Auto-Intoxication and Lack of Bodily Vigor**—quickly relieved in a natural way without drugs or chemicals by our new discovery

### THE WAY TO MAKE RADIUM WATER IN YOUR OWN HOME

with our Rayode. A little device containing Radium enough to supply 2,700 Mache Units of Radio-activity, in two quarts of water every twenty-four hours, for less than 10c a day. The Rayode will last a lifetime.

### SEND FOR FREE LITERATURE

Tells how you can buy or rent a Rayode to make Radium Water in your own home, with your own ordinary drinking water. Address:

**THE COLORADO RADIUM PRODUCTS COMPANY**  
635 First National Bank Building      Denver, Colo.



**Radium fountain in Bad Elster (1924)**



**¡Bad Elser hoy día!**



**Cosmetics containing radium (circa 1925)**

# Cosméticos radioactivos



## Radium Cosmetiques

*NOTHING LIKE THEM IN U. S.*  
Face Lifting Without Plastic Surgery

**Aimeray Radium Cosmetiques**

507 5th Ave., New York City, N. Y.



### Do You Not Know? The Eyetome

Invented by Dr. Francis King, well-known Ocular Muscle Specialist. Is relieving all forms of Eye Troubles and doing away with glasses in great numbers of cases. Call or write 709 Grant Bldg., Los Angeles, VA. 3346.

754

**MÉTHODE**  
**THO-RADIA**

EMBELLISSANTE PARCE QUE CURATIVE

**4<sup>o</sup>**  
**DENTIFRICE**  
**THO-RADIA**

A BASE DE SELS DE THORIUM

FORMULE  
du Docteur Alfred CURIE



Le grand tube :  
6 francs

Astringent et bactéricide, il stérilise la cavité buccale, évite et combat les gingivites, prévient la carie et les pyorrhées alvéolaires. Il assainit les dents, laisse dans la bouche une délicieuse impression de fraîcheur, conserve l'éclat, la blancheur et l'intégrité de la dentition.



***Pas de joli sourire  
sans de jolies dents***

**CHEZ LES PHARMACIENS EXCLUSIVEMENT**

**Todos estos usos ciertamente deberían haber generado mucho daño entre los trabajadores que producían los bienes.**

**¡Los estándares de protección radiológica no existían en aquellos tiempos!**



## **El caso mas paradigmático: Las 'chicas del radio'**

**Trabajadoras que sufrieron graves efectos de radiación al pintar esferas de relojes con pintura autoluminosa en tres fábricas diferentes en EE. UU. 1917 - 1920.**



**¡La preocupación por la  
protección despertó  
finalmente de la recién  
creada profesión de los  
radiólogos!**





**El daño por radiación era obvio  
y los radiólogos se  
preocuparon por ellos mismos**



**En el Segundo Congreso de Radiología en Estocolmo en 1928, los radiólogos crearon un *Comité* para desarrollar recomendaciones para protegerse ellos mismos.**

**Establecieron el *Comité Internacional de Protección contra Rayos X y Radio***

**¿Motivación principal?  
La protección radiológica de los radiólogos**



**Primer meeting del Comité que evolucionaria  
con el tiempo para convertirse en la actual ICRP**



**INTERNATIONAL RECOMMENDATIONS FOR X-RAY  
AND RADIUM PROTECTION**

on the proposal of the Radio-Physics Section adopted by the Second International Congress of Radiology in Stockholm, July 27th, 1928

- **Los efectos conocidos eran:**
  - lesiones en los tejidos superficiales;
  - trastornos de los órganos internos; y,
  - cambios en la sangre.
- **Los requisitos de protección eran:**
  - ¡Se debe proporcionar una protección adecuada y condiciones de trabajo adecuadas!
  - Los jefes de los departamentos de rayos X y radio deben garantizar tales condiciones para su personal.

## **Las recomendaciones también reflejaban la amplia ignorancia en ese momento**

- **Los Departamentos de Rayos X ¡no deben estar situados por debajo del nivel del suelo!**
- **Todas las habitaciones deben estar provistas de:**
  - ventanas que brinden buena iluminación natural e instalaciones preparadas para admitir la luz del sol y el aire fresco
  - ventilación de escape adecuada capaz de renovar el aire de la habitación no menos de 10 veces por hora!
  - entradas y salidas de aire que permitan una ventilación transversal.
- **¡Todas las habitaciones deben estar preferiblemente decoradas en colores claros!**

## ...en resumen.....

- La **'protección radiológica'** fue creada solo con fines de **protección ocupacional** para la **'práctica'** de radiología.

(El término **'práctica'** se continuará utilizando aplicado a cualquier actividad, y evolucionaría en lo que hoy denominamos **'situaciones de exposición planificadas'**)

- La radiación natural de fondo **'existente'** fue totalmente ignorada.

## PARTE 2 EVOLUCIÓN



# 1937

- Primera legislación regulando la protección radiológica ocupacional.

**¡Sucede en América Latina, en Uruguay!**

## Ley de Uruguay No. 9744 de 1937

- Artículo 3

*El Ejecutivo, a través del Ministerio de Salud Pública, designará una Comisión para estudiar y **reglamentar las condiciones de protección y seguridad del personal que manipule Rayos X y Radio,....así como las medidas de profilaxis para evitar las lesiones profesionales.***

**1955-1960**

**¡El lustro trascendental!**



**QUÉ PASÓ EN**

**1955**



**La Asamblea General de las Naciones Unidas  
establece  
el Comité Científico de las Naciones Unidas  
sobre los Efectos de la Radiación Atómica  
(UNSCEAR)**



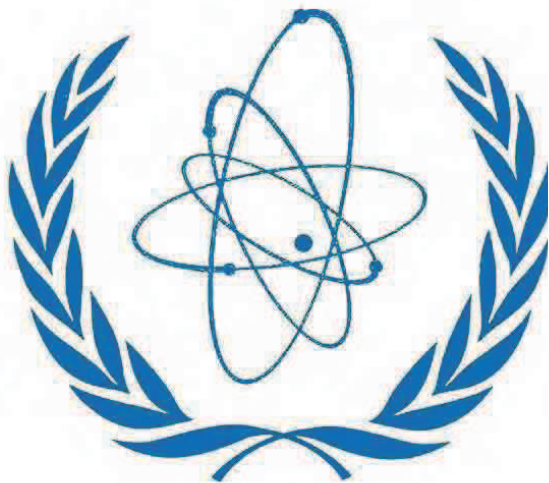
## **La funciones de UNSCEAR**

**Evaluar científicamente los efectos sobre la  
salud de la exposición a la radiación  
ionizante y sus niveles globales**



**QUÉ PASÓ EN**

**1957**

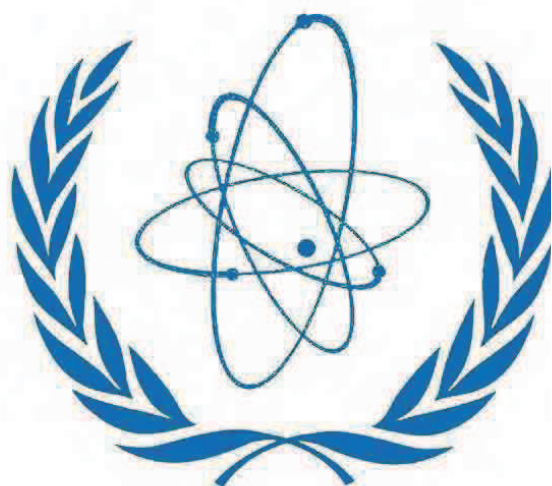


**Se crea el**

**OIEA**

El Estatuto del OIEA establece estas funciones para el OIEA:

- **establecer estándares** de seguridad, incluyendo estándares ocupacionales; y
- **proveer a su aplicación** a requerimiento de un Estado.



**El OIEA  
establece  
los primeros  
estándares  
internacionales  
de seguridad**



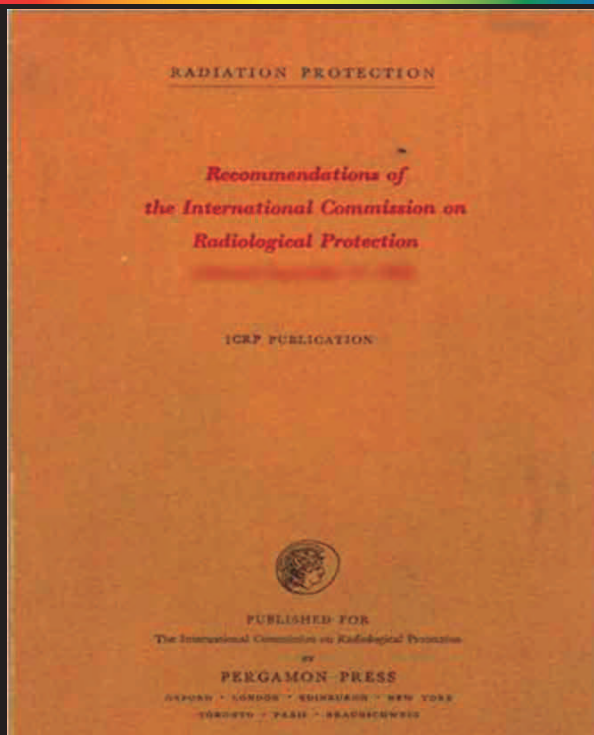
**QUÉ PASÓ EN**  
**1959**

**ICRP**

**INTERNATIONAL COMMISSION ON  
RADIOLOGICAL PROTECTION**

**Primeras recomendaciones de la ICRP,  
después de su reestructuración a su forma actual**

# Publicación 1 de la ICRP



Primera definición de  
*exposición ocupacional*

§(37) **La exposición de un individuo que normalmente trabaja en un área controlada constituye una exposición ocupacional.**

§(71) Se establecerá un **área controlada** donde las personas ocupacionalmente expuestas puedan recibir dosis superiores a **1,5 rems/año.**

**Primera definición de**  
***dosis maxima permisible***



§(47) La dosis total máxima permisible acumulada en las gónadas, los órganos hematopoyéticos y el cristalino a cualquier edad mayor de 18 años se regirá por la relación

$$D = 5(N - 18)$$

Donde:

- D es la dosis en el tejido en rems, y
- N es la edad en años.



# La Organización Internacional del Trabajo adopta la Convención de Protección Radiológica



## Primera obligación internacional legalmente vinculante

Todo Miembro de la OIT que ratifique la  
Convención se compromete a hacerlo efectivo  
mediante:

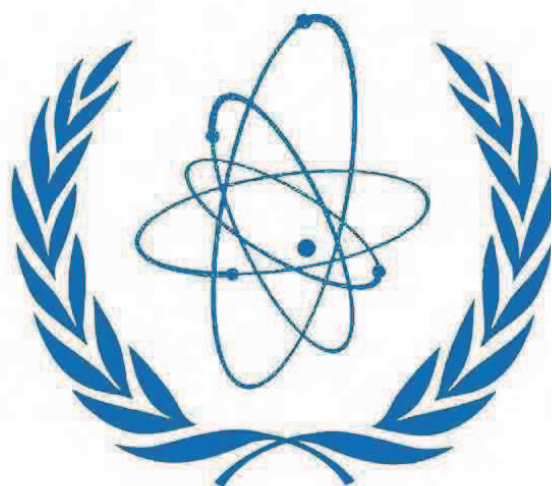
- leyes,
- reglamentos,
- códigos de práctica, u
- otros medios apropiados.

## Convención de protección radiológica n.º 115 de la OIT (1960)

Fecha de entrada en vigor: 17.6.1962

### Ratificaciones:

- Argentina 15.6.1978
- Azerbaijan 19.5.1992
- Barbados 8.5.1967
- Belarus 26.2.1968
- Belgium 2.7.1965
- Beliz 15.12.1983
- Brazil 5.9.1966
- Chile 14.10.1994
- Czech Rep. 1.1.1993
- Denmark 7.2.1974
- Djibouti 3.8.1978
- Ecuador 9.3.1970
- Egypt 18.3.1964
- Finland 16.10.1978
- France 18.11.1971
- Germany 26.9.1973
- Ghana 7.11.1961
- Greece 4.6.1982
- Guinea 12.12.1966
- Guyana 8.6.1966
- Hungary 8.6.1968
- India 17.11.1975
- Iraq 26.10.1962
- Italy 5.5.1971
- Japan 31.7.1973
- Kyrgyzstan 31.3.1992
- Latvia 8.3.1993
- Lebanon 6.12.1977
- Luxembourg 8.4.2008
- Mexico 19.10.1983
- Netherlands 29.11.1966
- Nicaragua 1.10.1981
- Norway 17.6.1961
- Paraguay 10.7.1967
- Poland 23.12.1964
- Portugal 17.3.1994
- Russian Fed. 22.9.1967
- Slovakia 1.1.1993
- Spain 17.7.1962
- Sri Lanka 18.6.1986
- Sweden 12.4.1961
- Switzerland 29.5.1963
- Syrian A. R. 15.1.1964
- Tajikistan 26.11.1993
- Turkey 15.11.1968
- Ukraine 19.6.1968
- U.K. 9.3.1962
- Uruguay 22.9.1992

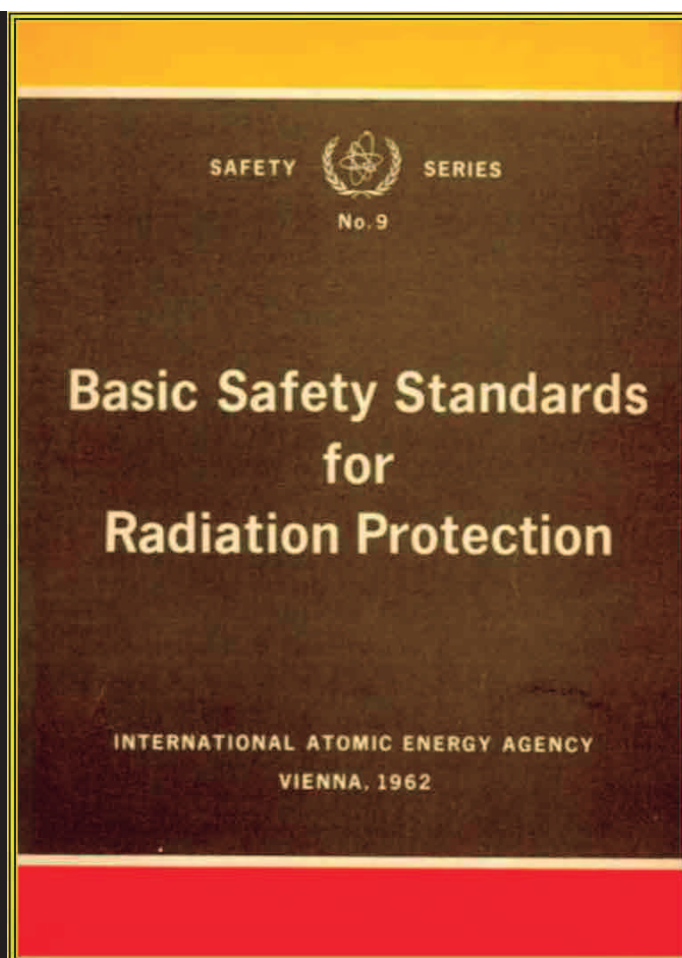


**El OIEA  
establece  
los primeros  
estándares  
internacionales  
de seguridad**

# INFCIRC/18\*

For implementing the Statute  
the Board of Governors approved  
**Agency's Health and Safety Measures**  
on **31 March 1960**

\* IAEA, The Agency's Health and Safety Measures, INFCIRC/18, IAEA, Vienna (1960).



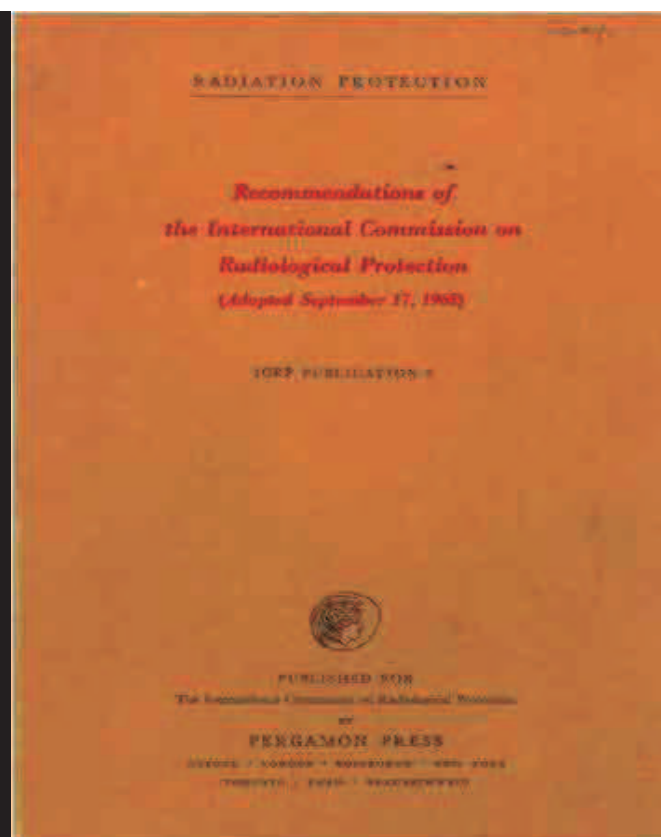
**Al lustro trascendental de  
1955-1960 siguieron 20 años  
de construcción de  
elementos de lo que sería el  
paradigma de la ICRP**



**Hacia el paradigma de la ICRP**



19 June 1965: IRPA is created



ICRP Publication 9 (1965)

# Nuevas 'dosis máximas admisibles'

## y

### vínculo entre límites ocupacionales y públicos

SUMMARY OF DOSE LIMITS FOR INDIVIDUALS

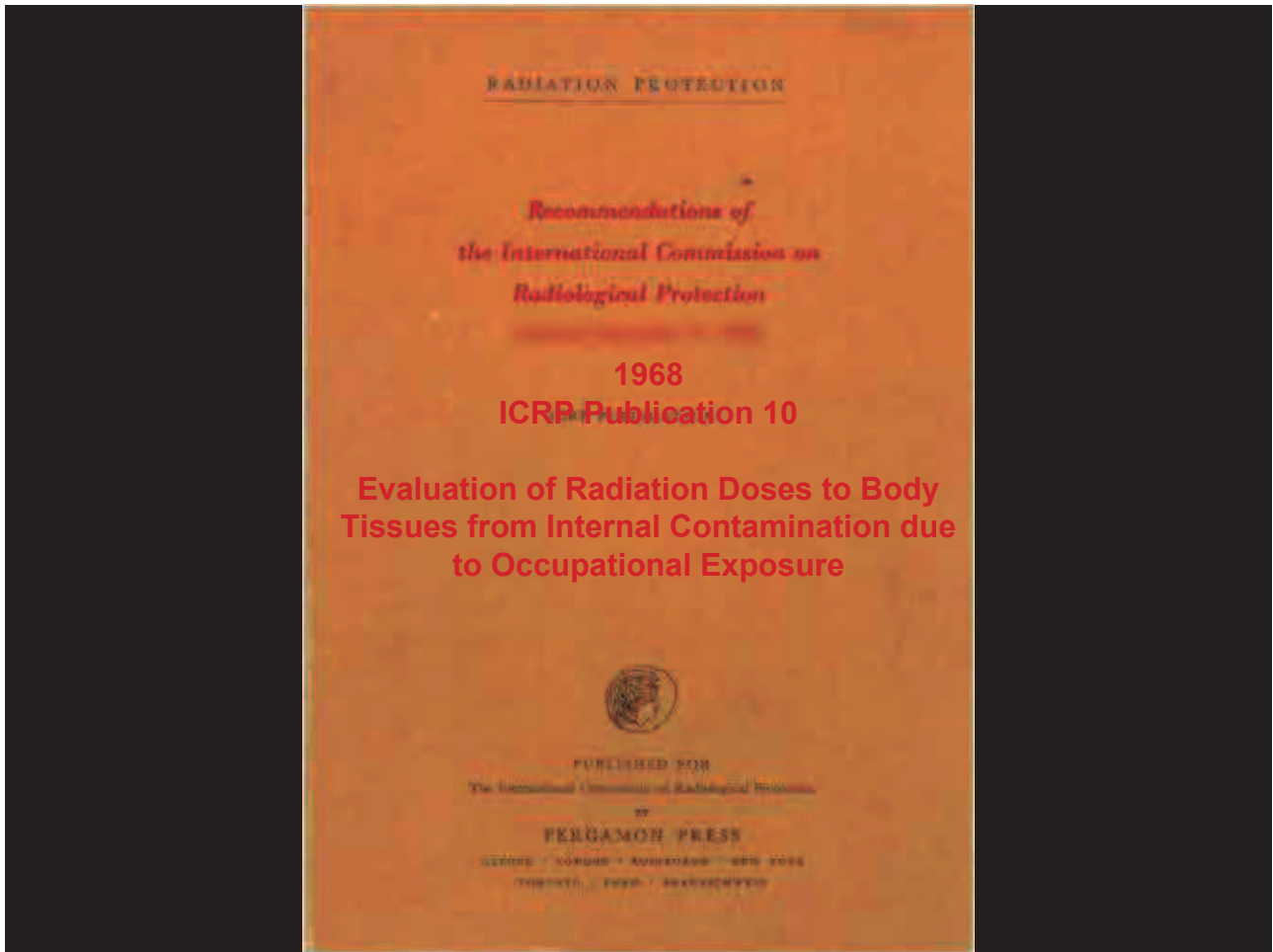
Organ or tissue	Maximum Permissible Doses for adults exposed in the course of their work	Dose Limits for members of the public
Gonads, red bone-marrow	5 rems in a year*	0.5 rem in a year
Skin, bone, thyroid	30 rems in a year*	3 rems in a year†
Hands and forearms ; feet and ankles	75 rems in a year*	7.5 rems in a year
Other single organs	15 rems in a year*	1.5 rems in a year

**Primeros requisitos para la  
protección de la mujer  
trabajadora en edad  
reproductiva y del embrión**

**1968**

**Primeros requisitos de  
evaluación de la  
contaminación interna**





**1977**

**Primera consideración de la  
protección radiológica en  
minas de uranio y otras minas**

# Annals of the ICRP

1977

ICRP Publication 24

Radiation Protection in Uranium and  
Other Mines



Pergamon

**1977**

**Primer reconocimiento de los  
problemas asociados al  
desarrollo de un *índice de daño***

# Annals of the ICRP

1977

ICRP Publication 27

Problems Involved in Developing an  
Index of Harm



## Índice de daño

TABLE 1. FATAL ACCIDENTS, MALES, U.K., 1971

Age groups	Manufacturing industries			Construction		
	No. employed (thousands)	No. of deaths	Deaths per million per year ( $\pm$ SE)	No. employed (thousands)	No. of deaths	Deaths per million per year ( $\pm$ SE)
15-	450	6	13 $\pm$ 5	117	7	60 $\pm$ 23
20-	1 330	36	27 $\pm$ 4	340	45	132 $\pm$ 20
30-	1 200	52	43 $\pm$ 6	270	46	170 $\pm$ 25
40-	1 300	62	48 $\pm$ 6	240	26	108 $\pm$ 21
50-	1 170	61	52 $\pm$ 7	200	43	215 $\pm$ 33
60-	460	23	49 $\pm$ 10	90	16	180 $\pm$ 45
65-	140	6	43 $\pm$ 18	26	5	192 $\pm$ 86
All ages	6 050	246	41 $\pm$ 3	1 280	188	147 $\pm$ 11
Mean age (years)	40.1	43.3		38.0	40.9	

$$\text{Risk} = 0.4 \cdot 10^{-4}/\text{y} - 1.5 \cdot 10^{-4}/\text{y}$$

**Primera decisión sobre el  
factor de riesgo de los  
cánceres inducidos por  
radiación**

$$10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$$

**Primera decisión sobre un  
método para juzgar la  
aceptabilidad del nivel de riesgo  
en el trabajo con radiación**

$$\text{Índice de daño} + 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$$



$$50 \text{ mSv año}^{-1}$$

## Menos racional → límite para el público

- La ICRP decidió utilizar un décimo del valor ocupacional.
- La lógica detrás de esta decisión nunca fue clara.
- Así se decidió el límite de

**5 mSv/a**

el que se utilizó durante muchos años para miembros del público.

## Re-evaluación de Hiroshima & Nagasaki

Error en la dosimetría → factor 5

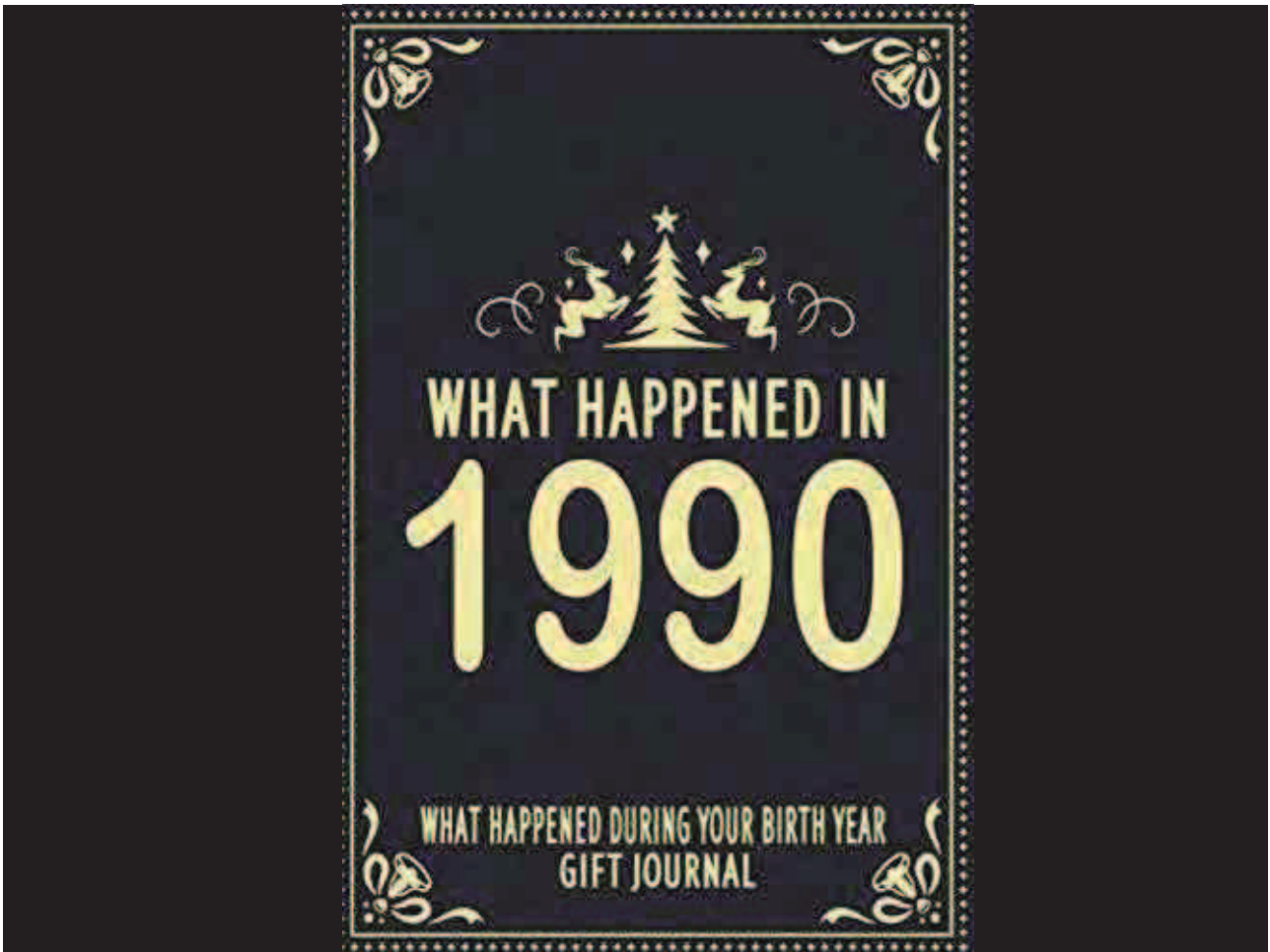
Consecuencia:

**5 mSv /año → 1 mSv/año**

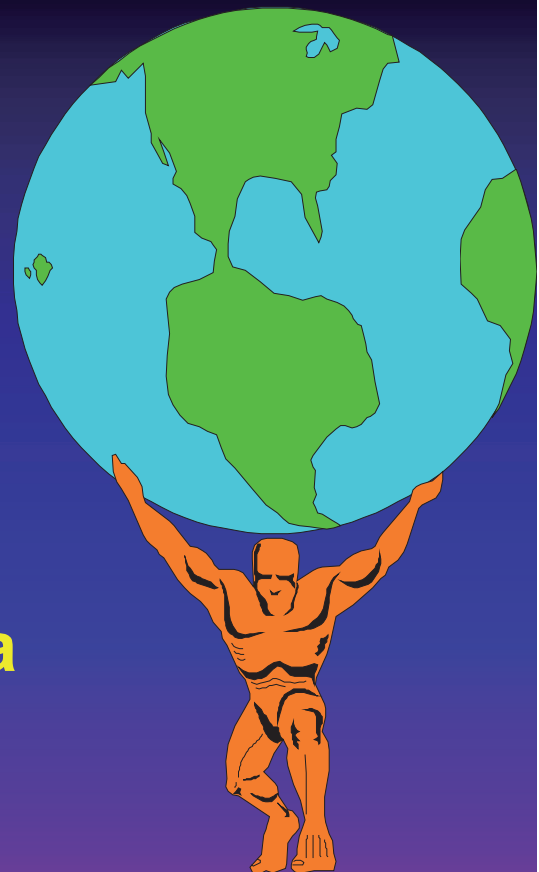
**50 mSv/año → 20 mSv/año ????????**

**Primera consideración de la  
*distribución logarítmica-normal*  
de la exposición ocupacional y  
de sus consecuencias.**

**PARTE 3**  
**CONSOLIDACIÓN**



**En los años 90 se  
consolida el régimen  
internacional de  
protección radiológica**





**UNSCEAR**  
proporciona  
estimaciones  
sobre los efectos  
en la salud  
atribuibles a la  
exposición a la  
radiación...



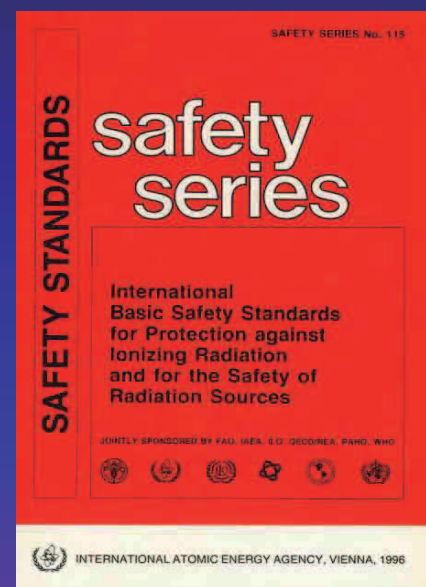
**...ICRP**  
proporciona un  
paradigma de  
protección contra  
la radiación ...



**...La OIT armoniza los  
intereses de los  
gobiernos, los  
trabajadores y los  
empleadores y opera los  
convenios internacionales  
del trabajo...  
incluyendo la Convencion  
de Proteccion Radiológica**



**...  
el OIEA, en copatrocinio con  
otras organizaciones  
internacionales, incluida la  
OIT, establece estándares  
internacionales e  
intergubernamentales para  
la protección radiológica,  
incluida la ocupacional...**



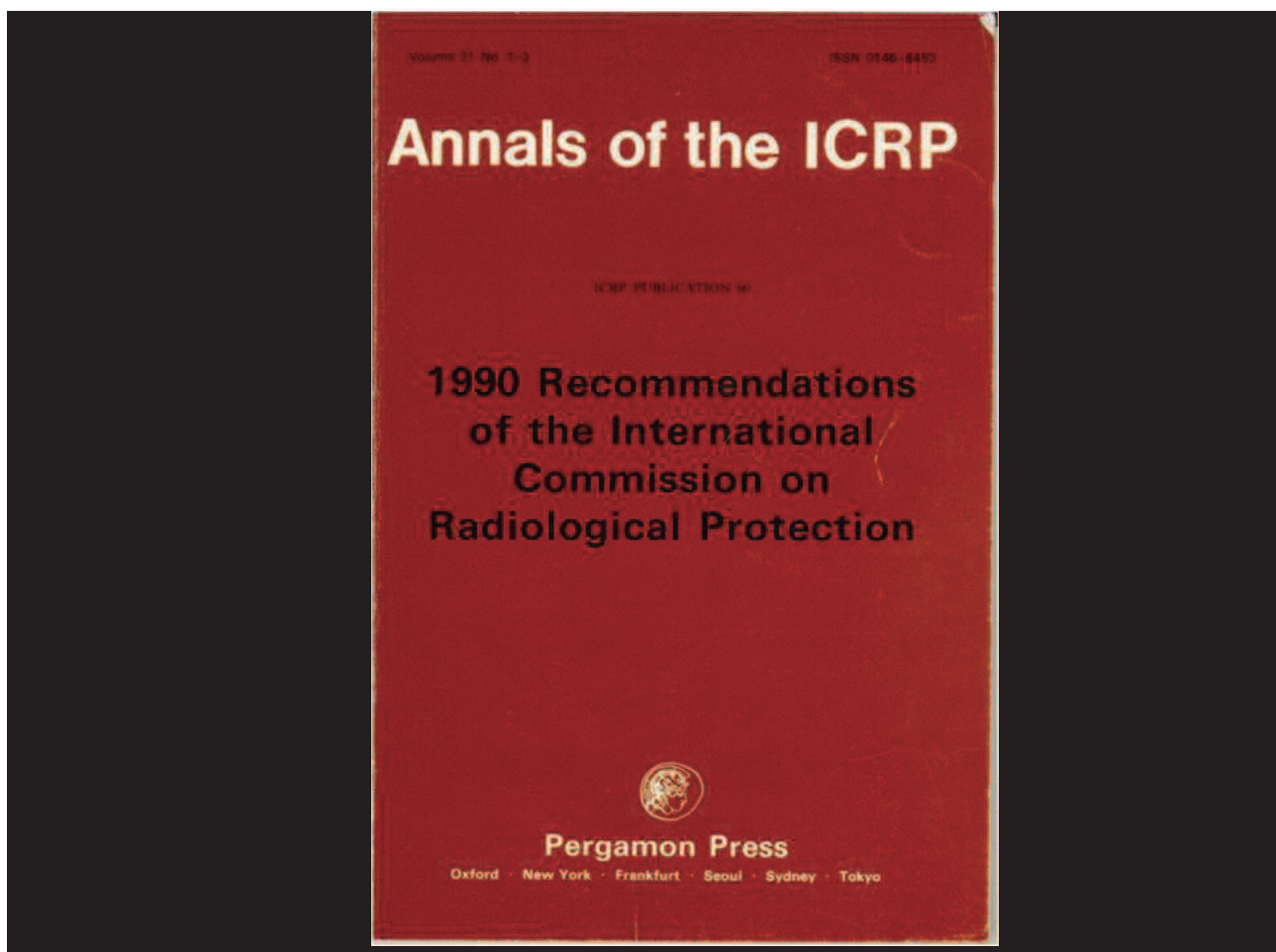


**Los profesionales de la  
protección radiológica,  
reunidos en la Asociación  
Internacional de Protección  
Radiológica, IRPA, asegura  
la implementación  
internacional.**



# 1990

## Modernización del paradigma de la ICRP





# Las bases éticas de la protección radiológica

Conjunto de *principios morales* que gobiernan o influyen en la  
protección radiológica

# Doctrinas sobre ética

- **Ética teológica**  
(ética de las consecuencias)
- **Ética utilitaria**  
(ética de la efectividad)
- **Ética deontológica**  
(ética del deber)
- **Ética areática**  
(ética de la virtud)

## **Ética teológica** (ética de las consecuencias)

**Aforismo:**

***“El fin justifica los medios”***

**‘Vale más hacer y arrepentirse, que no hacer y arrepentirse.’**

**Maquiavelo**

## **Ética utilitaria** (ética de la efectividad)

**Aforismo:**

***“Consigue el mayor beneficio para la mayor cantidad de personas”***

## **Ética deontológica** (ética del deber)

**Aforismo**

***“No hagas a los otros lo que no te gustaría que te hicieran a ti ”***

# Ética areática (ética de la virtud)

Epigrama:

*“La virtud está en hacer beneficios que sin duda no van a ser correspondidos.”*

Seneca



# Teleología & Justificación

- Los fines o las consecuencias de una acción que involucre la exposición a la radiación son los que deben determinar su moralidad, es decir se debe determinar si tal acción es beneficiosa o perjudicial
- Cualquier decisión que altere una situación de exposición a la radiación debe hacer más bien que mal

# Utilitarismo & Optimización

- La moralidad de una acción de protección deben ser juzgada en relación a su contribución a la utilidad general; es decir, a que produzca el mayor bienestar a la sociedad.
- El nivel de protección contra la radiación debe ser el mejor para las circunstancias prevaletentes, maximizando el margen de beneficio a daño



# Deontología & Límites Individuales

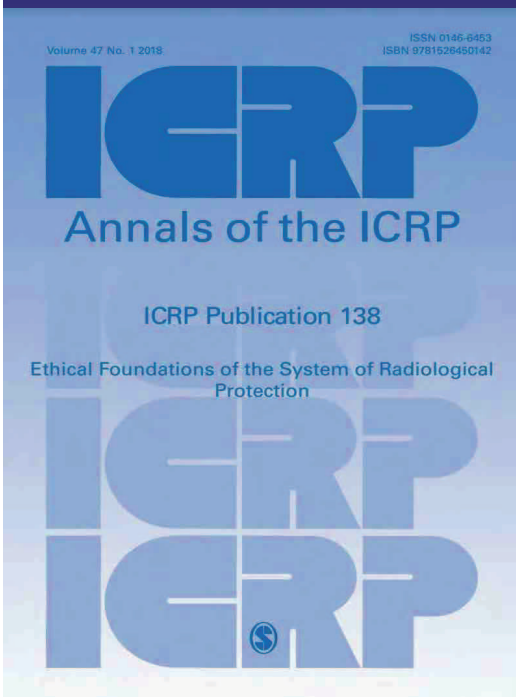
- La moralidad de la protección debe ser juzgada por la bondad o rectitud de las acciones de protección sobre los individuos, y no sólo por sus consecuencias generales o utilidad social.
- La desigualdades individuales que podrían causar las acciones justificadas y la opción de protección optimizada debe ser prevenidas mediante la restricción de Los riesgos individuales (con límites, restricciones y niveles de referencia)

## Arête (ἀρετή) → Futuro

- La moral de las acciones de protección debe ser su juzgada por su (arête) virtuosismo y no sólo por sus consecuencias, utilidad u obligaciones individuales
- Se debe proteger, no solo a la generación presente sino también a las futuras y a su medio ambiente, contra daños radiológicos que sean científicamente plausibles aunque no fueran certeros.



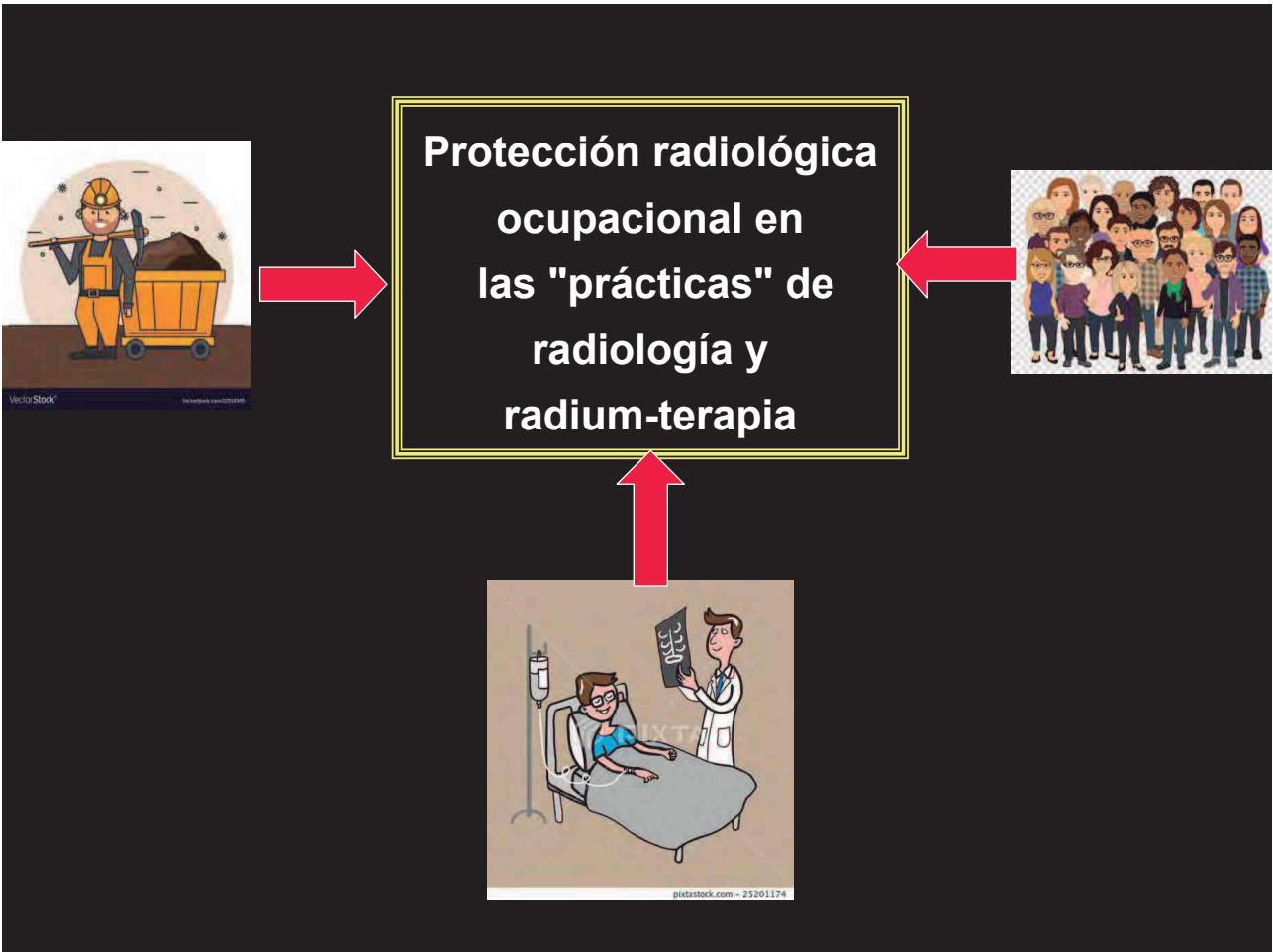
# La Publicación 138 de la ICRP



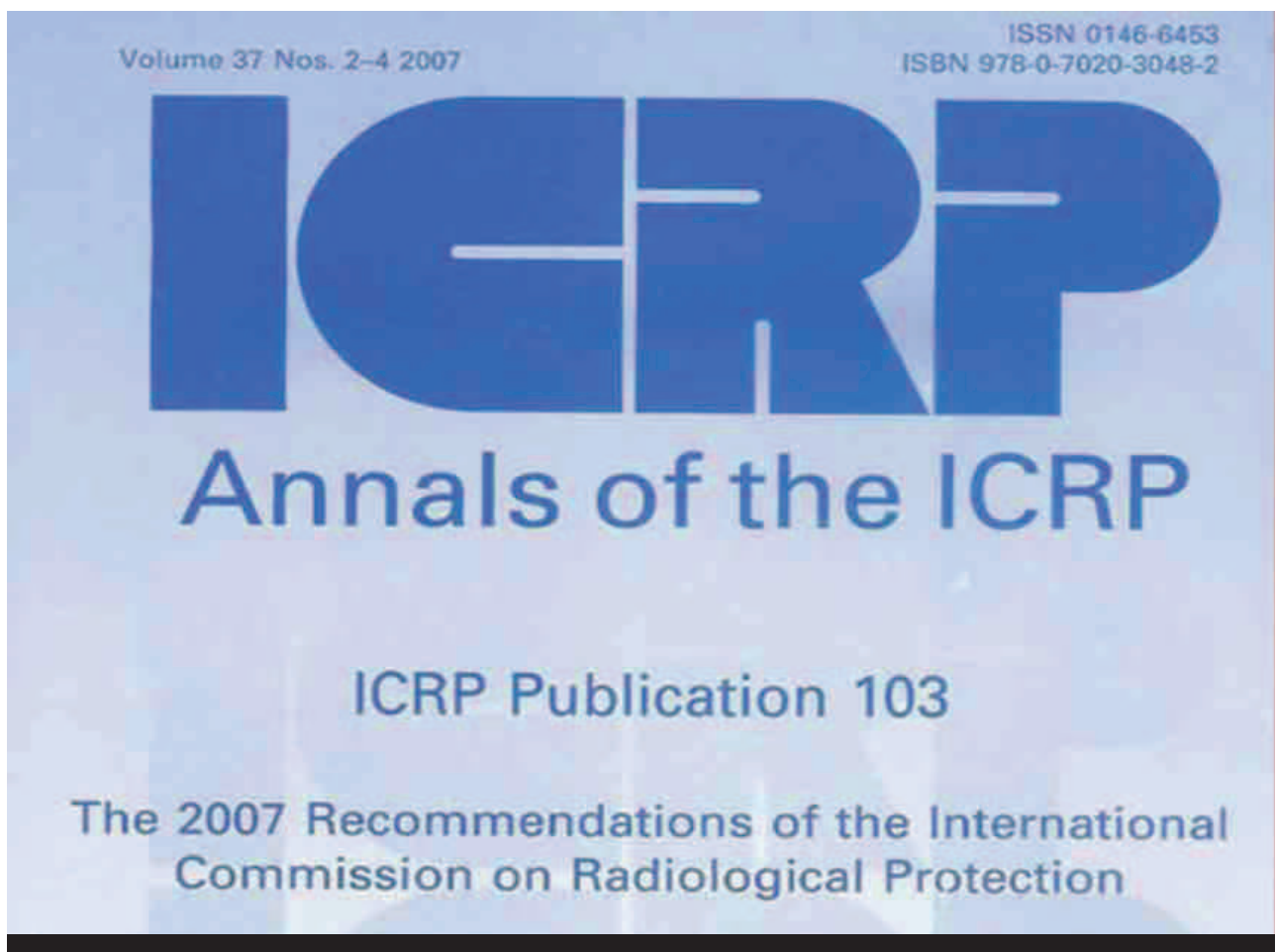
Valores éticos  
fundamentales que  
sustentan el  
paradigma:

- **beneficencia/no maleficencia,**
- **prudencia,**
- **justicia y**
- **dignidad**

# Metamorfosis

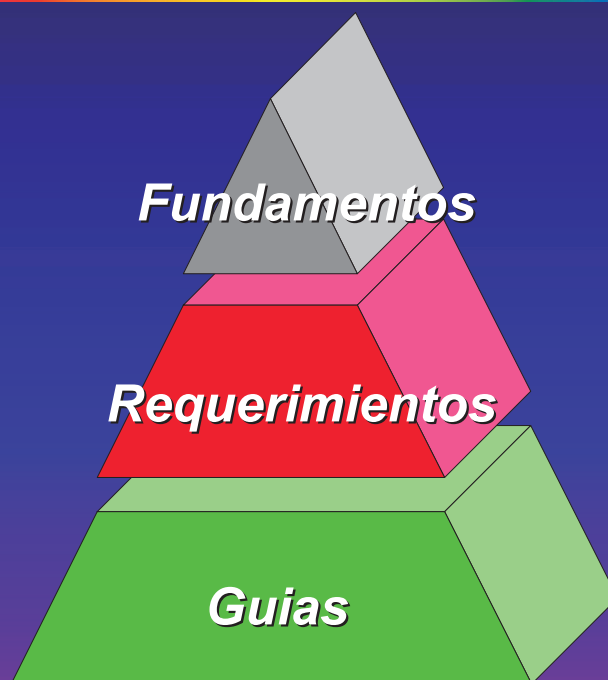


## Cubo de Rubik del paradigma de protección



**Esta historia proporcionó la base para las normas de seguridad internacionales e intergubernamentales actuales.**

## **Jerarquía**



# Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Jointly sponsored by

Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO



IAEA

WHO

## Nociones fundamentales de seguridad

No. SF-1

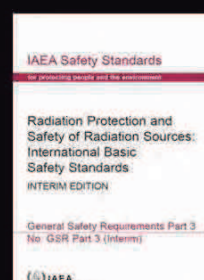
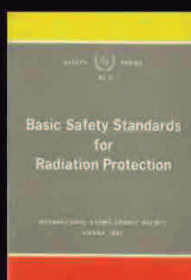


IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

# IAEA Basic Safety Standards

- 1962
- 1967
- 1982
- 1996
- 2011



# Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente

## Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad

Patrocinada conjuntamente por  
AEN de la OECD, CE, FAO, OIEA, OIT, OMS, OPS, PNUMA



### Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 Nº GSR Part 3

24 October, 2022

119

## Provisiones para la aplicación de la normativa internacional





## ¿Que hemos conseguido?

**Un régimen internacional e intergubernamental de protección contra los efectos dañinos de la exposición a la radiación ionizante**

## Sistema Internacional de protección radiológica ocupacional



¡Este extraordinario y único régimen de  
protección contra las radiaciones

ionizantes debe cuidarse y preservarse!

¡Debe evitarse que elementos no  
profesionales se entrometan con él!

**No obstante, ¡los profesionales deben actualizar el régimen de vez en cuando!**

Debe mantenerse al tanto de, entre otras cosas de nuevos :

- **consensos científicos; y,**
- **desafíos contemporáneos.**

La expansión del paradigma y del sistema normativo

- de los **trabajadores** al → **público** y los **pacientes**,
- de los **límites** de dosis a → **justificación** y **optimización**, y
- de las **prácticas** a → situaciones **existentes** y **emergentes**

ha dado lugar a problemas de aplicabilidad y a **desafíos** para la consolidación del sistema.

# **PARTE 4**

## **DESAFIOS**

### **Primer desafío**

**Cual es el significado preciso de cada tipo de exposición?**

# Comencemos con la exposición ocupacional

## La Convención de la OIT

Establece que la Convención se aplica a *todas las actividades que impliquen la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes en el curso de su trabajo*'.

# Las Normas Internacionales

Exposición ocupacional significa:  
***exposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo.***

donde un *trabajador* es definido como *toda persona que trabaja, ya sea en jornada completa, jornada parcial o temporalmente, por cuenta de un empleador y que tiene derechos y deberes reconocidos en lo que atañe a la protección radiológica ocupacional.*

## Glosario internacional

exposición ocupacional es  
***toda exposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo, con la excepción de las exposiciones excluidas y las exposiciones debidas a prácticas o fuentes exentas***

# ICRP

## Exposición ocupacional

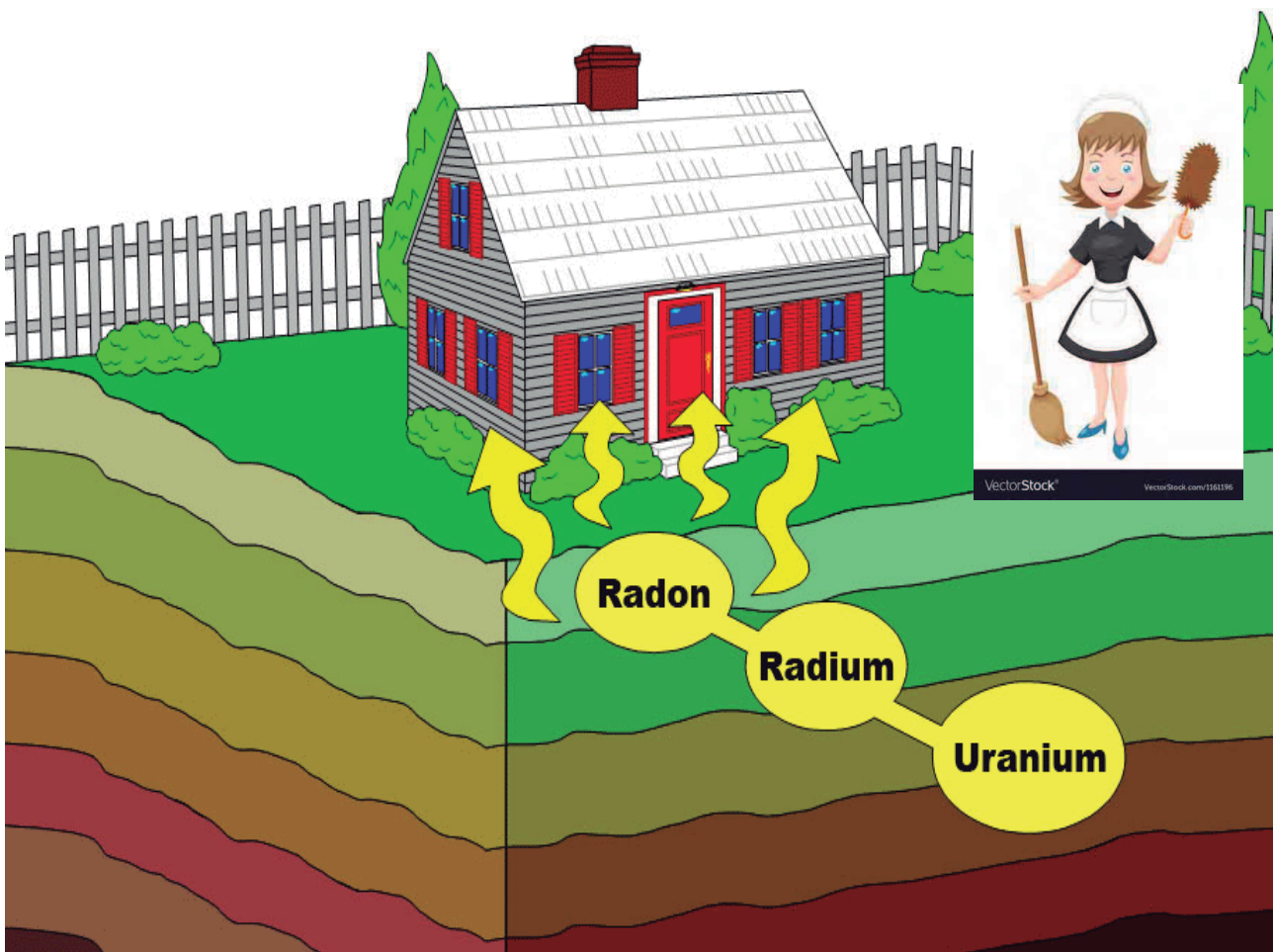
*refiere a todas las exposiciones incurridas por trabajadores en su trabajo, con excepción de*

- 1) *las exposiciones debidas a actividades exentas que involucran niveles de radiación o fuentes exentas;*
- 2) *las exposiciones médicas; y*
- 3) *las debidas al fondo local de origen natural*

Estas diversas definiciones dejan al regulador en limbo

**¿Qué trabajadores están sujetos a las normas de protección radiológica?**

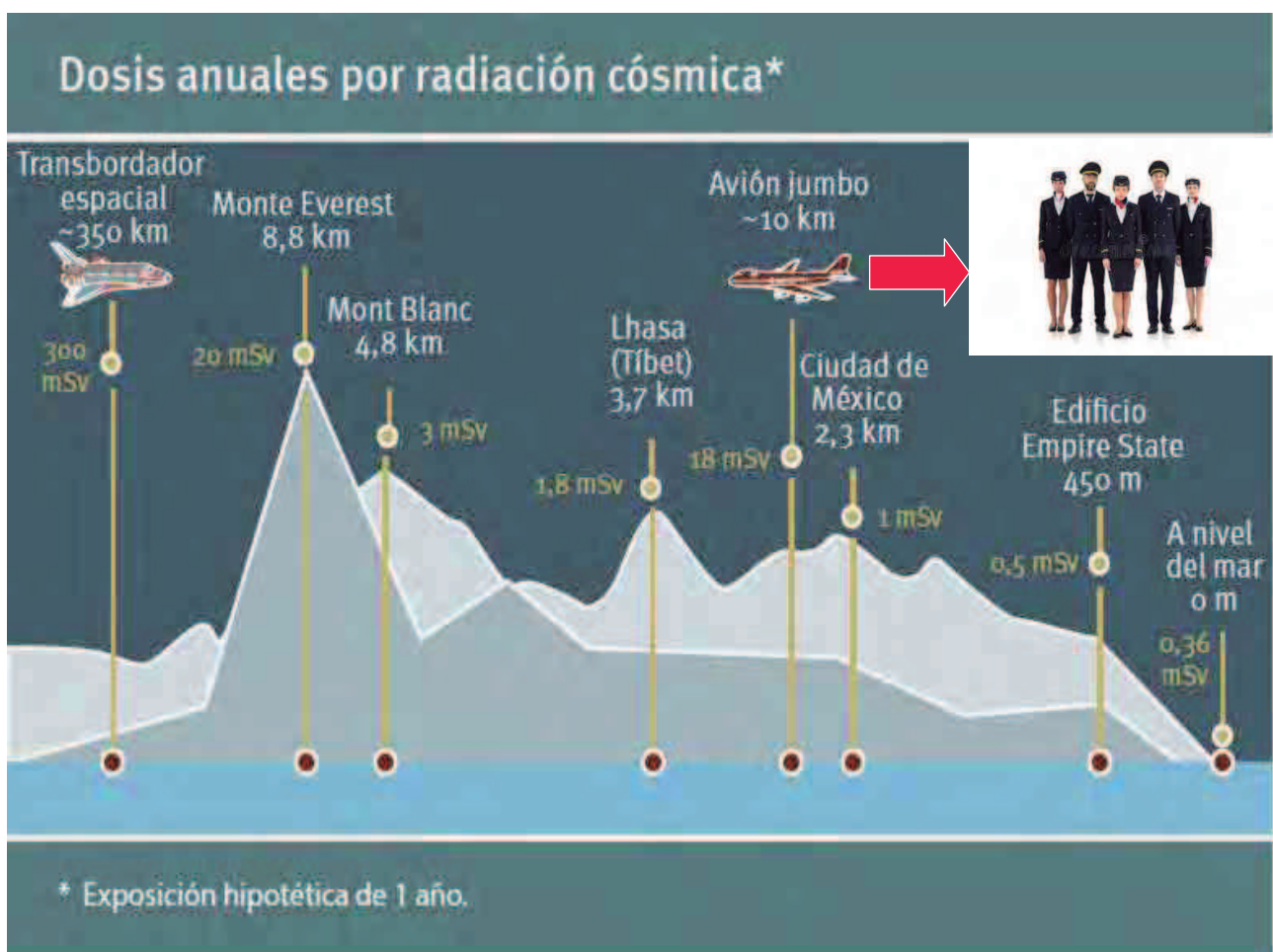
¿Esta bajo la Convención de la OIT, un trabajador que vive en un área de bajo nivel de radiación natural pero está empleado en un lugar de trabajo ubicado en un área de alto nivel de radiación natural?



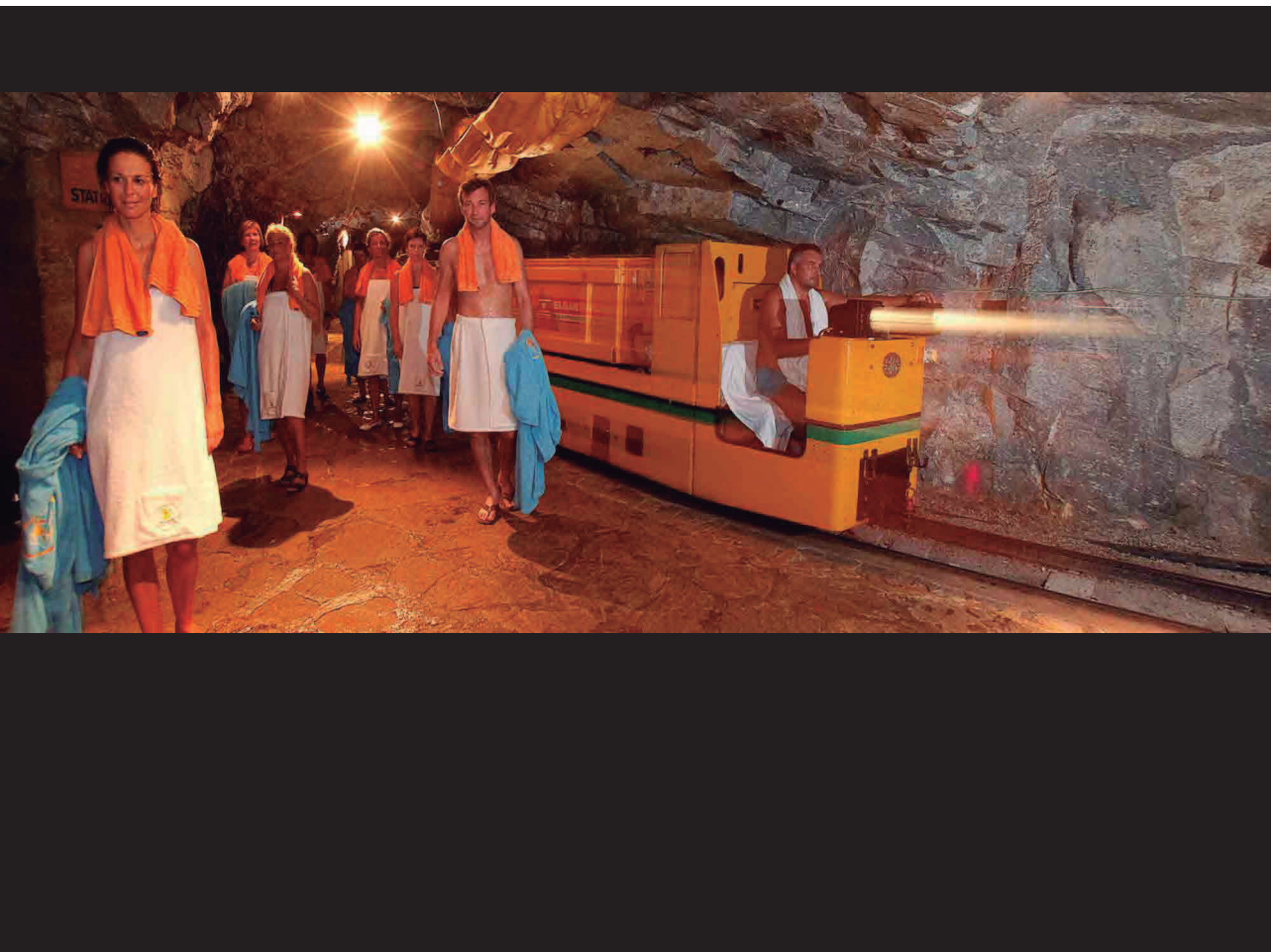


# ¿Están los tripulantes aéreos cubiertos por la Convención de la OIT?

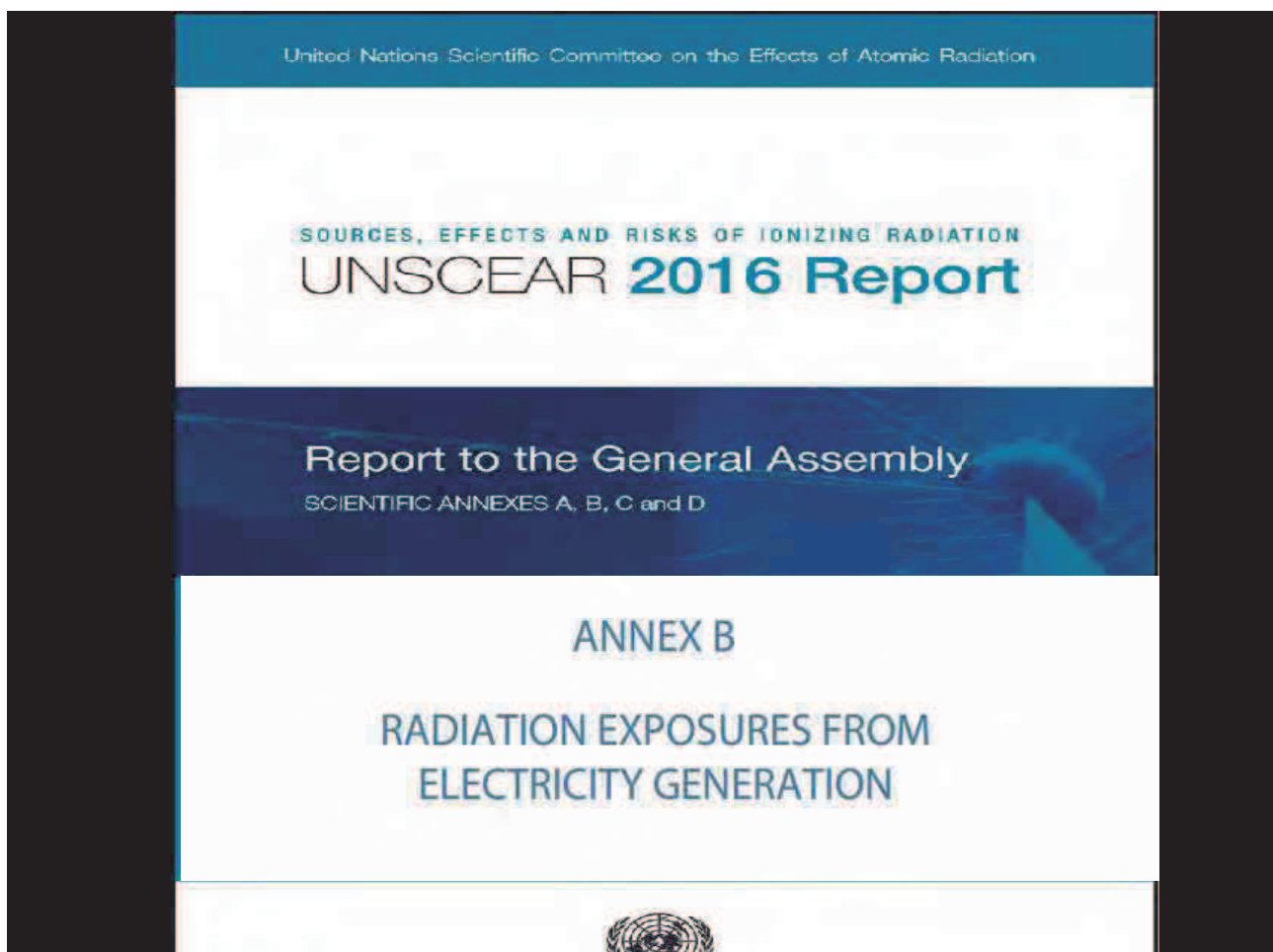
## por la Convención de la OIT?



¿Deberían los trabajadores de los **spas** estar  
bajo la Convención de la OIT?



# ¿Un nuevo paradigma para la protección de los trabajadores dedicados a la producción de energía eléctrica?



# El énfasis en la protección radiológica de hoy: Trabajadores en plantas de energía nuclear

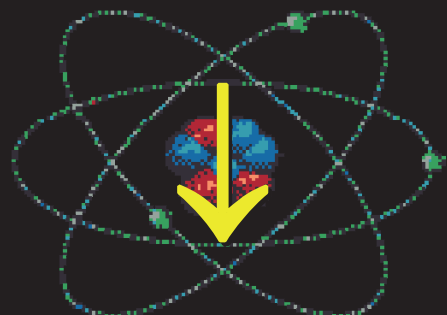
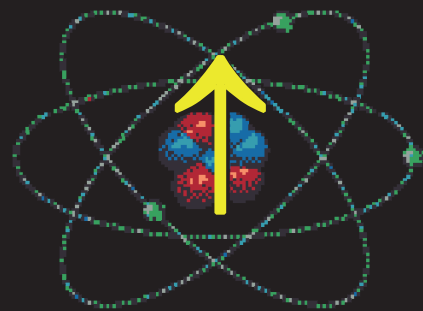


# ¡El cambio de paradigma!

- Entre las diversas fuentes de energía para **generar electricidad**, la fuente que genera la mayor exposición a la radiación para los trabajadores

**No es la nuclear, es el carbón!**

145



146

- **Contribución del carbón ~ 50%.**

(de operaciones ocupacionales y descargas ambientales durante la extracción y combustión en centrales y también de depósitos de cenizas)

- **Contribución nuclear nuclear ~20%.**

(principalmente debido a la extracción y molienda de uranio, no a operaciones de centrales nucleares)

147

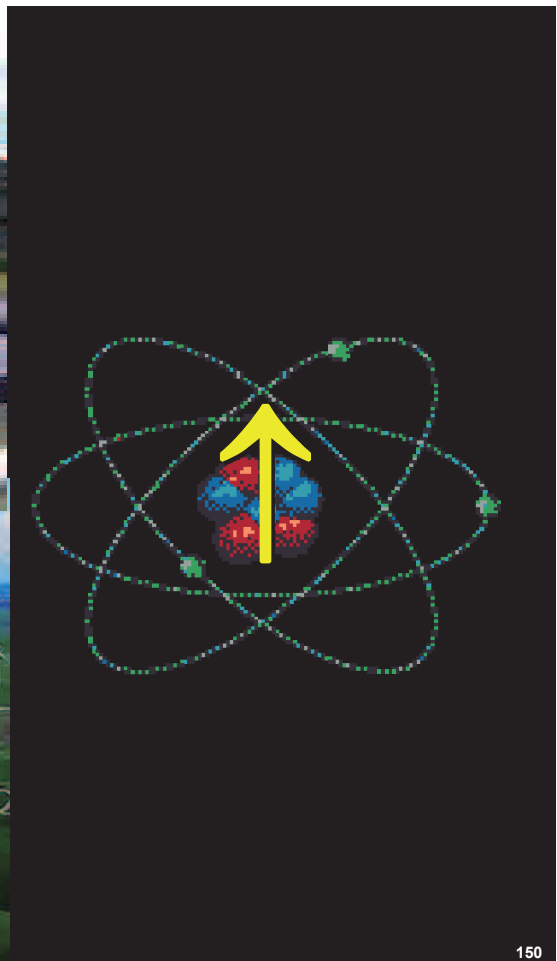
**Los grandes culpables:  
¡Los elementos radiactivos naturales  
radio-226 y radón-222!**



# Más aún....!!!

Por lejos, el mayor impacto de radiación debido a la **instalación de potencia eléctrica** (construcción de plantas) se encontró en **plantas solares** seguido de **plantas eólicas**.

149



150

La razón es que la energía solar y eólica requieren grandes cantidades de metales de **tierras raras**, y la extracción de minerales de baja ley produce una gran exposición a la radiación ocupacional y también pública.

## Tierras raras para células solares

- Los paneles solares utilizan, por ejemplo, **telurio**.
- El telurio es tres veces más raro que el oro.





# Tierras raras para generadores eólicos

- El **neodimio** se utiliza en imanes de turbinas eólicas.

(neodymium-iron-boron [NdFeB])



**En resumen:  
Las exposiciones ocupacionales  
dominantes parecen no estar reguladas**



## Tendencias mundiales de la exposición a radiación en el trabajo (en mSv)\*

Años	1970	1980	1990	2000
<b>Fuentes naturales</b>				
Tripulaciones de aeronaves	—	3,0	3,0	3,0
Mineros del carbón	—	0,9	0,7	2,4
Otros mineros**	—	1,0	2,7	3,0
Trabajadores de diversos sectores	—	6,0	4,8	4,8
<b>Total</b>	<b>—</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,9</b>
<b>Fuentes artificiales</b>				
Trabajadores en el ámbito de la medicina	0,8	0,6	0,3	0,5
Trabajadores de la industria nuclear	4,4	3,7	1,8	1,0
Trabajadores de otras industrias	1,6	1,4	0,5	0,3
Trabajadores de diversos sectores	1,1	0,6	0,2	0,1
<b>Total</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>

## La Exposición Médica

- **Pacientes**
- ~~● **Médicos y enfermeras (ocupacional)**~~
- **Confortadores**
- **Voluntarios en la Investigación Biomédica**

# Exposición 'médica'

## Los pacientes:

- Exposiciones de diagnóstico, y
- Exposiciones de terapia

(incluida la exposición adventicia y las neoplasias malignas secundarias).

## ● No pacientes

- Exposición de confortadores y
- Exposición de voluntarios



**VOLUNTEERS NEEDED**  
for paid clinical research



**¿Exposición médica?**

**Exposición del público**

**=**

**Toda exposición que no sea  
exposición ocupacional o exposición médica**

# Segundo desafío

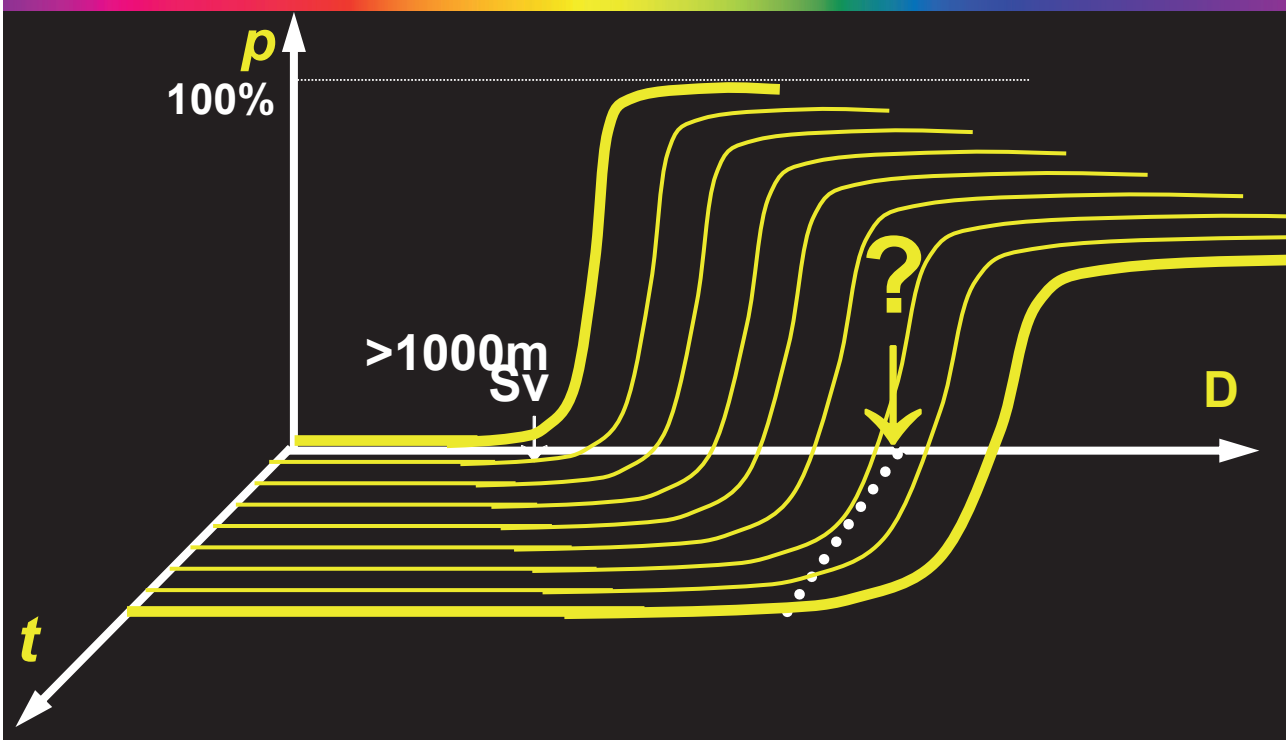
**¿Deben equipararse las posibilidades comprobadas que personas sufran efectos de la radiación en la salud con conjeturas de efectos potenciales o inferencias de riesgo?**

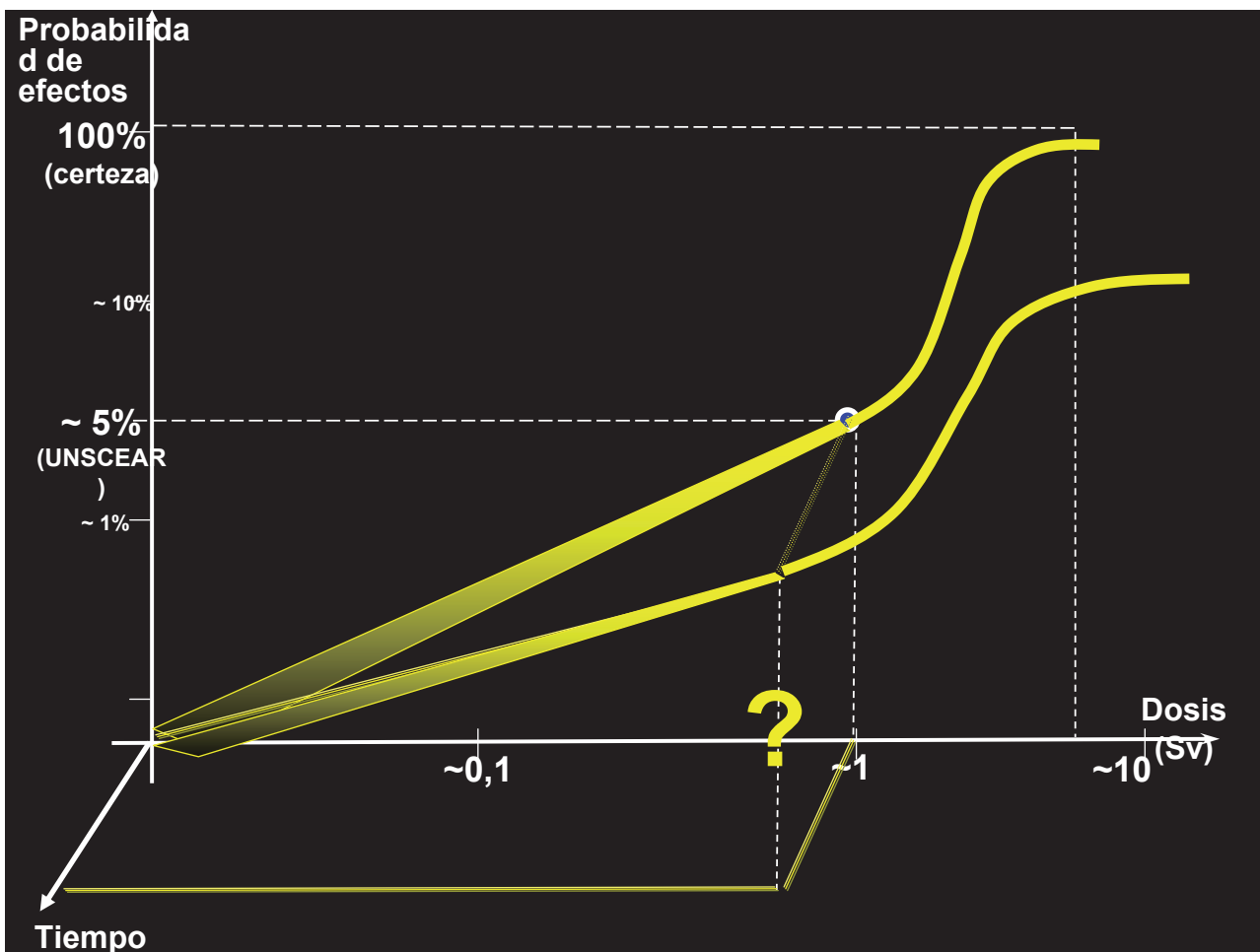
## **Novedades y conjeturas epistemológicas**

**en las ciencias de los efectos de la  
exposición a la radiación ionizante.**

**Primera conjetura:  
Efectos determinísticos  
Comportamiento con dosis  
prolongadas**

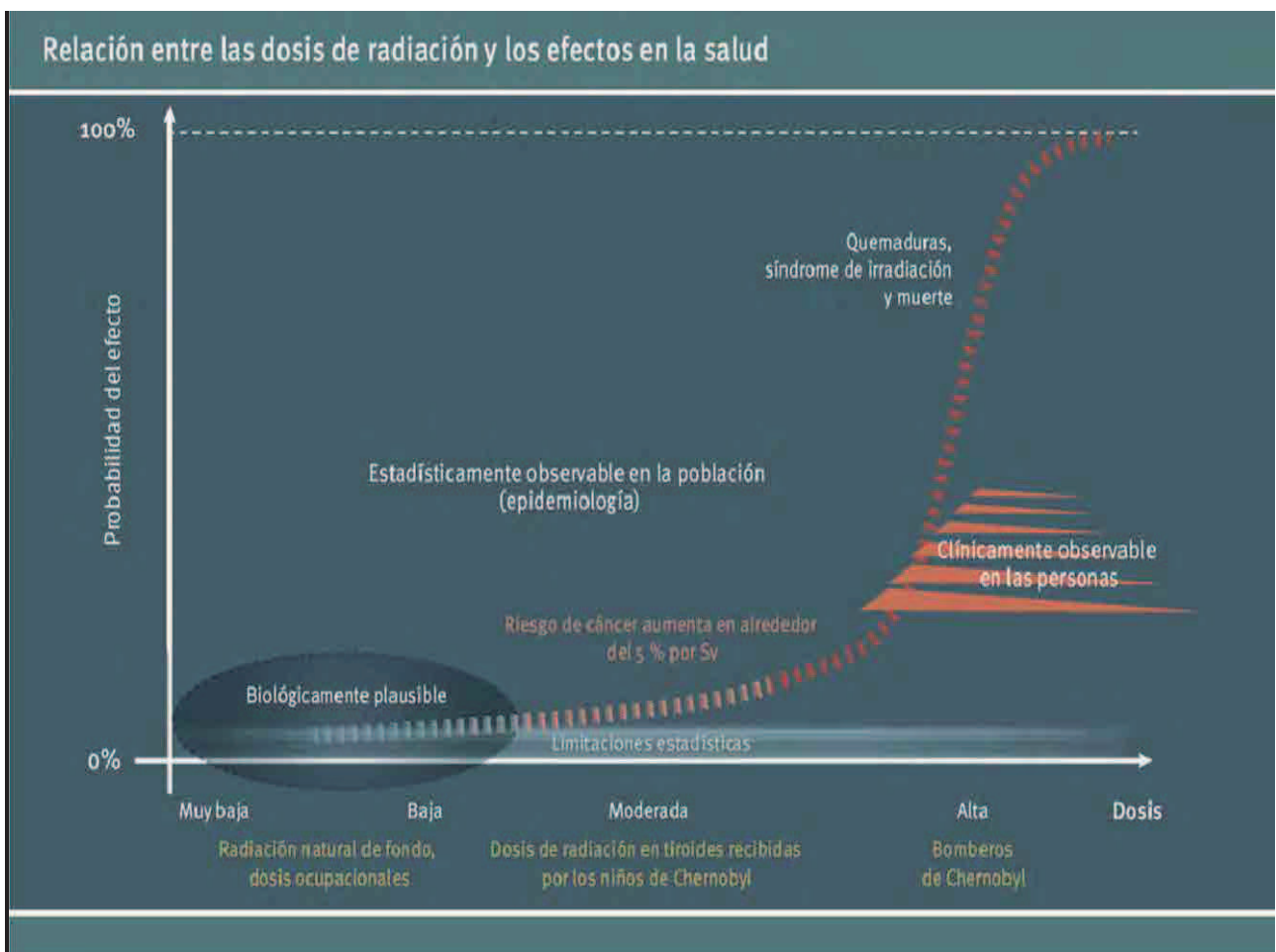
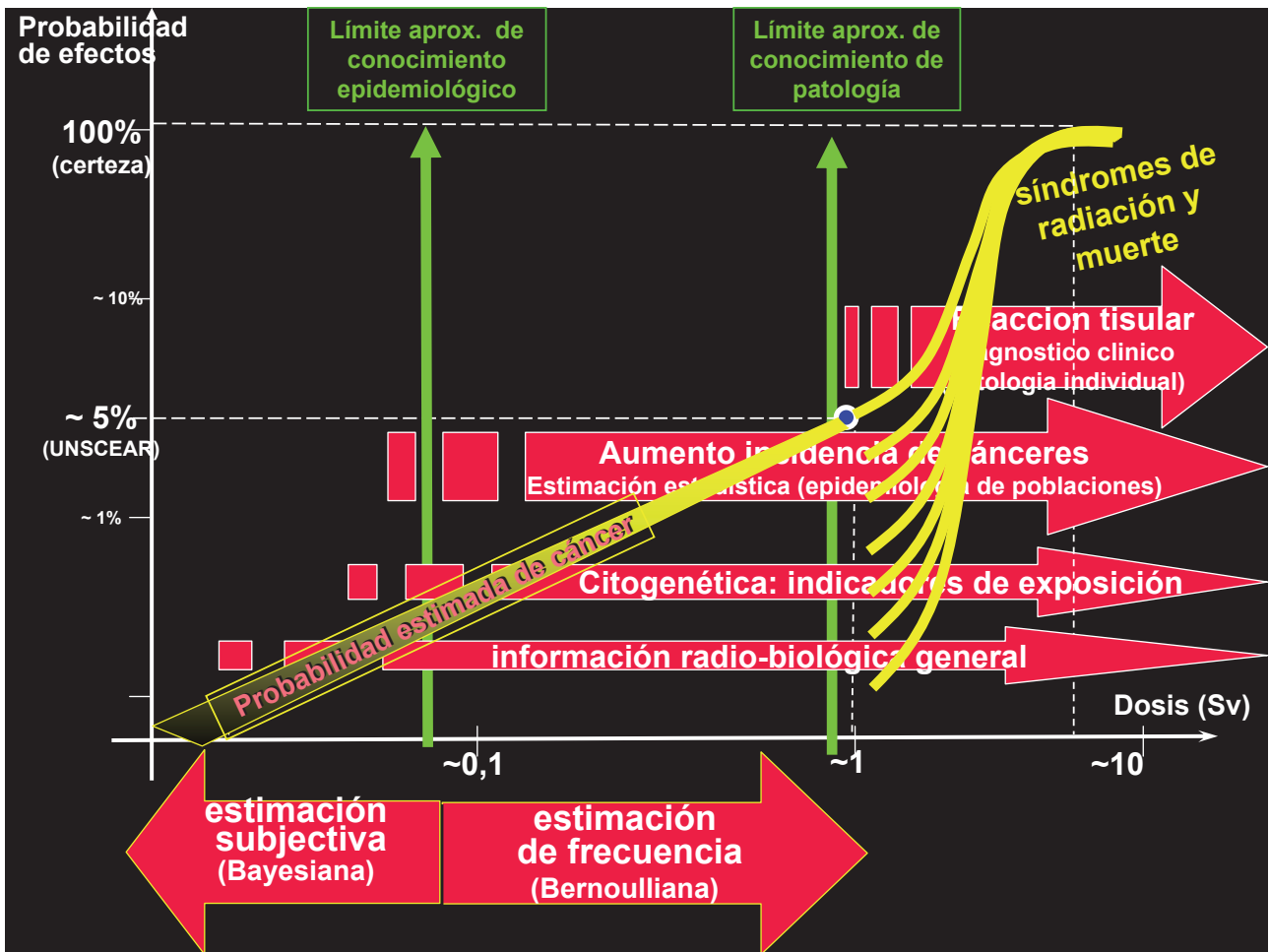
**Efectos determinísticos**



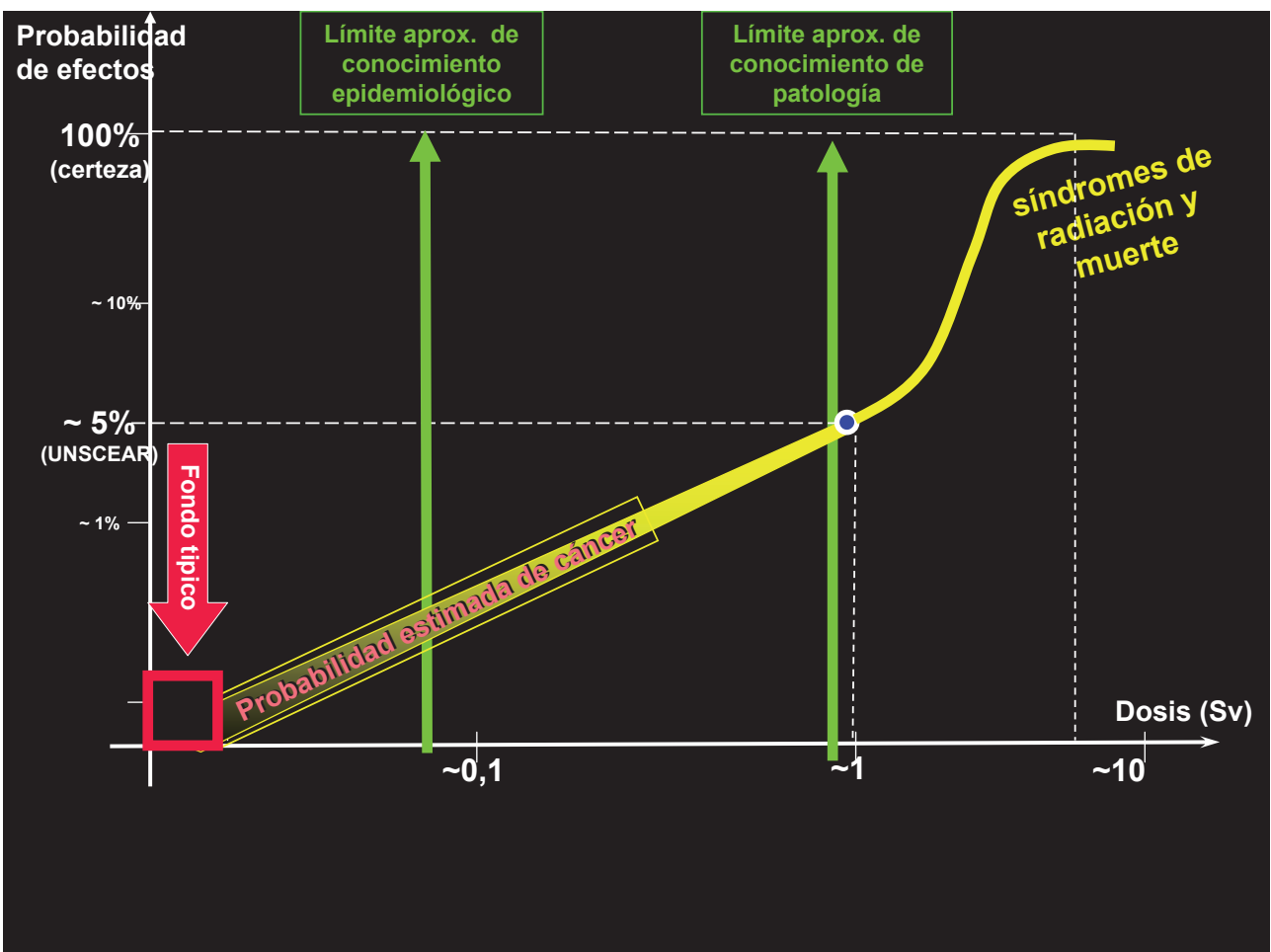
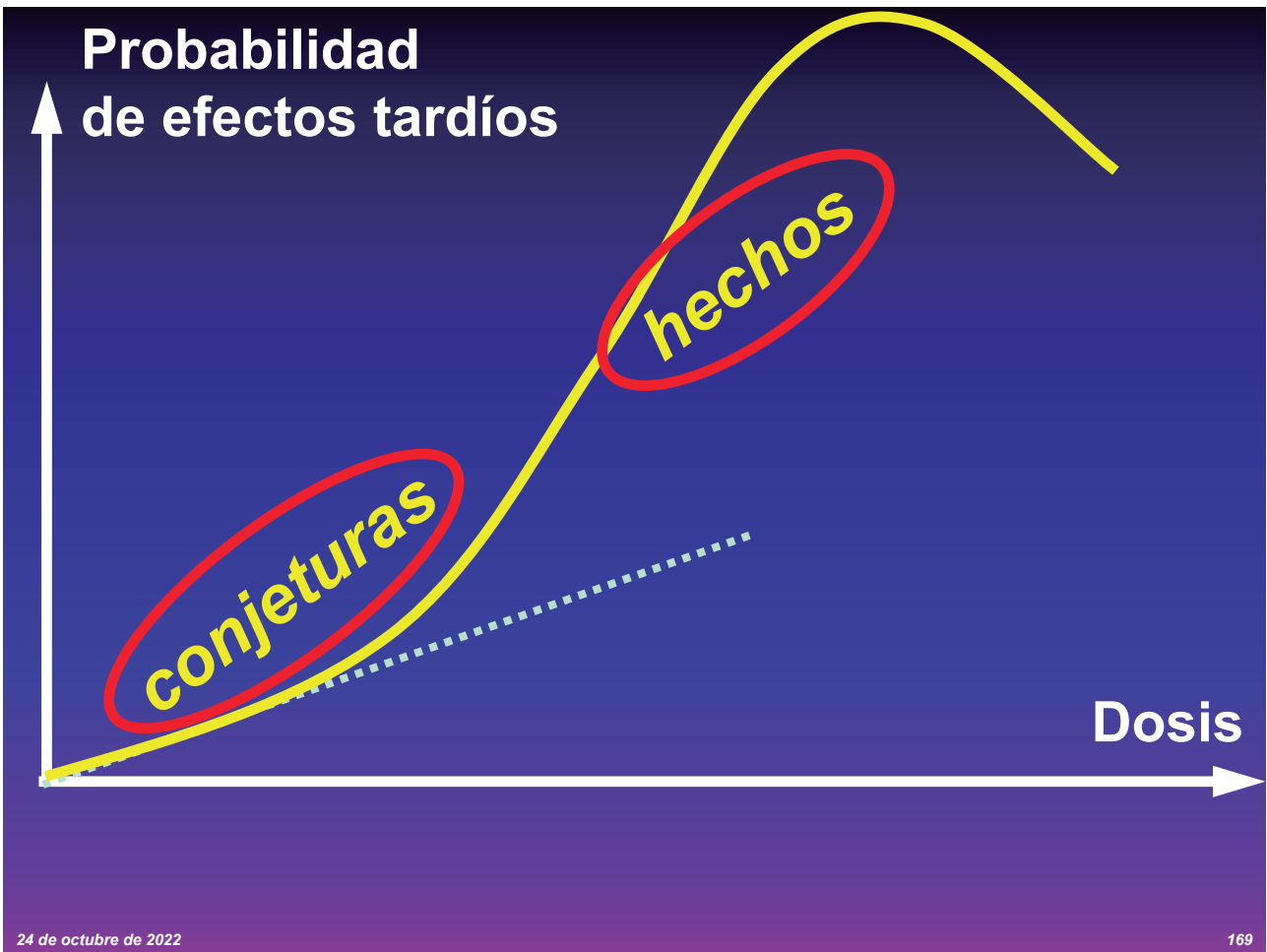


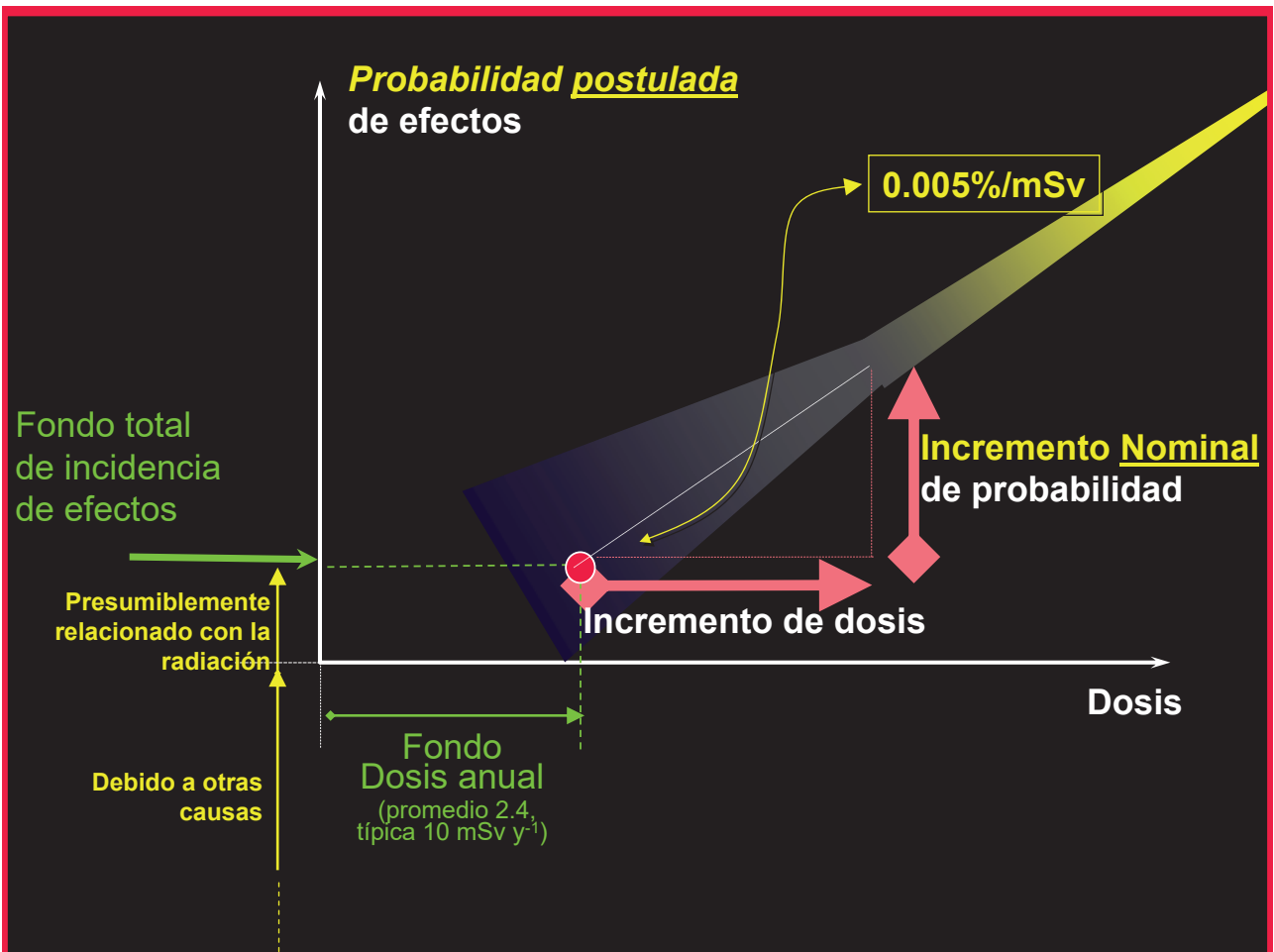
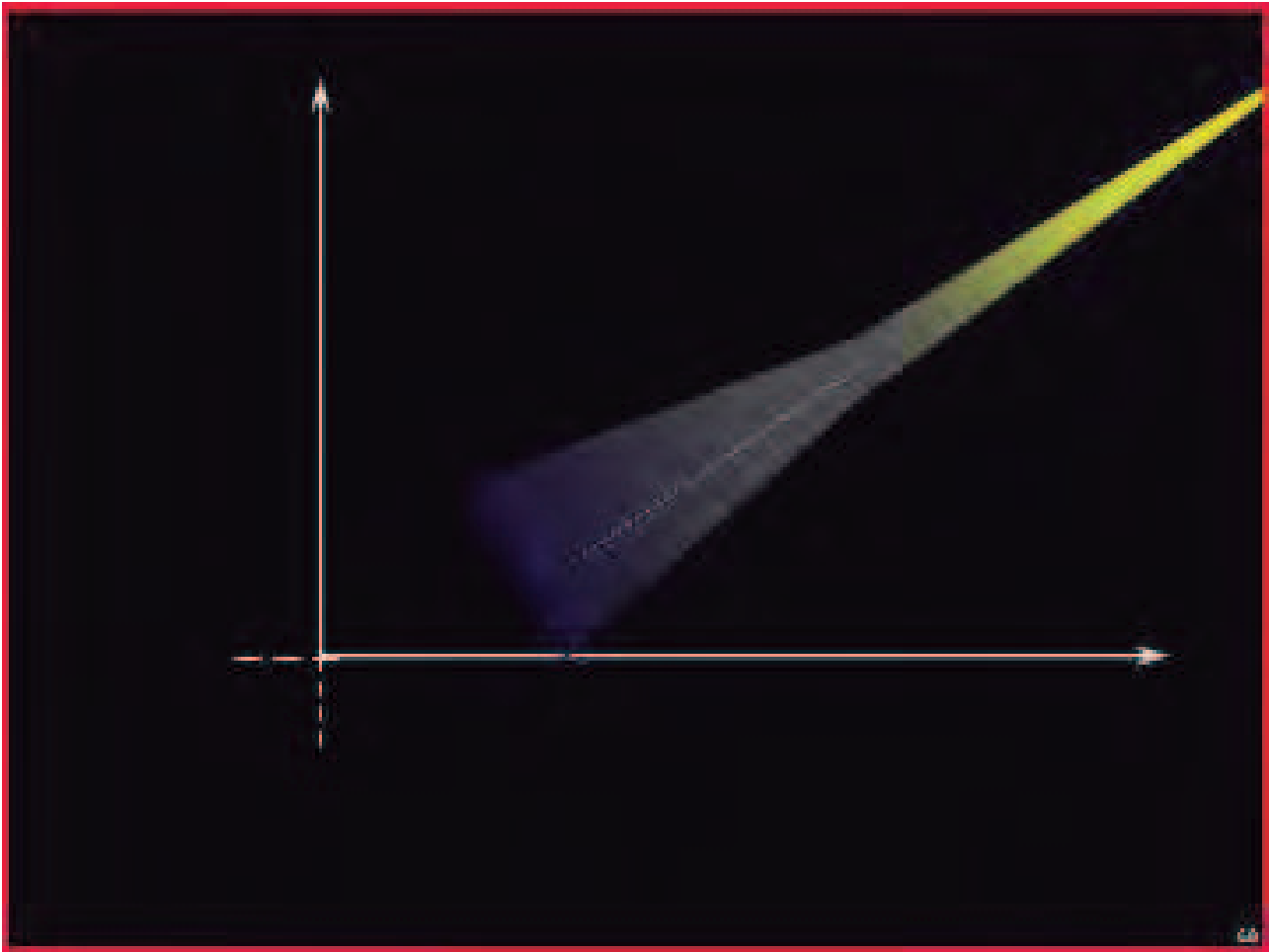
**Segunda conjetura:**

**La relación dosis respuesta  
para efectos estocásticos**









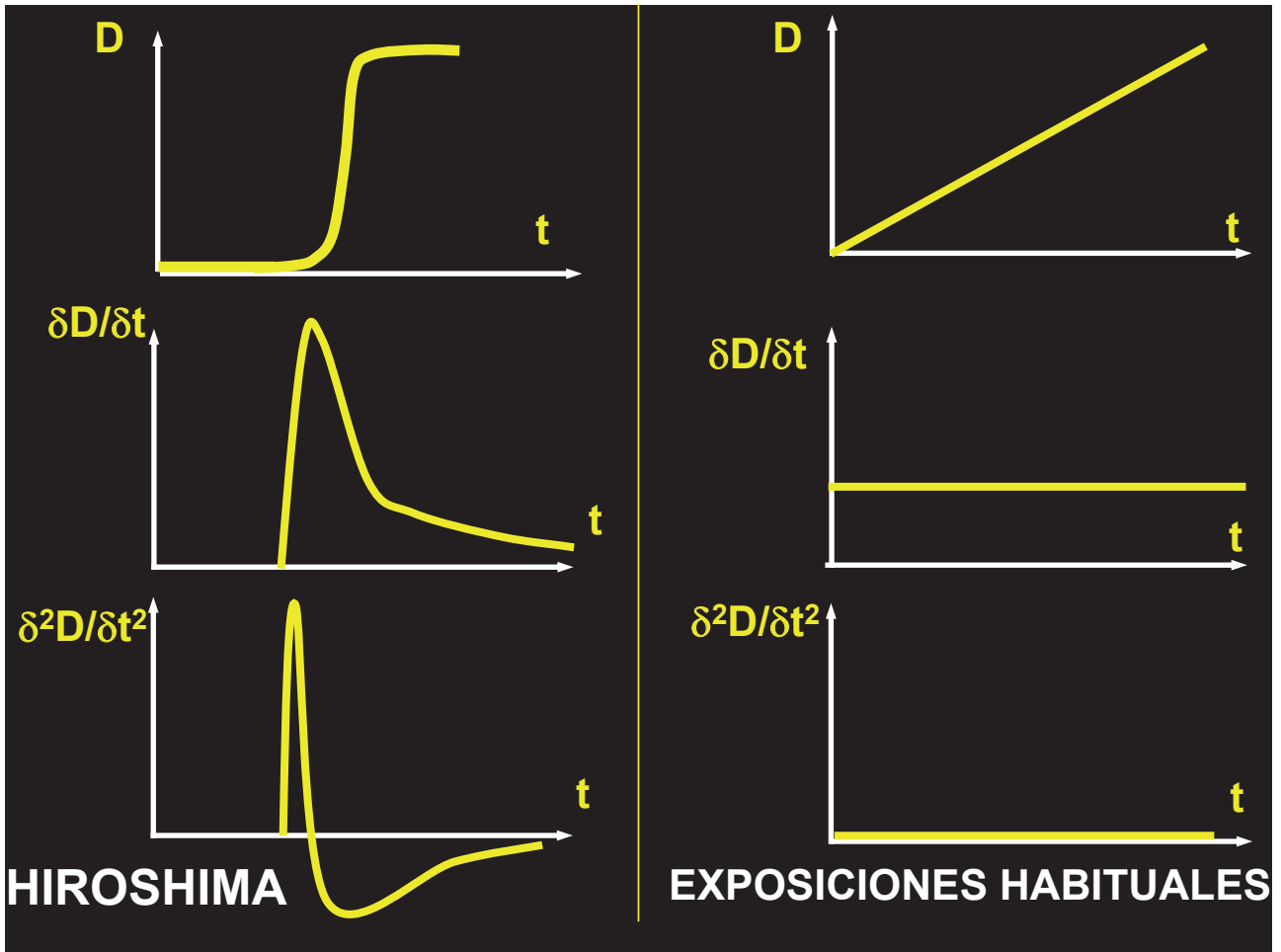
**Tercera conjetura:**  
**Influencia de la tasa de dosis**  
**(primera derivada de la dosis)**  
**y**  
**del cambio en la tasa de dosis**  
**(segunda derivada de la**  
**dosis)**

173

Si la dinamica de la respuesta celular a la  
radiation variara con los cambios  
temporales de la dosis

... debería la  $\delta D / \delta t$  ó la  $\delta D^2 / \delta t^2$

influenciar el riesgo,  $\Delta p / \Delta D$  ?



$\Delta p / \Delta D = 5 \% / Sv,$   
 ...para elevadas  
 $\delta D / \delta t$  y  $\delta D^2 / \delta t^2$

---

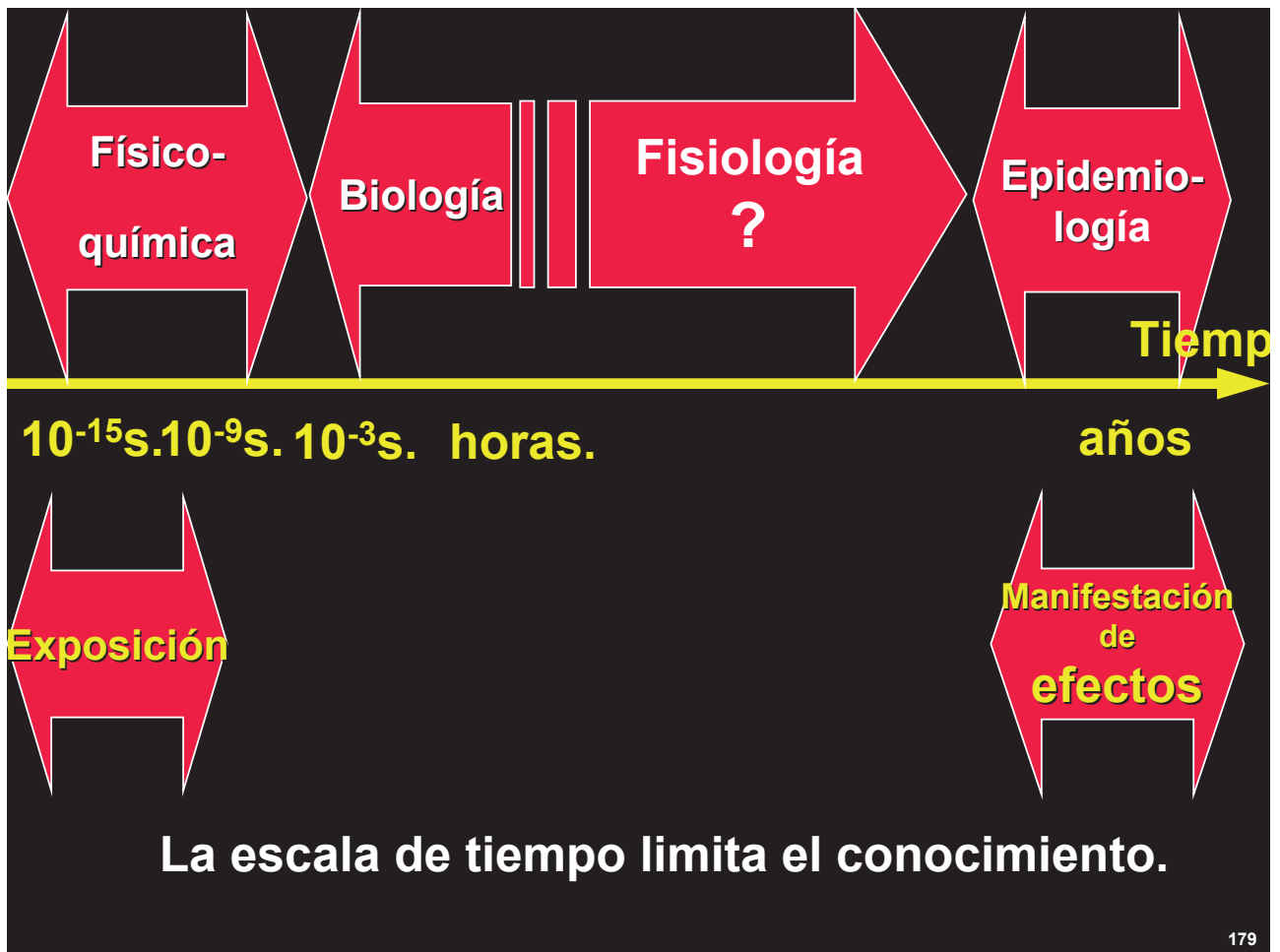
¿Será diferente para bajas  
 $\delta D / \delta t$  ó  $\delta D^2 / \delta t^2$ ?

## Cytogenetic Damage in Cells Exposed to Ionizing Radiation under Conditions of a Changing Dose Rate

Karl Brehwens,<sup>a</sup> Elina Staaf,<sup>a</sup> Siamak Haghdoost,<sup>a</sup> Abel J. González<sup>b</sup> and Andrzej Wojcik<sup>a,c,1</sup>

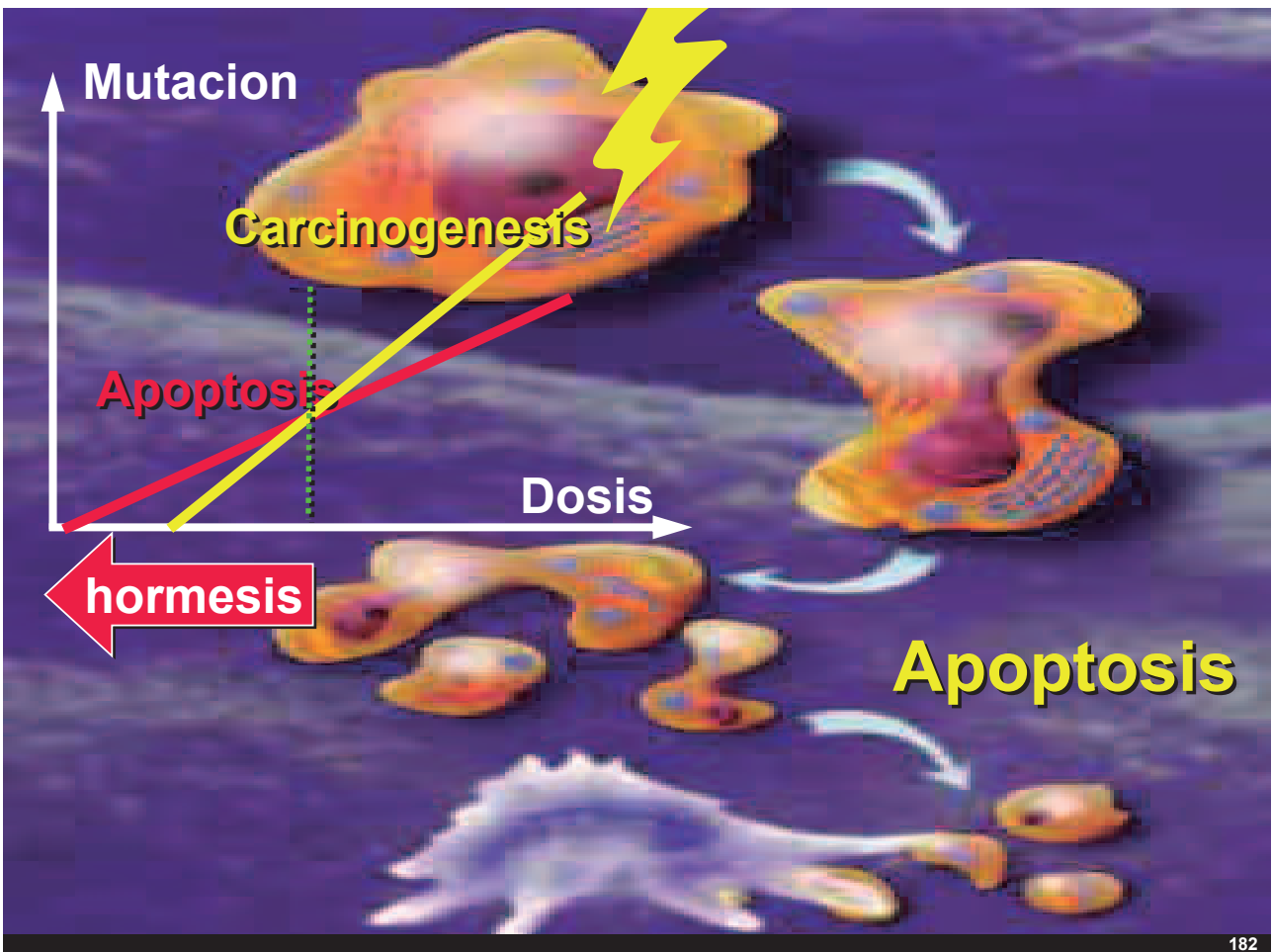
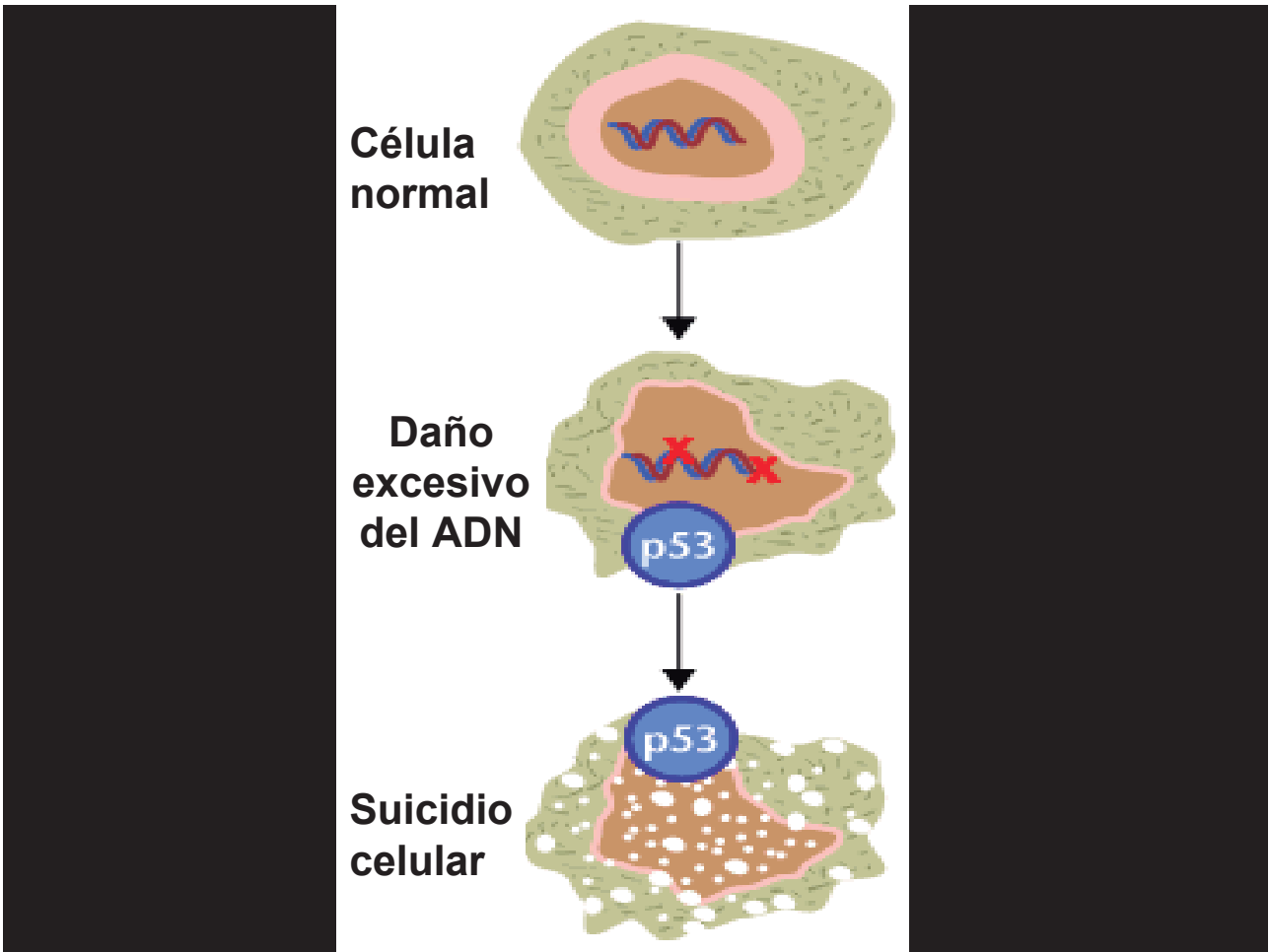
<sup>a</sup> Centre for Radiation Protection Research, GMT Department, Stockholm University, 106 91 Stockholm, Sweden; <sup>b</sup> Argentine Nuclear Regulatory Authority, Buenos Aires, Argentina; and <sup>c</sup> Department of Radiobiology and Immunology, Institute of Biology, Jan Kochanowski University, 25-406 Kielce, Poland

**Cuarta conjetura:  
posible influencia en el  
riesgo de daños fuera del  
blanco y otros fenómenos**

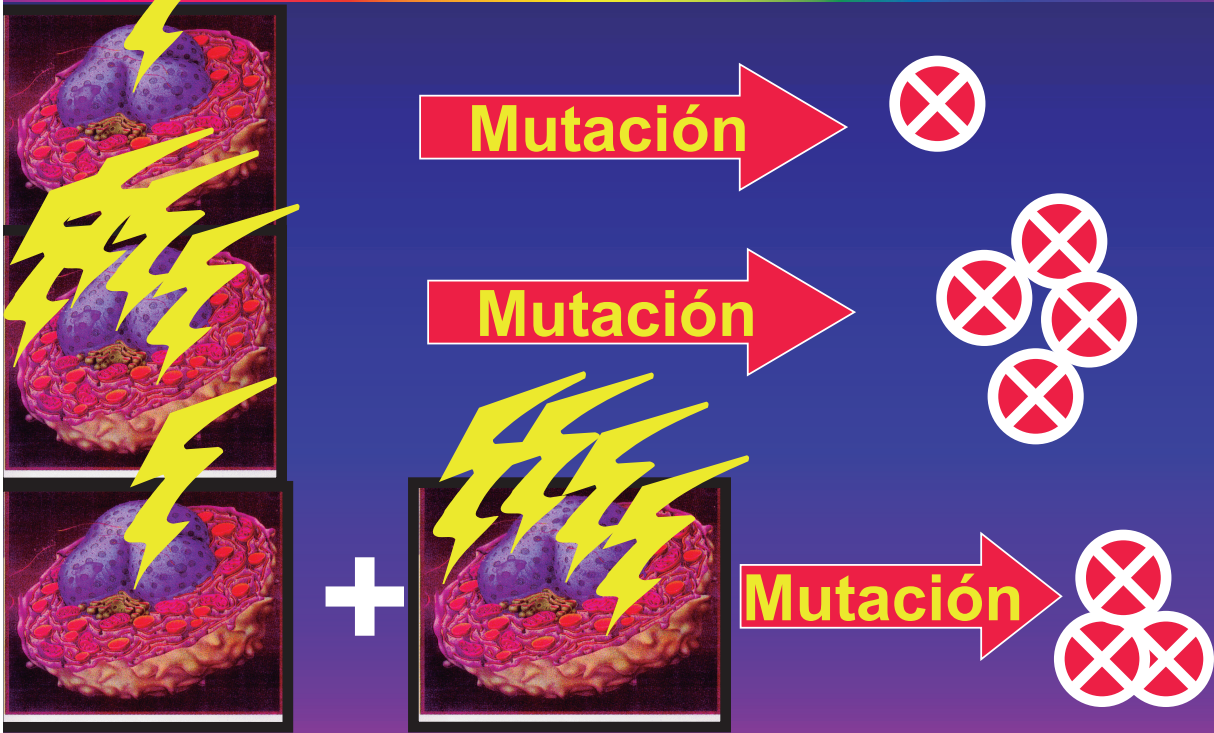


179

# Apoptosis



# RESPUESTA ADAPTIVA



183

## INESTABILIDAD GENÓMICA





# Inestabilidad Genómica ...

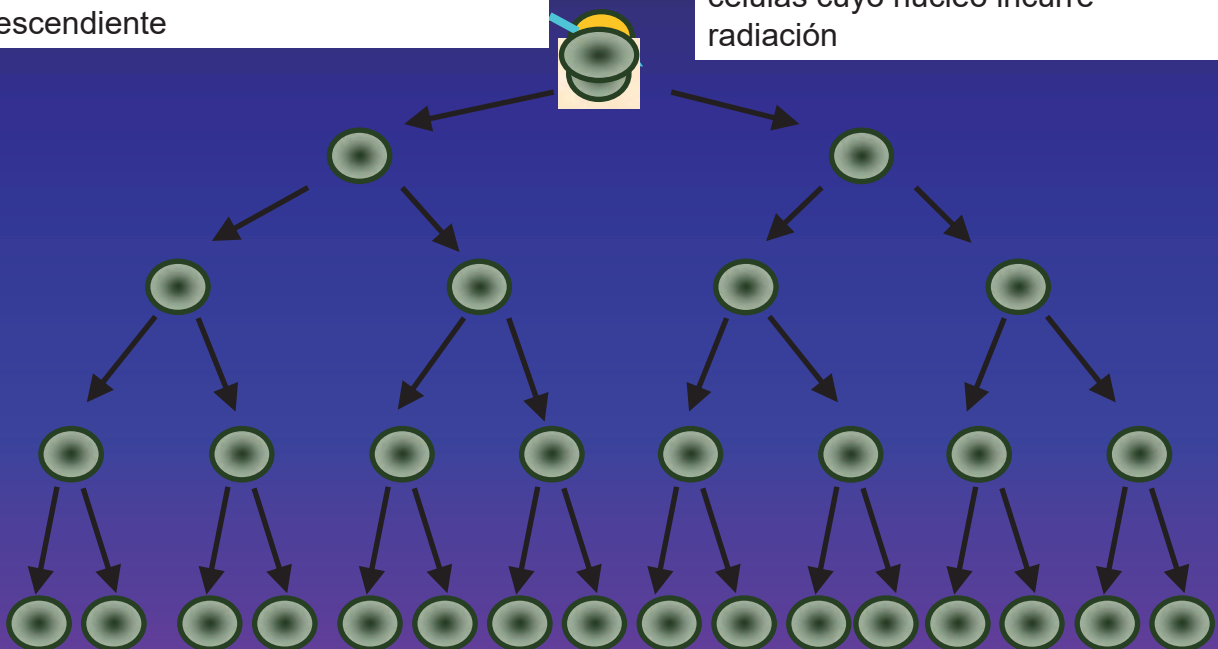
... o ... adquisición incremental de alteraciones en el genoma.

185

## Paradigma

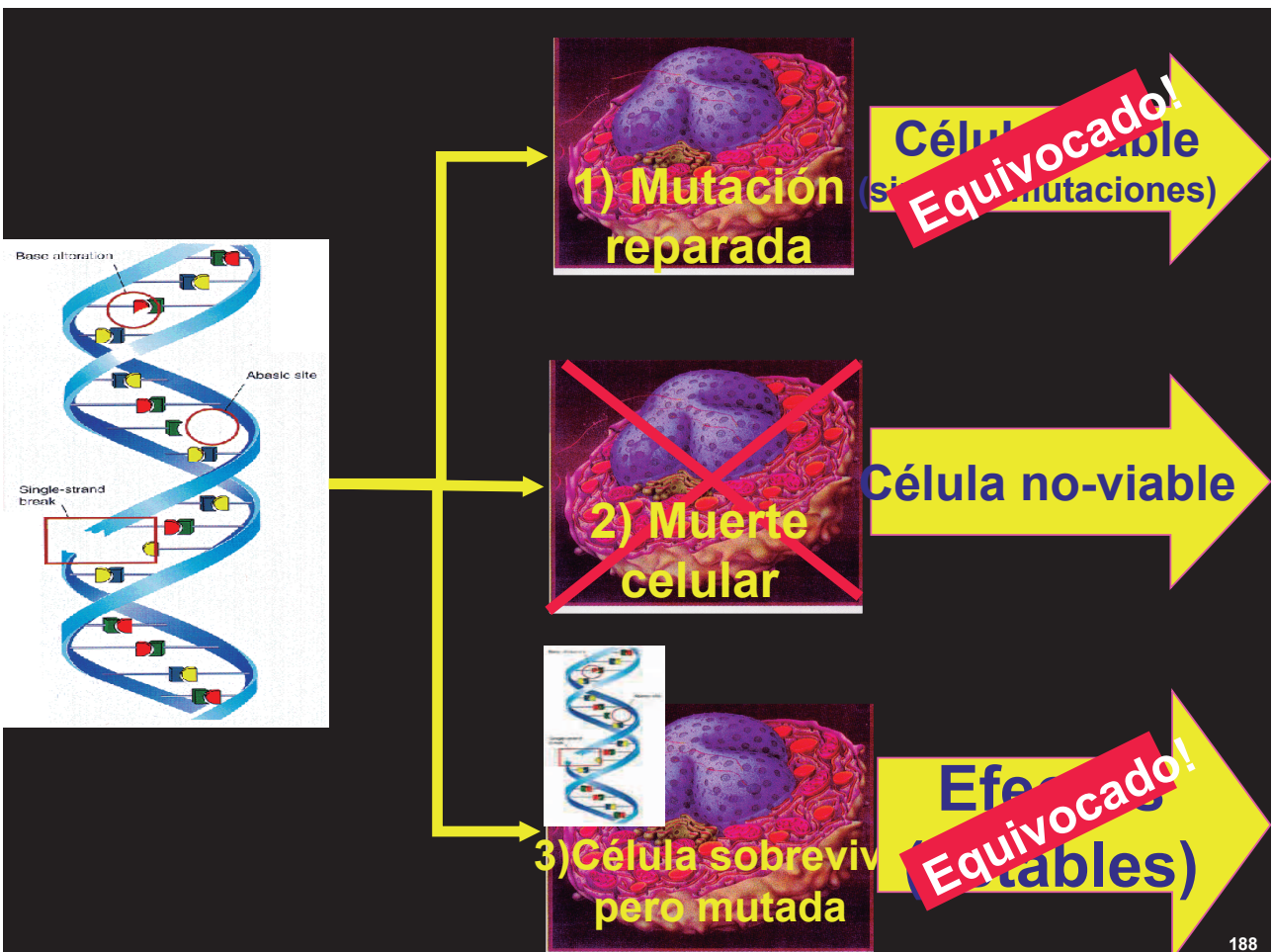
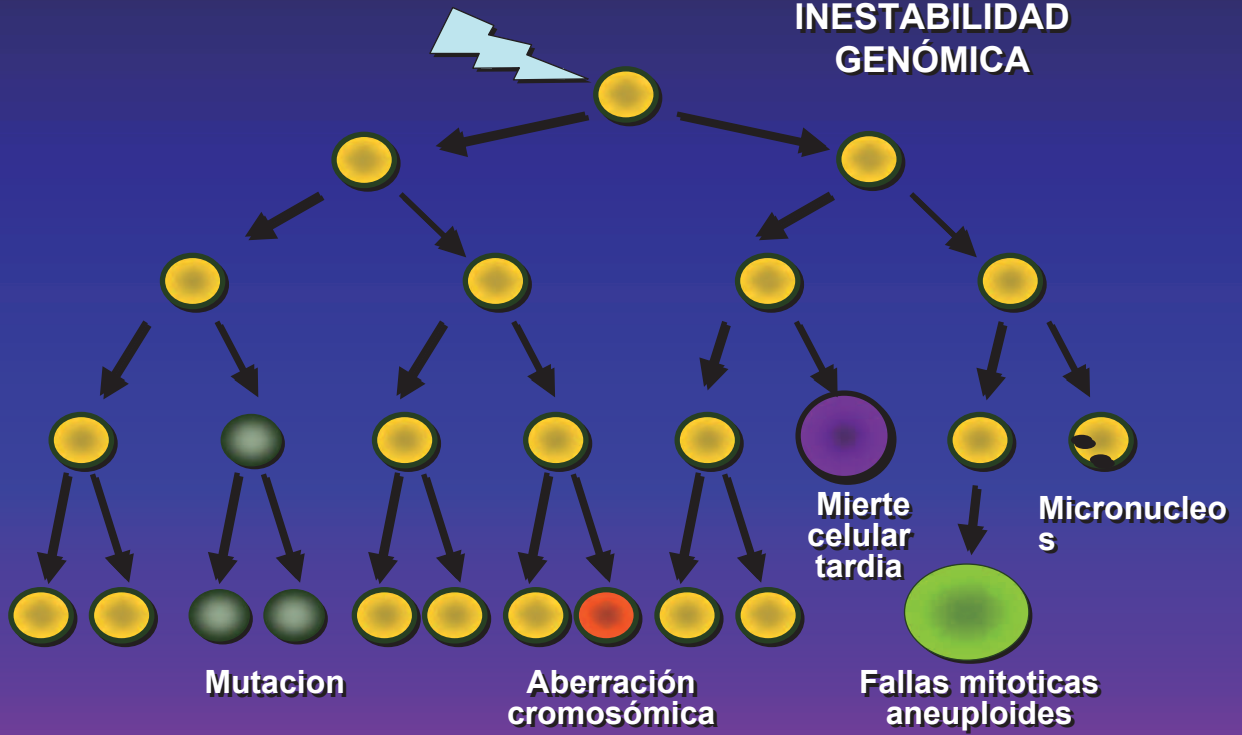
Daño fijado en el ADN de la célula irradiada, si no letal, transmitido a descendiente

Los efectos se producen en las células cuyo núcleo incurre radiación



# Desafío

INESTABILIDAD GENÓMICA

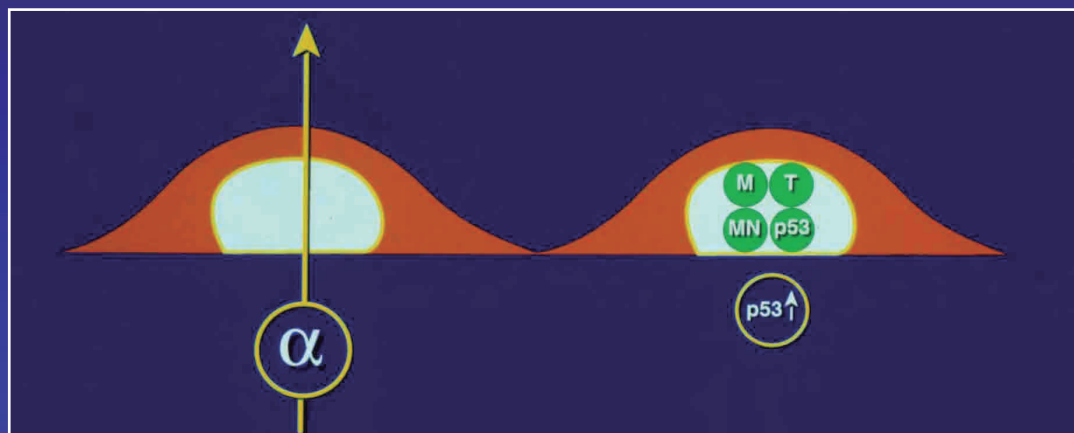


## Efecto 'vecindad' (bystander)

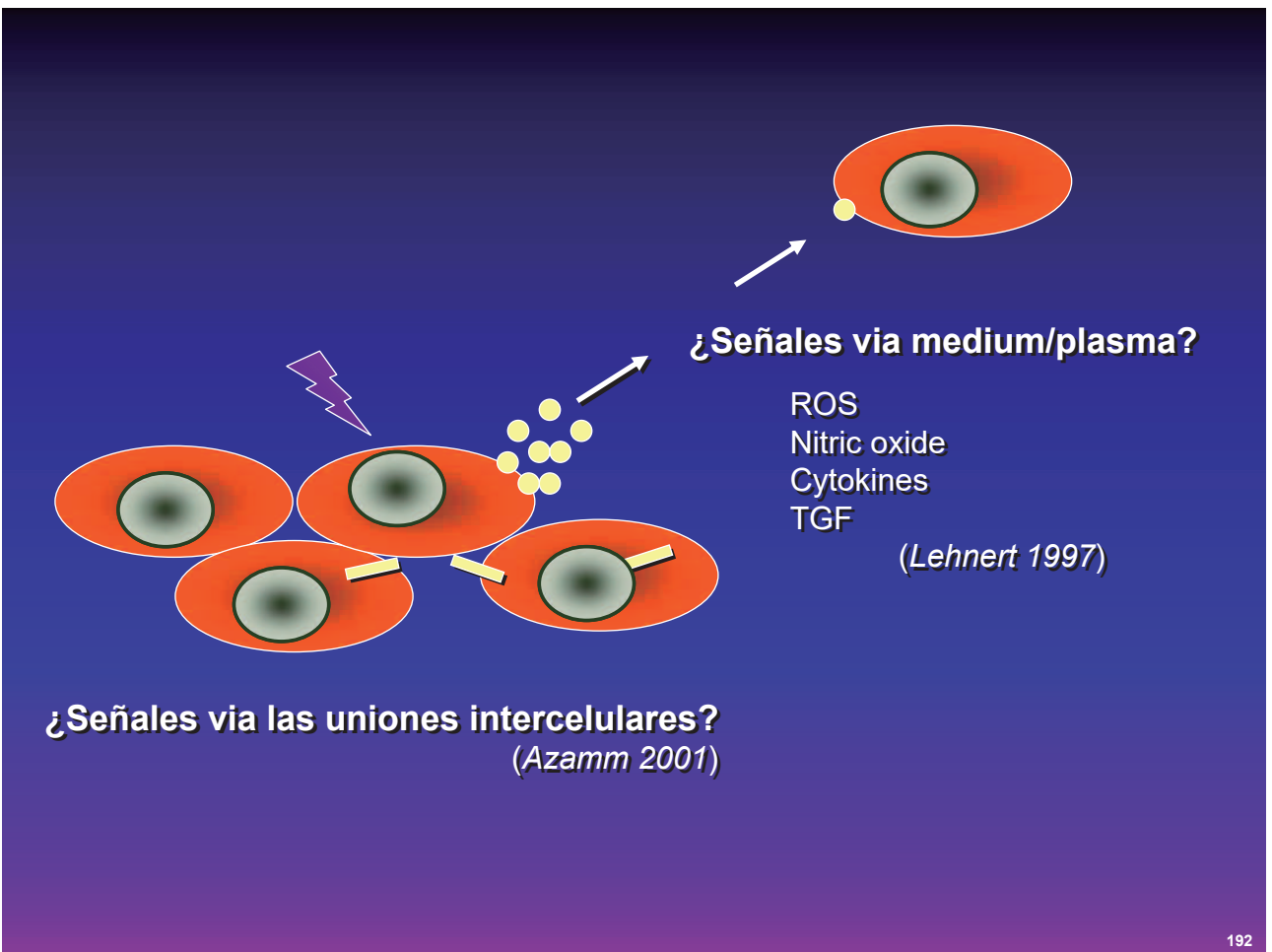
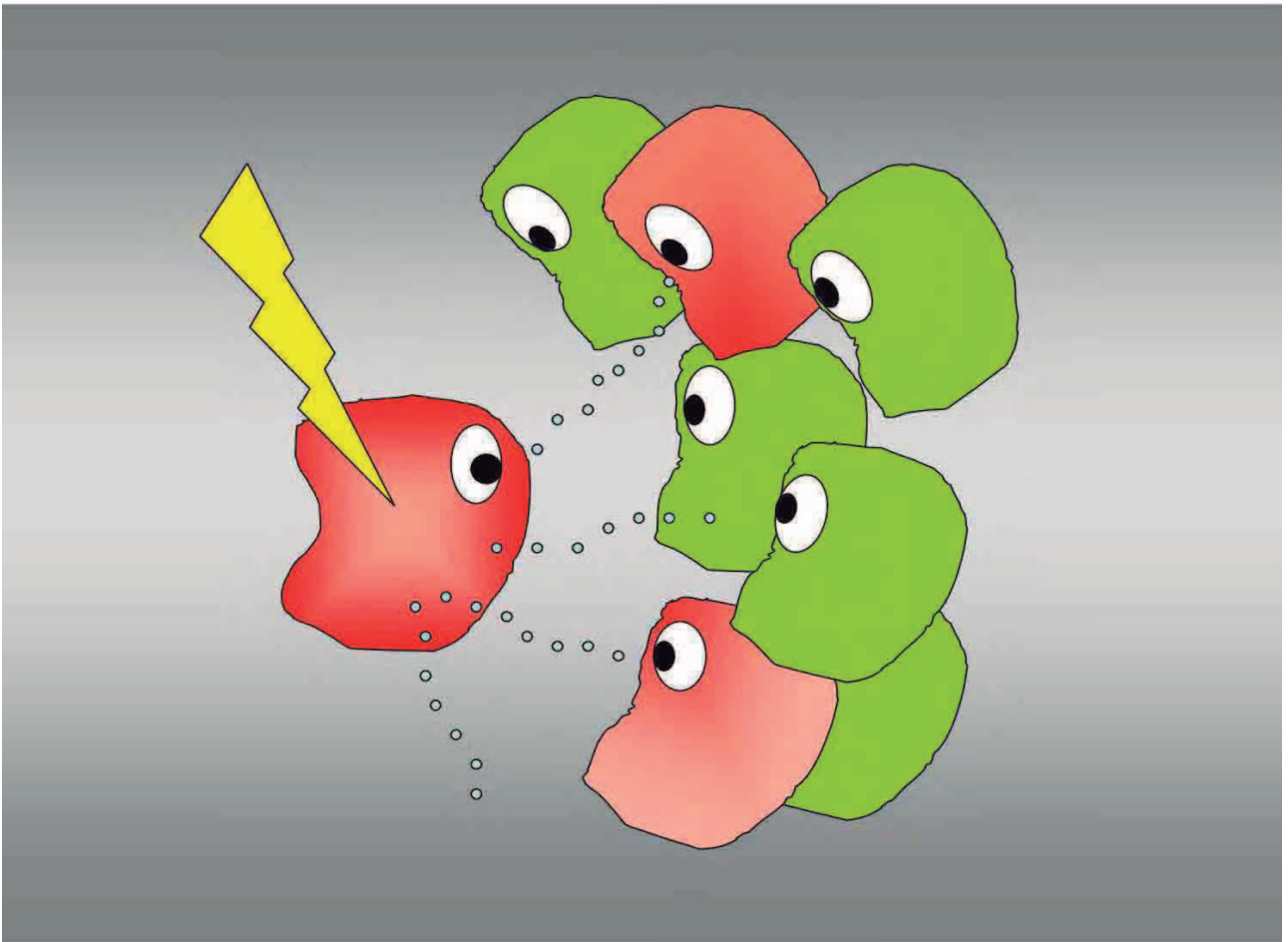
- Habilidad de células afectadas por la radiación para transmitir manifestaciones de daño a otras células que no habían sido afectadas por la radiación.

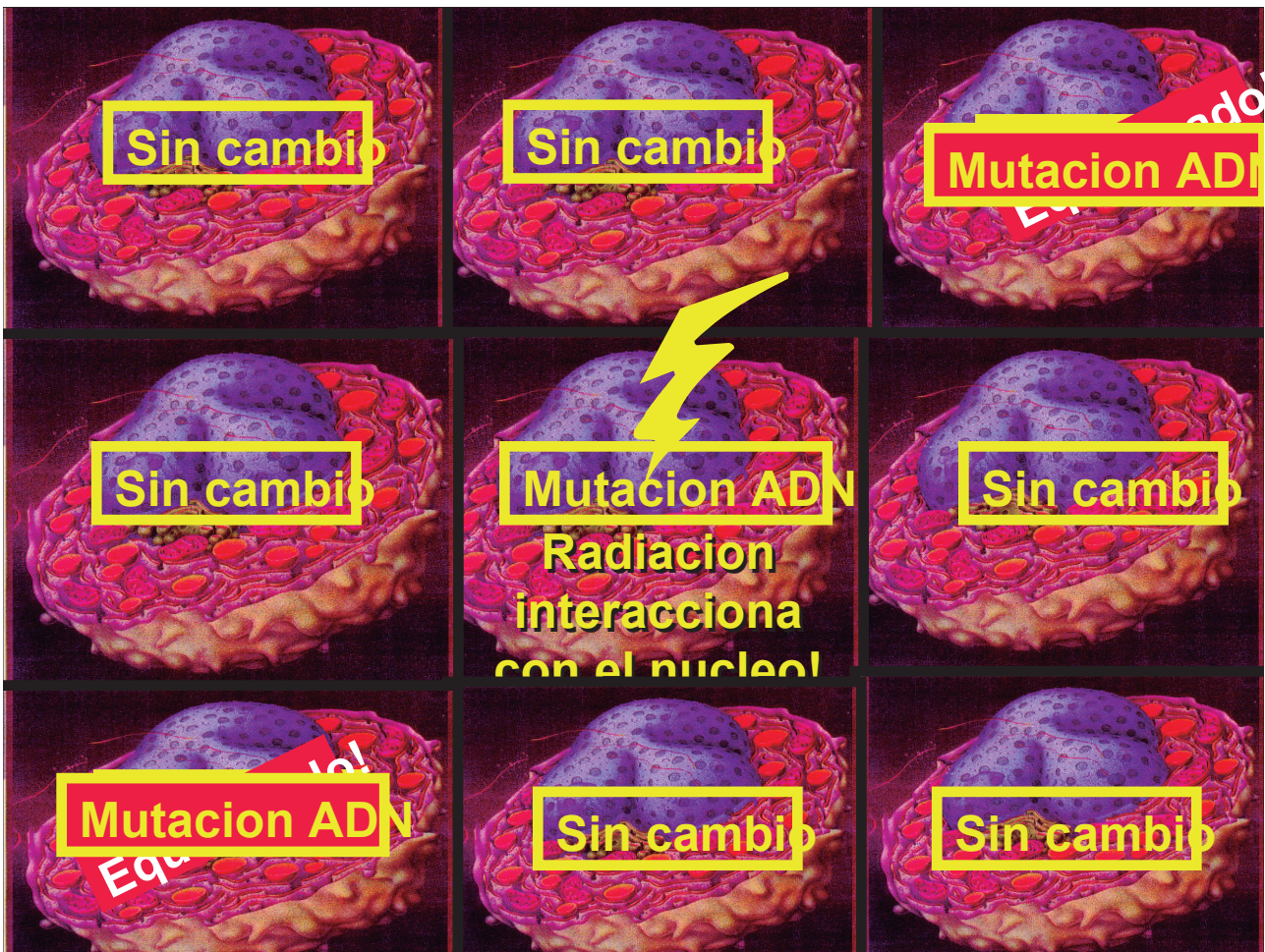
189

## Efecto "bystander"



190





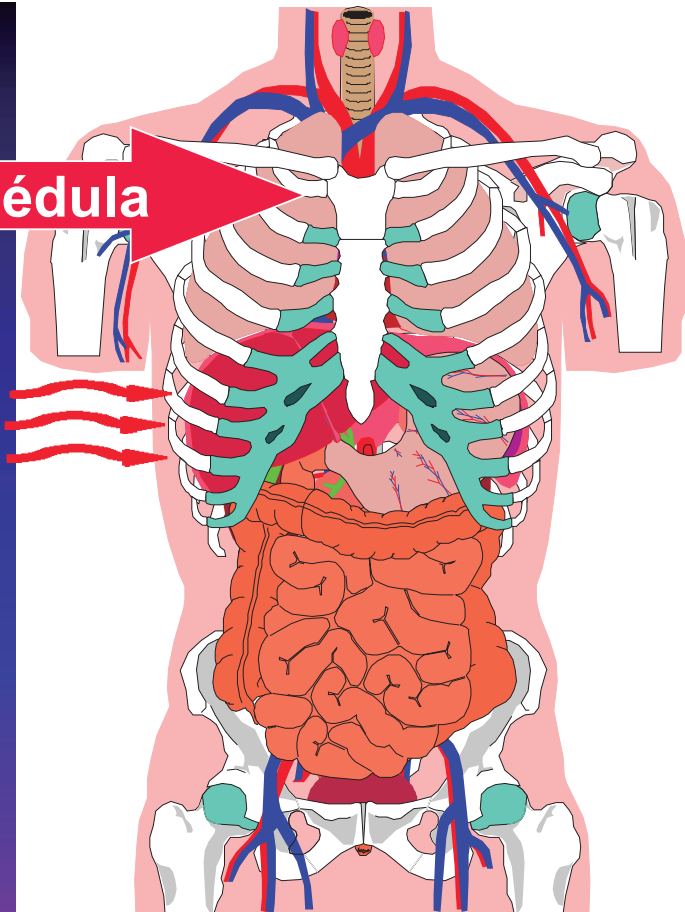
## Efectos Abscopales

Respuesta a la radiación  
de tejidos alejados  
del área de exposición.

Human & Experimental Toxicology, Volume 23, Issue 2, 1 February 2004, Arnold

**Efecto en médula**

**Irradiación de Hígado**



195

**¿ afecta la radiación al sistema inmunitario?**

**Infecciones**

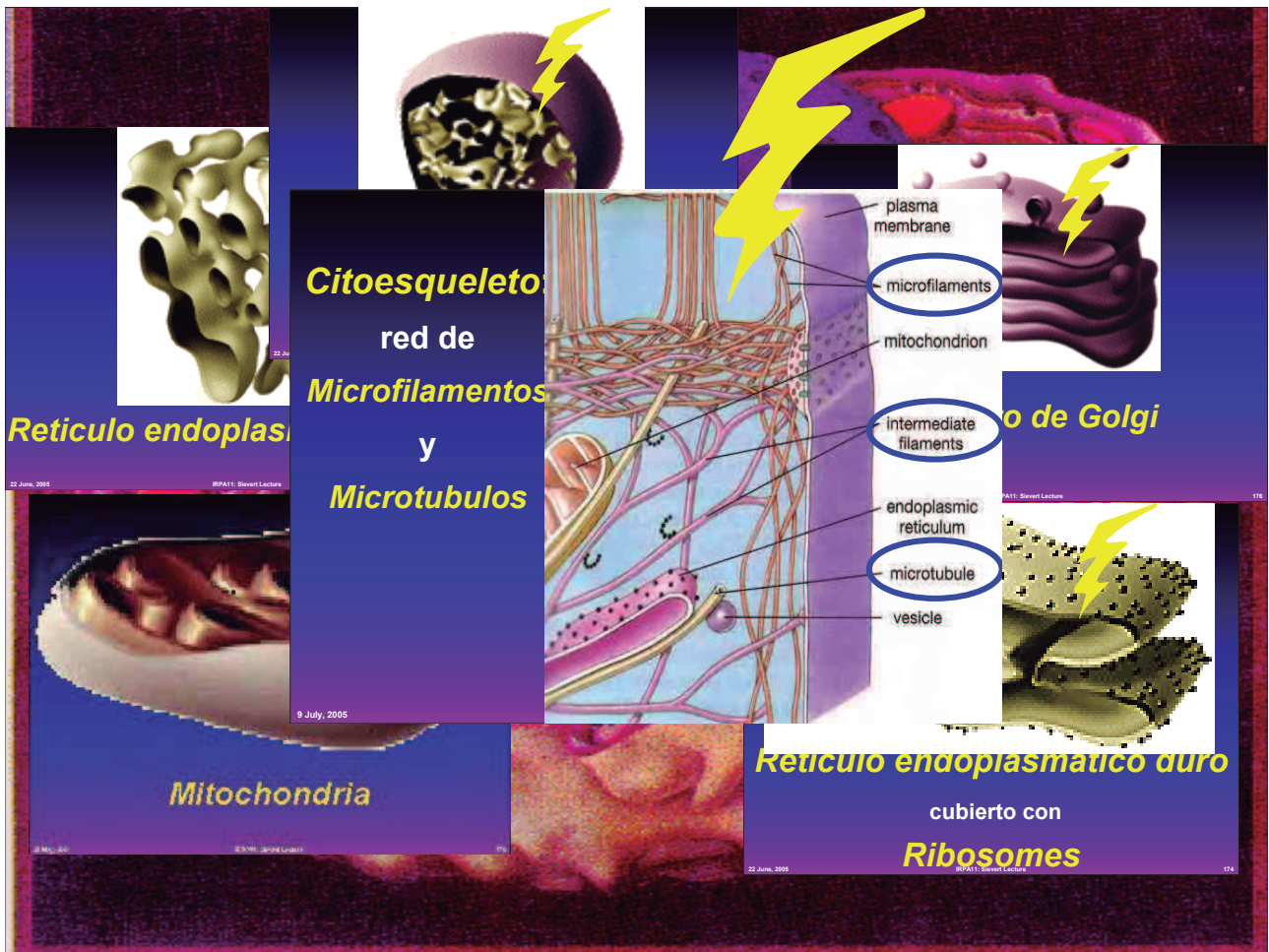
**Cáncer**

**Sistema**

**Inmunitari**



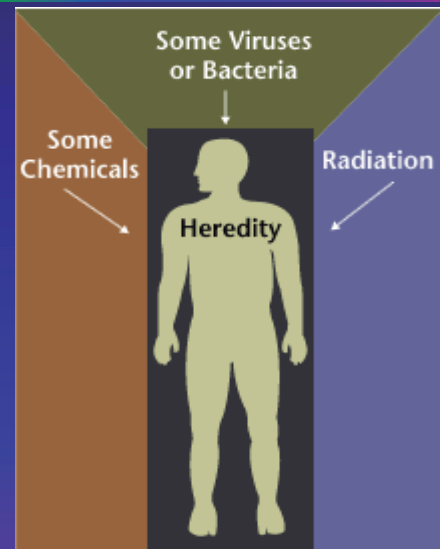
196



## Quinta conjetura: Extrapolaciones epidemiologicas

# Límites de detectabilidad en radio-epidemiología

Debido a que la radiación es un carcinógeno débil, y a que la incidencia de cáncer en general es muy alta es prácticamente imposible detectar efectos a dosis bajas.



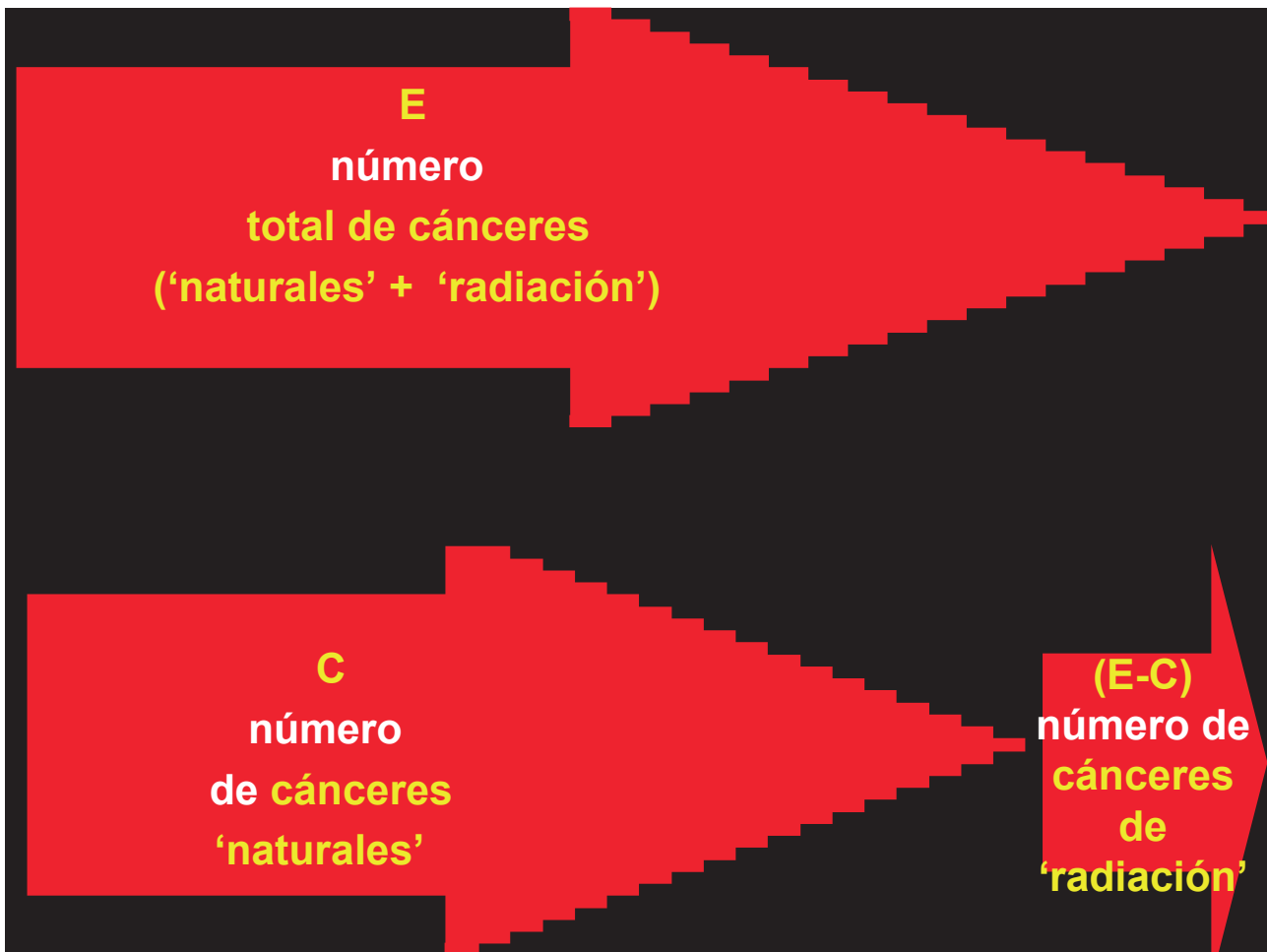
## Grupo de control

“N” personas  
“C” cánceres  
“n” probabilidad de un cancer ‘natural’

## Grupo expuesto

“N” personas  
“E” cánceres  
“n” probabilidad de un cancer ‘natural’  
“p<sub>D</sub>” probabilidad de un cancer de ‘radiación’





## Significado epidemiológico

- El número esperado de cánceres en el grupo de control será:

$$C = n N$$

- El número esperado de cánceres en el grupo expuesto será:

$$E = n N + p_d D N$$

- El número esperado de cánceres en exceso será

$$E - C$$

- La desviación estándar es

$$\sigma = \sqrt{2 n N + p_d D N}$$

- Si el exceso de cánceres debe detectarse con una confianza estadística del 95%

$$E - C > 2 \sigma$$

Operando algebraicamente y como  $n \gg p_d D$ ,

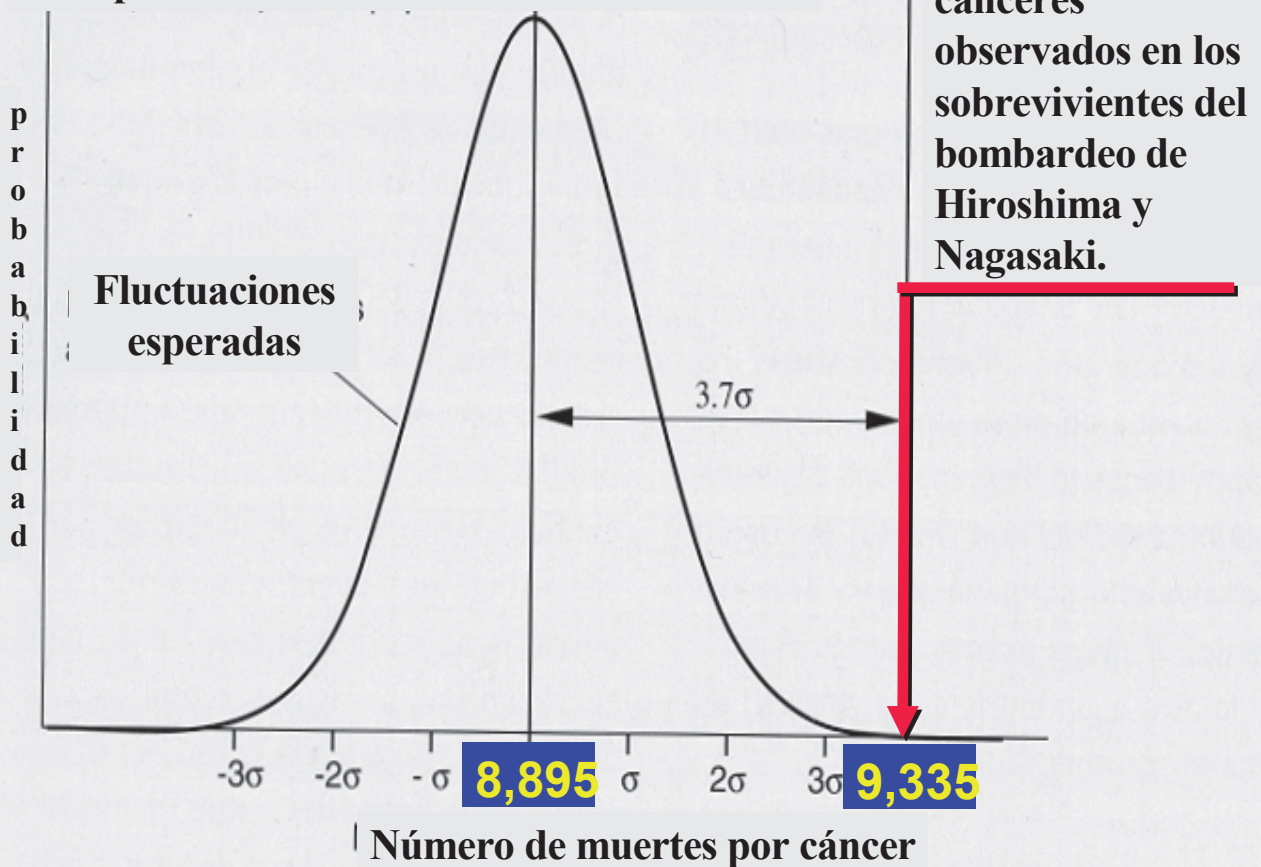
$$N > \text{constante} / D^2$$

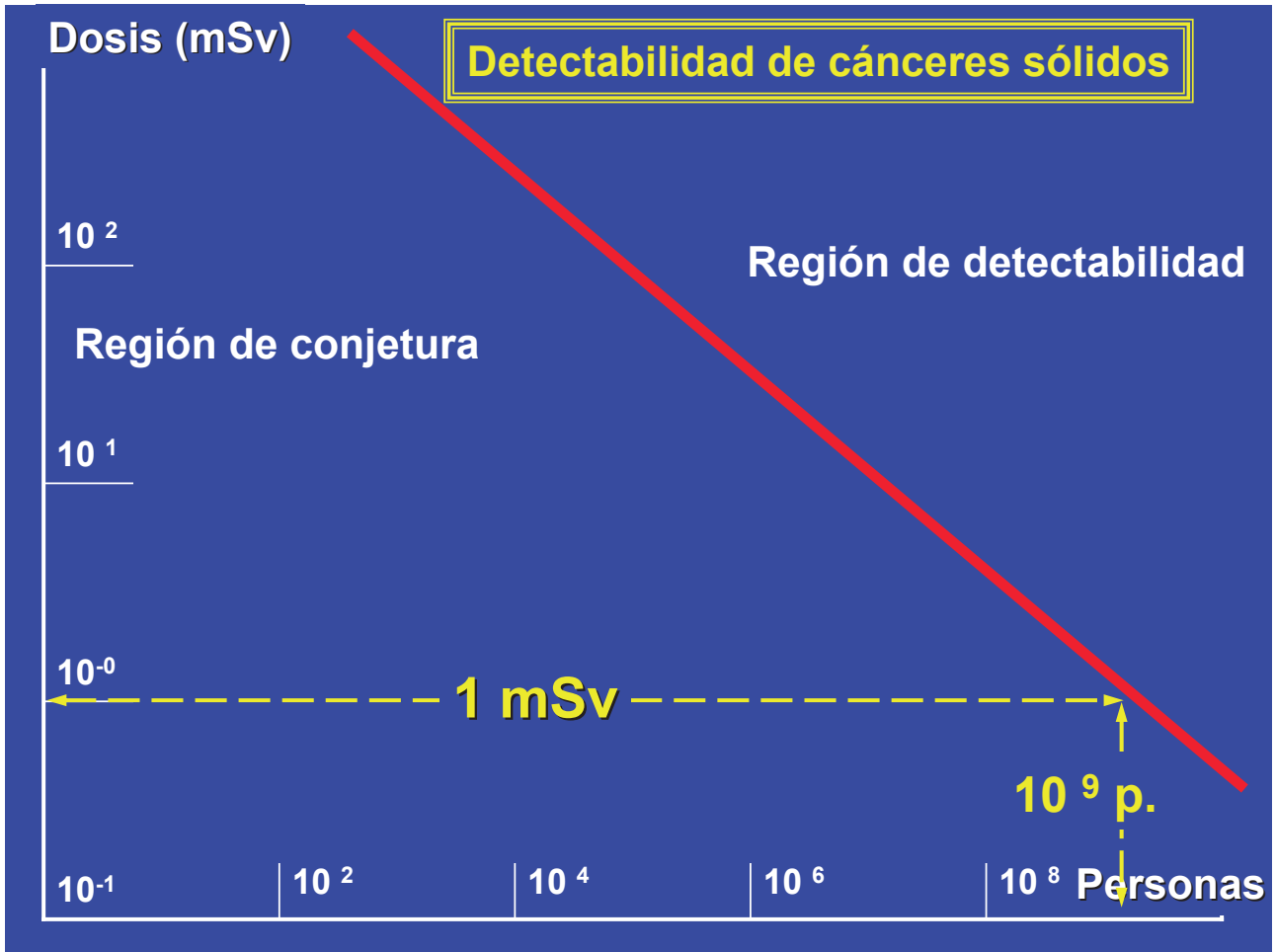
que es la ecuación que da el número de personas, **N**, necesarias para detectar un exceso de cánceres en la dosis **D**.

$$(\text{Constante} = 8 n / p_d^2)$$

Dosis, D (mSv)	~ Number of people, N
1	>1.000.000.000
10	>10.000.000
100	>100.000
1000	>1.000

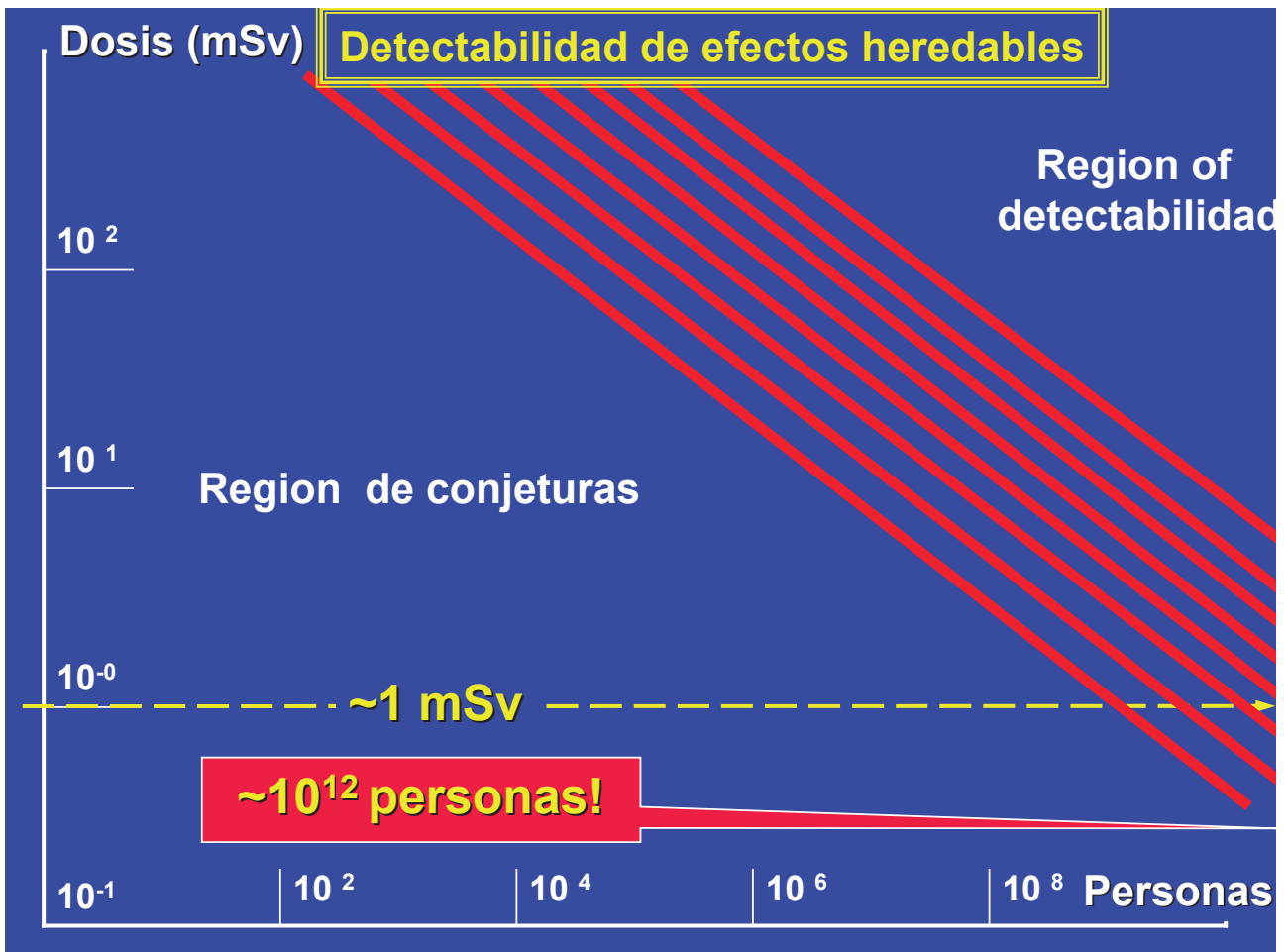
Número de muertes por cáncer esperadas en la población sobreviviente al bombardeo





# Epidemiología de los efectos hereditables

# Las estimaciones de riesgos hereditarios se basan en estudios animales y no se han manifestado en el especie humana

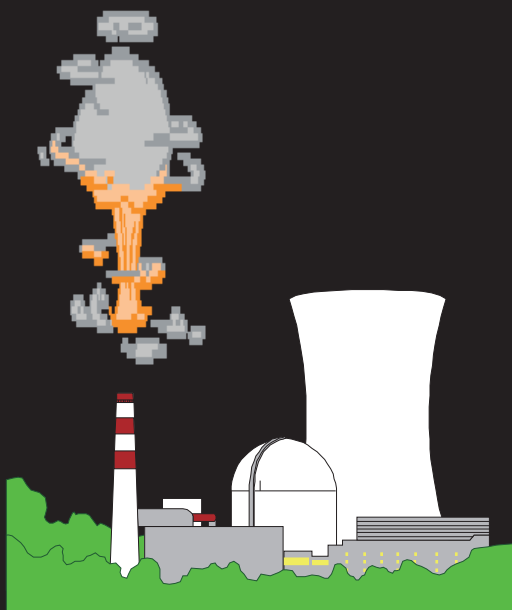


# Conundrum:

La atribución de daño a bajas dosis

211

Modelado matemático del ambiente



Descargas



Dosis colectiva

# Multiplicación por 5%/sievert



**dosis  
colectiva**



**Número de muertos**

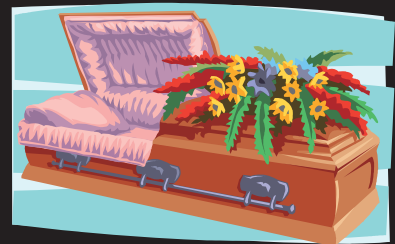


**Dosis colectiva**

**X**

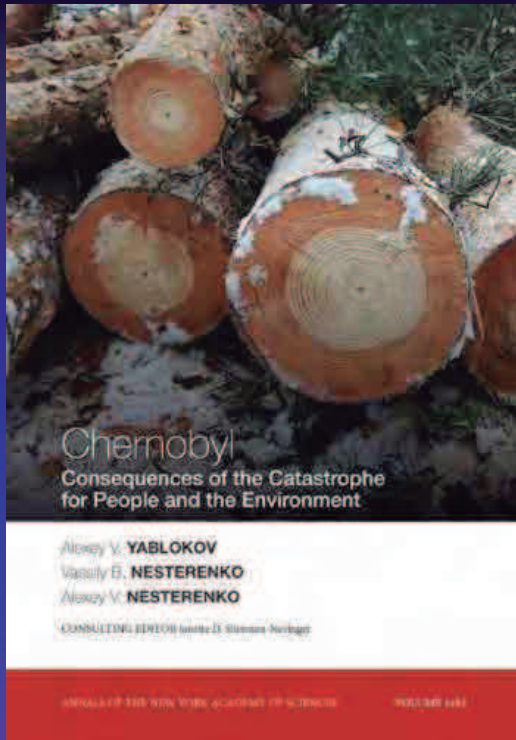
**Coefficient  
e Nominal  
de Riesgo**

**=**



**Número personas muertas**

**Personas sievert x 5 % Sv<sup>-1</sup> = ¡Número personas muertas!**



**Chernobyl:  
Consequences of the  
Catastrophe for People and  
the Environment  
Annals of the  
New York  
Academy of Sciences**

**Alexey V. Yablokov (Editor),  
Vassily B. Nesterenko (Editor),  
Alexey V. Nesterenko (Editor),  
Janette D. Sherman-Nevinger (Editor)**

***It concludes that based on records now available,  
some 985,000 people died of cancer caused by the Chernobyl***

215

**Estas imputaciones han causado daños  
muy serios, no conjeturales sino reales:**

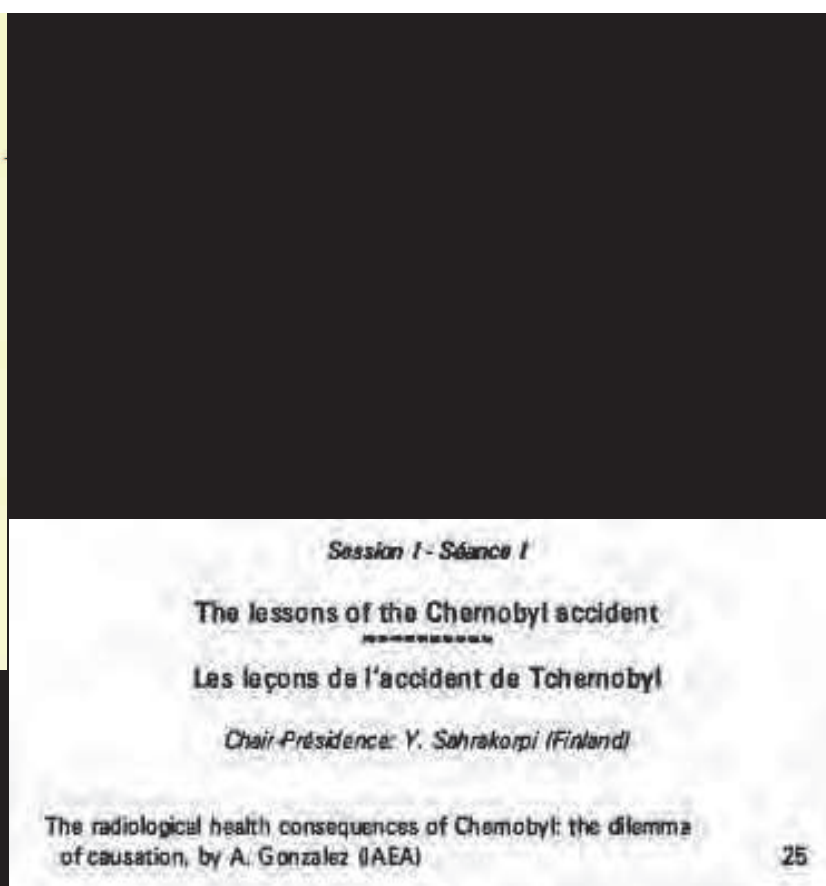
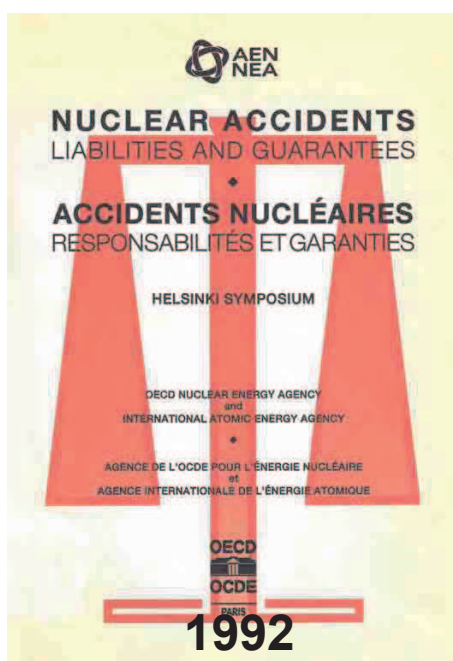
**serios efectos psicológicos en**

**Chernobyl y en Fukushima**



**El objetivo de nuestros trabajos sobre este tema fue insistir en que una solución científica para este conundrum se necesitaba con urgencia.**

217



# ***Chernobyl vis-à-vis the nuclear future: An international perspective***

**Abel Julio González**

**Health Physics, November 2007. Volume 93, Number 5. pp 571-592**

172 *Int. J. Low Radiation, Vol. 8, No. 3, 2011*

---

## **Epistemology on the attribution of radiation risks and effects to low radiation dose exposure situations**

---

**Abel Julio González**

Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina,  
Av. del Libertador 8250, C1429BNP (Ciudad de Buenos Aires),  
Argentina  
Email: [agonzalez@arn.gob.ar](mailto:agonzalez@arn.gob.ar)  
Email: [abel\\_j\\_gonzalez@yahoo.com](mailto:abel_j_gonzalez@yahoo.com)

# CLARIFYING THE PARADIGM ON RADIATION EFFECTS & SAFETY MANAGEMENT: UNSCEAR REPORT ON ATTRIBUTION OF EFFECTS AND INFERENCE OF RISKS

ABEL J. GONZÁLEZ

Representative at the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

Member of the Commission of Safety Standards (CSS) of the International Atomic Energy Agency (IAEA)

ex-Vice-Chairman of the International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina (ARN)

[Argentine Nuclear Regulatory Authority]

Av. del Libertador 8250

(C1429 BNP) Ciudad de Buenos Aires

Argentina

E-mail : agonzalez@arn.gob.ar

*Received July 03, 2014*

NUCLEAR ENGINEERING AND TECHNOLOGY, VOL.46 NO.4 AUGUST 2014

467

Radiation Protection in Australasia Vol. 31, No. 2

Refereed Article

## CLARIFYING THE PARADIGM FOR PROTECTION AGAINST LOW RADIATION DOSES: RETROSPECTIVE ATTRIBUTION OF EFFECTS *VIS-Á-VIS* PROSPECTIVE INFERENCE OF RISK

Abel J. González

# Tesis

## A bajas dosis de radiación:

### 1. Efectos reales

no son atribuibles objetivamente.

### 2. Riesgos conjeturales

pueden ser inferidos subjetivamente-

223

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION  
**UNSCEAR 2012 Report**

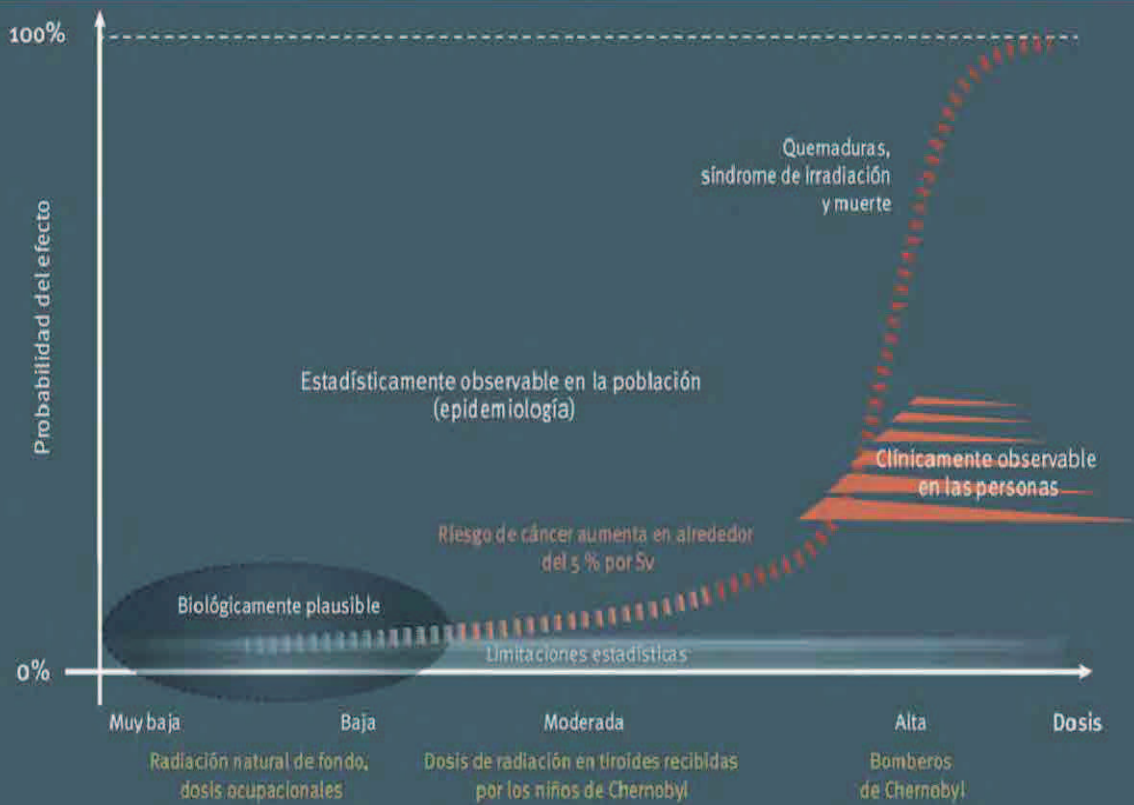
Report to the General Assembly

SCIENTIFIC ANNEXES A AND B

Annex A. Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks  
Annex B. Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer

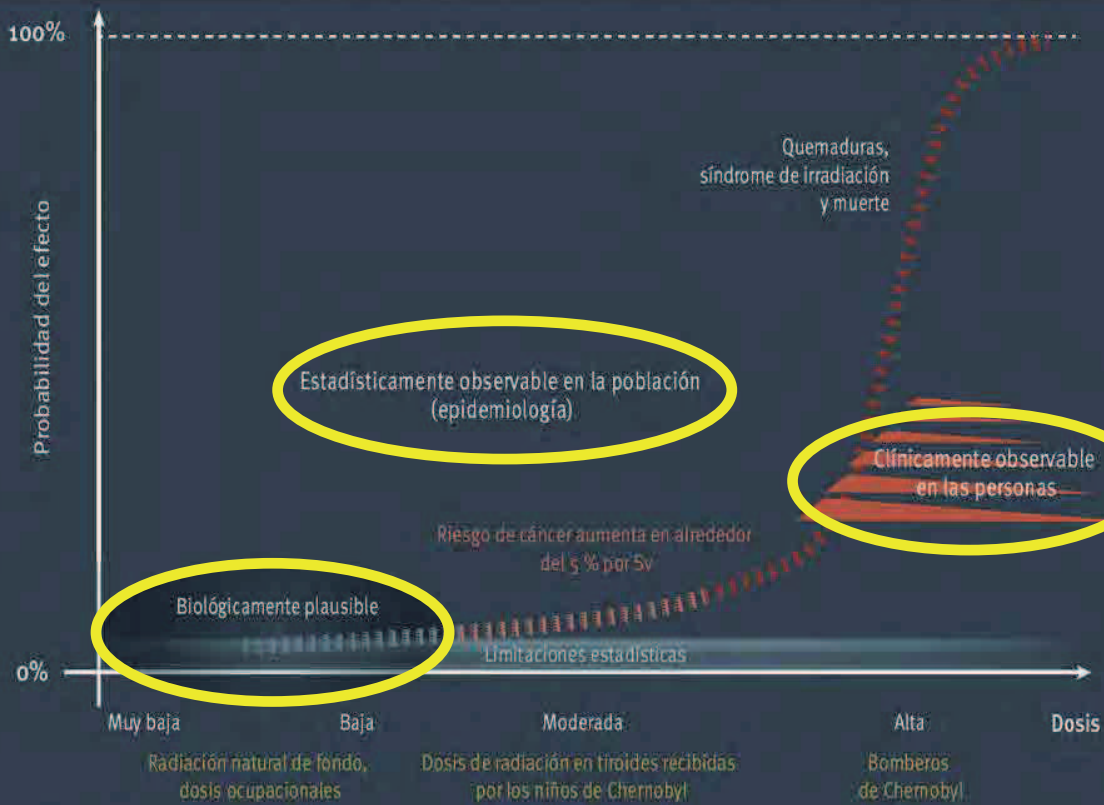


## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



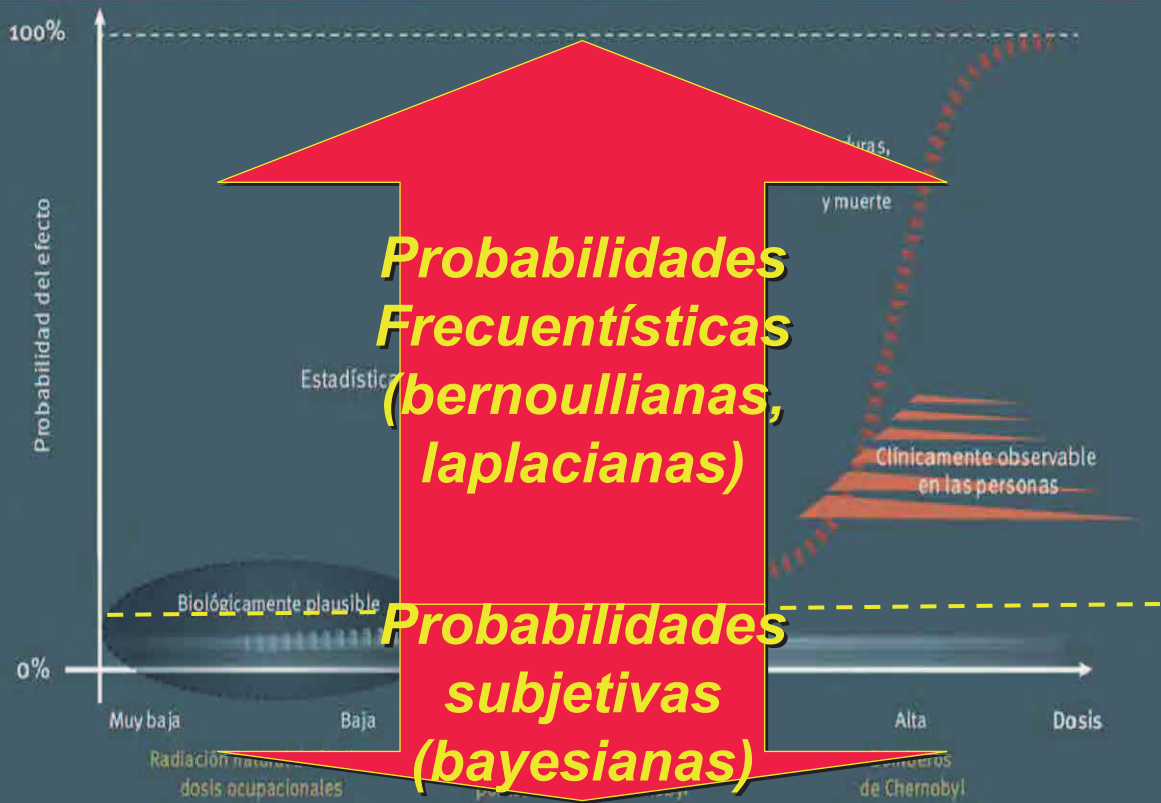
## Observación de efectos

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



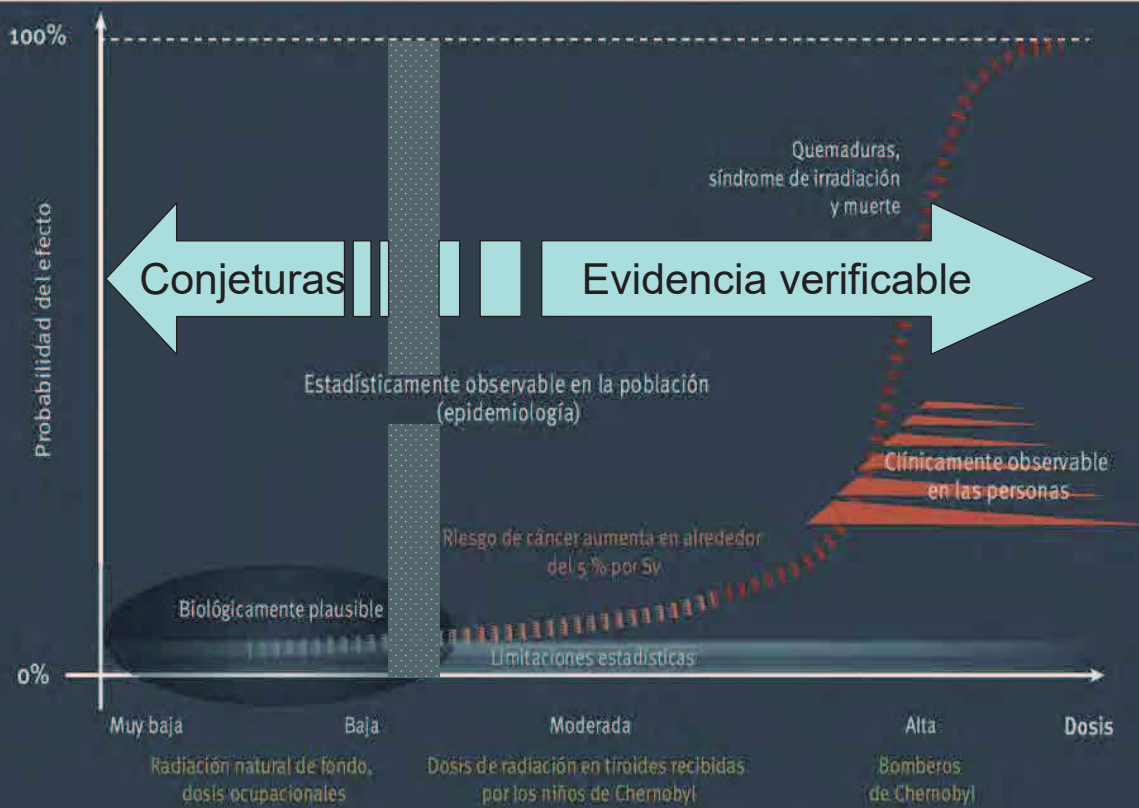
**Probabilidades frecuentistas**  
*versus*  
**Probabilidades subjetivas**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**Hechos versus Conjeturas**

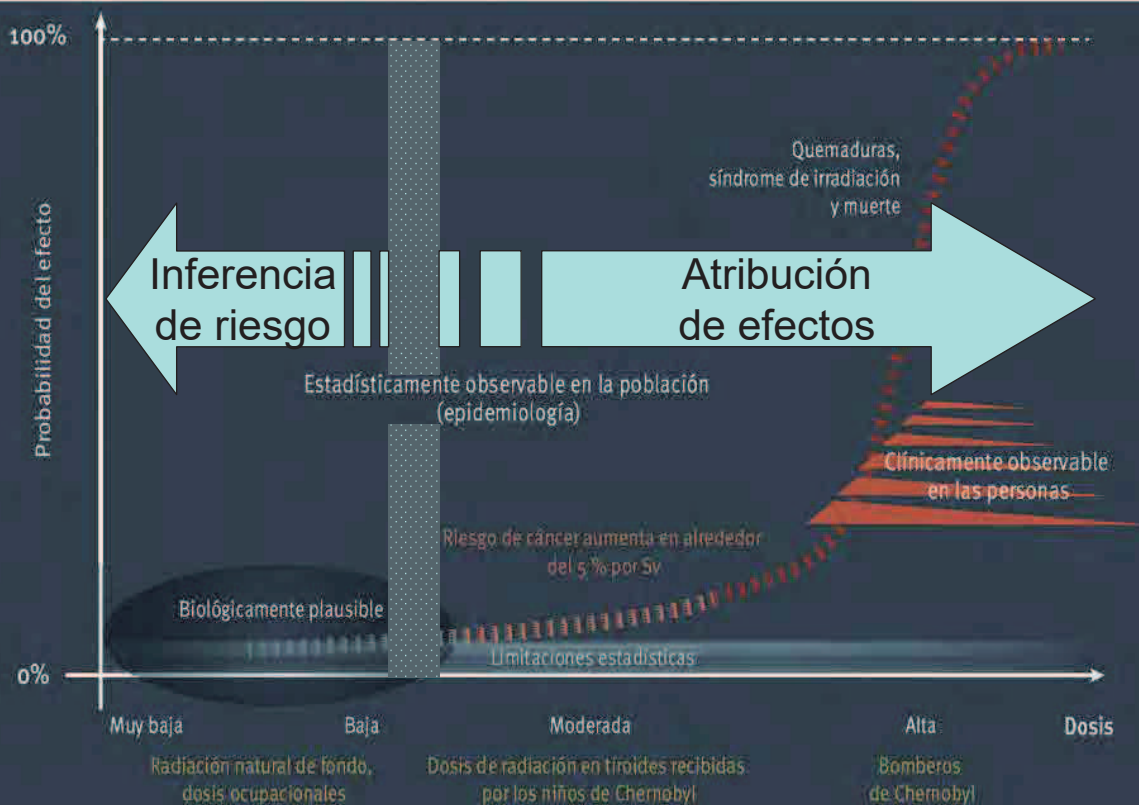
## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



## Atribución *versus* Inferencia



## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**Diagnóstico individual**

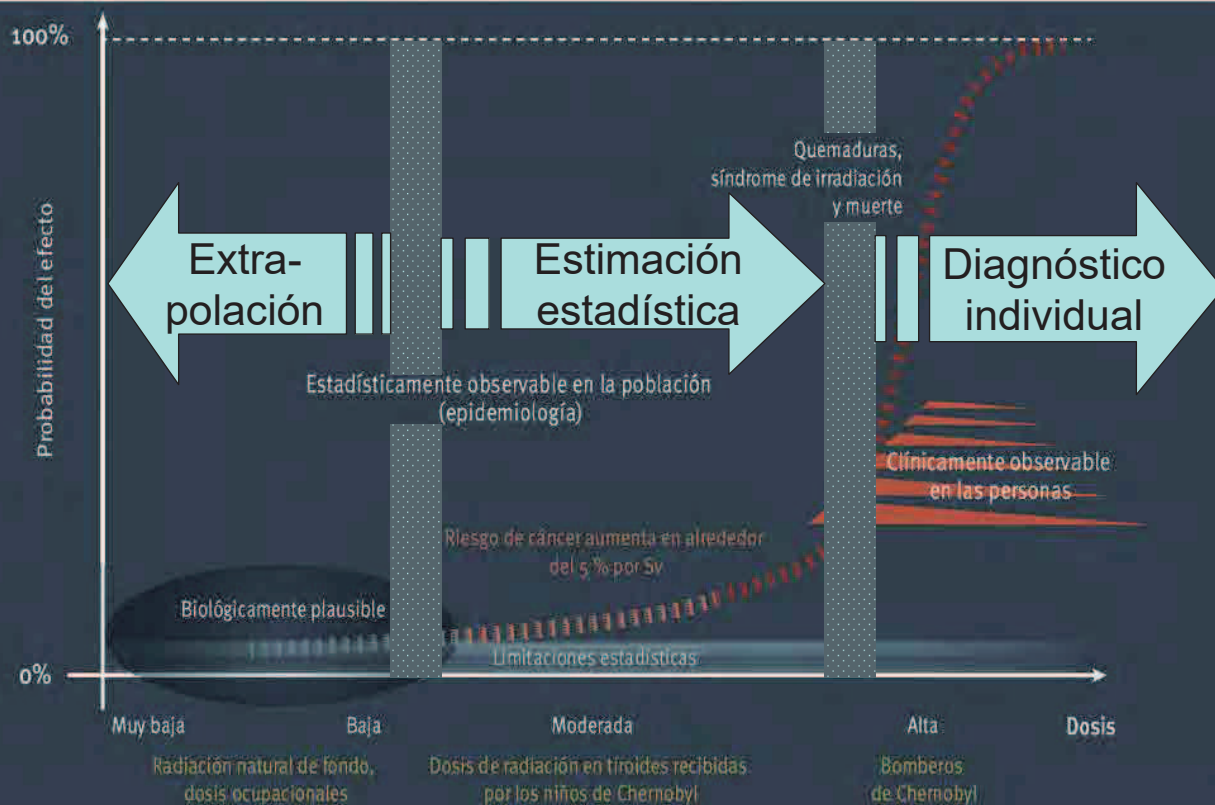
***versus***

**Estimación estadística**

***versus***

**Extrapolación subjetiva**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



**Atribución individual**

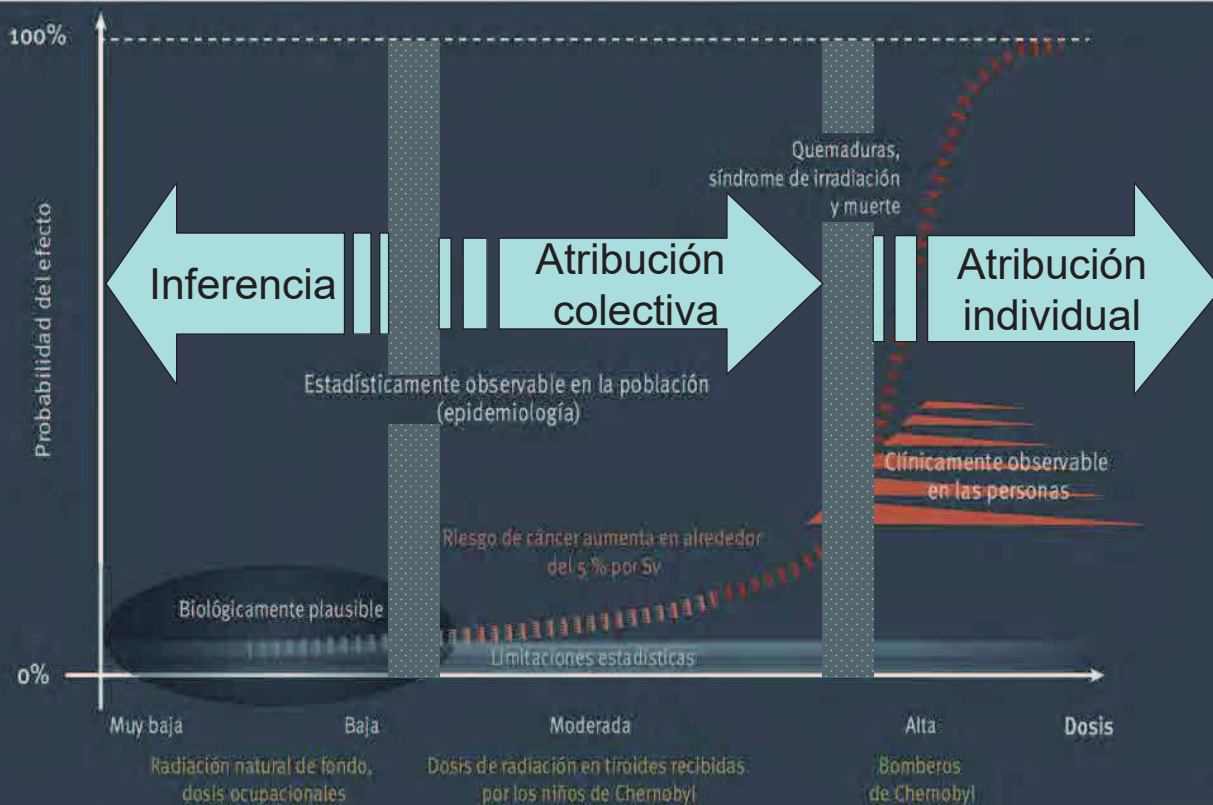
***versus***

**Atribución colectiva**

***versus***

**Inferencia**

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud



## SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION UNSCEAR 2012 Report

### Report to the General Assembly

SCIENTIFIC ANNEXES A AND B

Annex A. Attributing health effects to radiation exposure and inferring risks

Annex B. Uncertainties in risk estimates for induced cancer

### ANNEX A

## ATTRIBUTING HEALTH EFFECTS TO IONIZING RADIATION EXPOSURE AND INFERRING RISKS



# Preprint

Attribution of Radiation Health Effects and  
Inference of Radiation Risks: Consideration for  
Application of the IAEA Safety Standards

## Desafío relacionado

La expresión '*lineal sin umbral*'

(LNT)

Significado y confusión

## **‘LNT’ para epidemiólogos**

- **Una conjetura epidemiológica:**

la incidencia de efectos por unidad de dosis en dosis altas (con evidencia epidemiológica) permanece igual en dosis bajas (sin evidencia epidemiológica).

## **‘LNT’ para biólogos**

- **Una teoría biológica:**

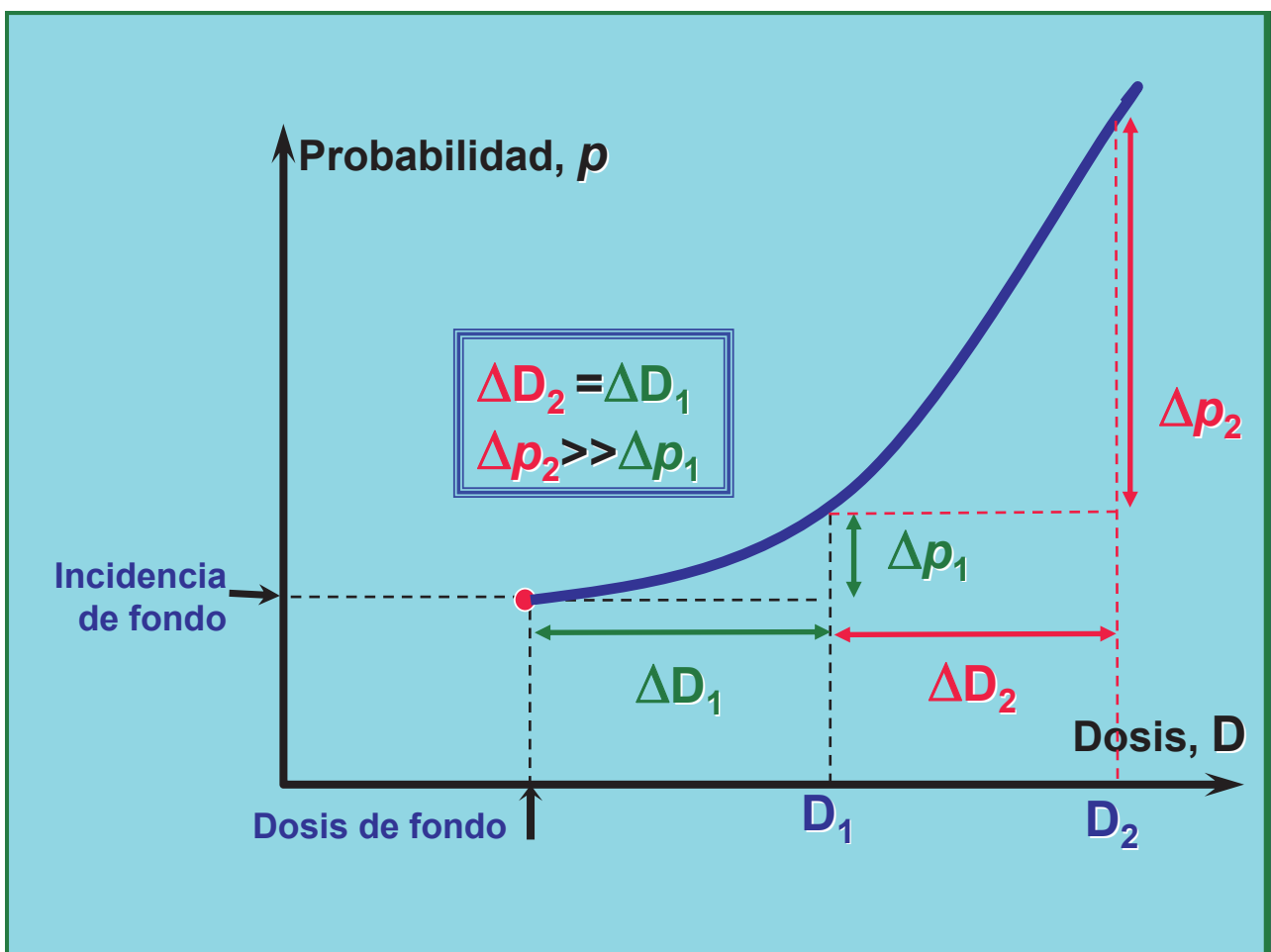
A dosis bajas de radiación, un incremento en la dosis producirá un incremento directamente proporcional en la probabilidad de contraer cáncer o efectos hereditarios atribuibles a la radiación.

# 'LNT' para radio-proteccionistas

- **Un modelo de protección radiológica:**

**Un enfoque práctico para la gestión de la protección radiológica**

**El que considera la protección contra una dosis adicional independientemente del nivel de dosis acumulada.**



## **Desafío 'LNT'**

**¡LNT TIENE QUE SER  
ACLARADO!**

## **Tercer Desafío**

**Solución al problema de la  
imputación legal de daño por  
radiación**

# Imputación

**Acciones fundadas en la ley para la asignación del daño por radiación causado en trabajadores, a los empleadores responsables de las situaciones de exposición a la radiación.**

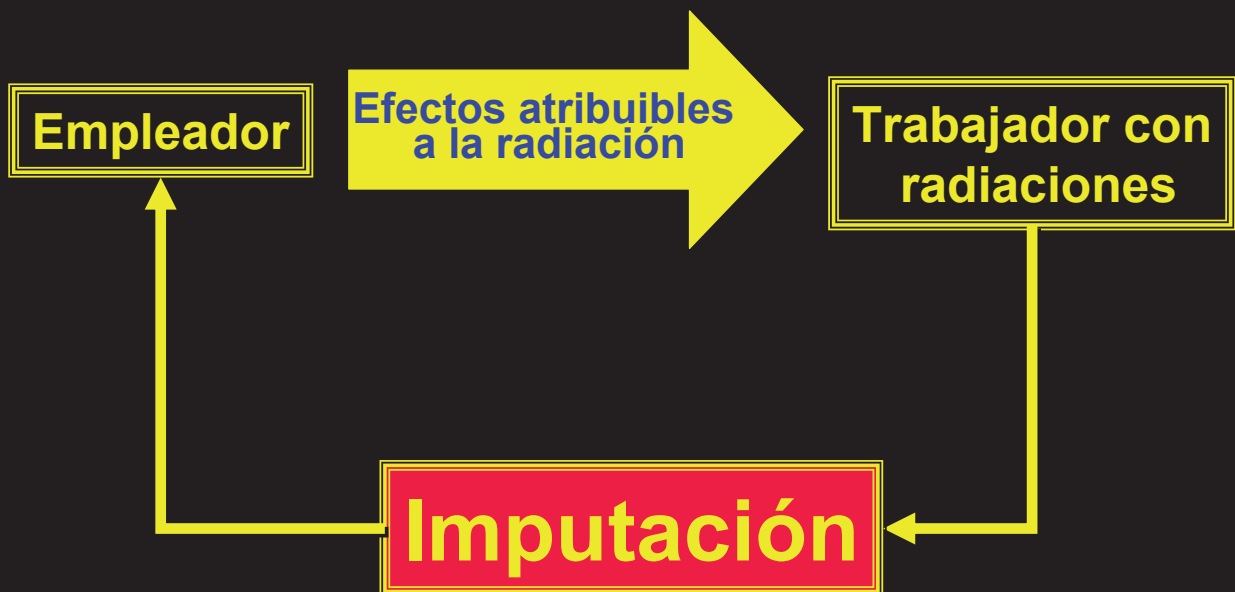
**La imputación es precursora de los conceptos derivados de acusación, demanda, y enjuiciamiento.**

***Imputación* es diferente de *Atribución***



**Científicos** → **Atribuyen**

**Abogados** → **Imputan**



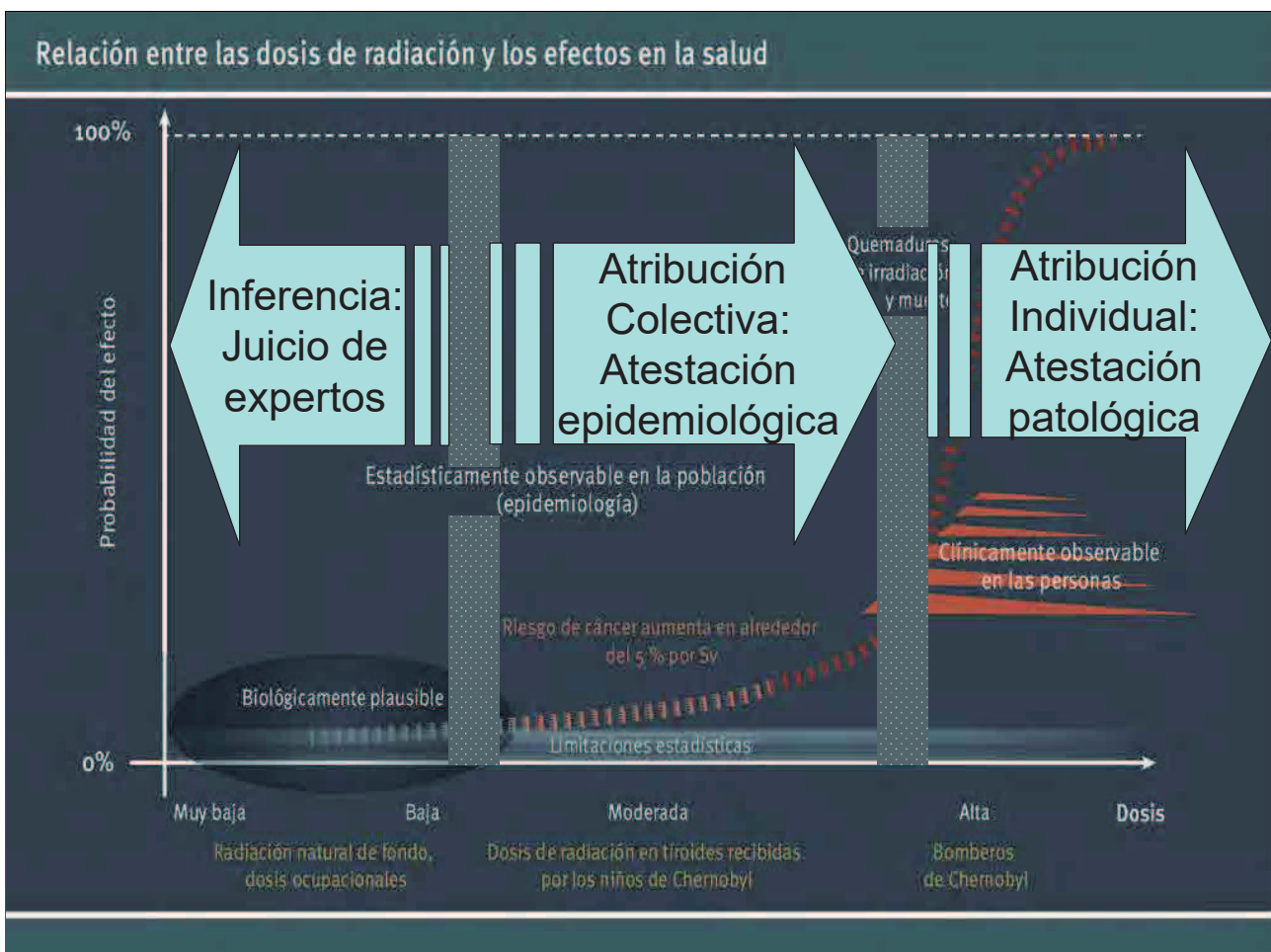


251

**Expertos que pueden  
confirmar la  
imputabilidad**

252

# Atestación patológica *versus* Atestación epidemiológica *versus* Juicio subjetivo



## Estimación de riesgo

**~5% / Sv**



**~0,005% / mSv**

**Hecho objetivo**



**Conjetura subjetiva**

255

**La cuestión epistemológica  
fundamental es la siguiente:**

**...matemáticamente...**

**5%/Sievert = 0,005%/miliSievert,**

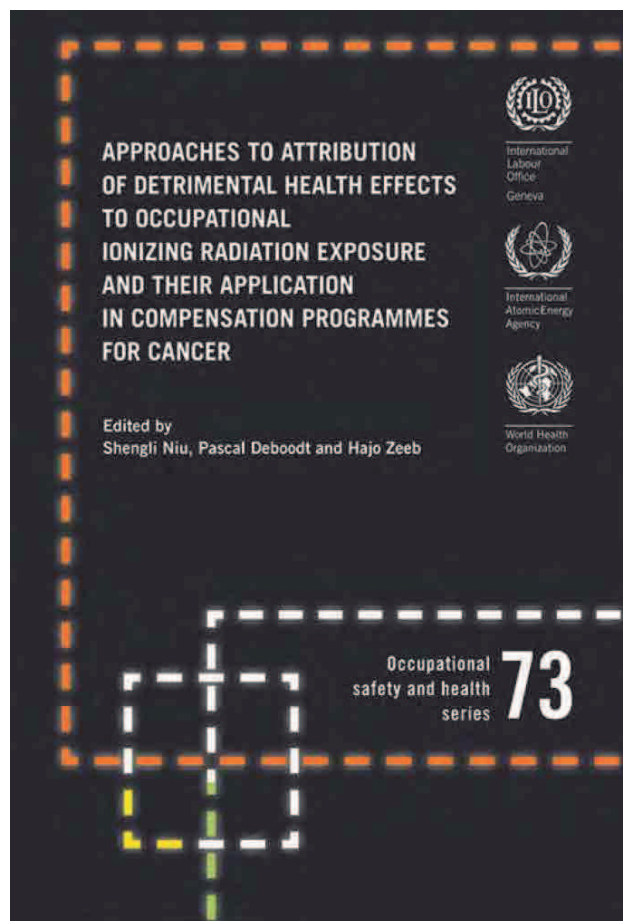
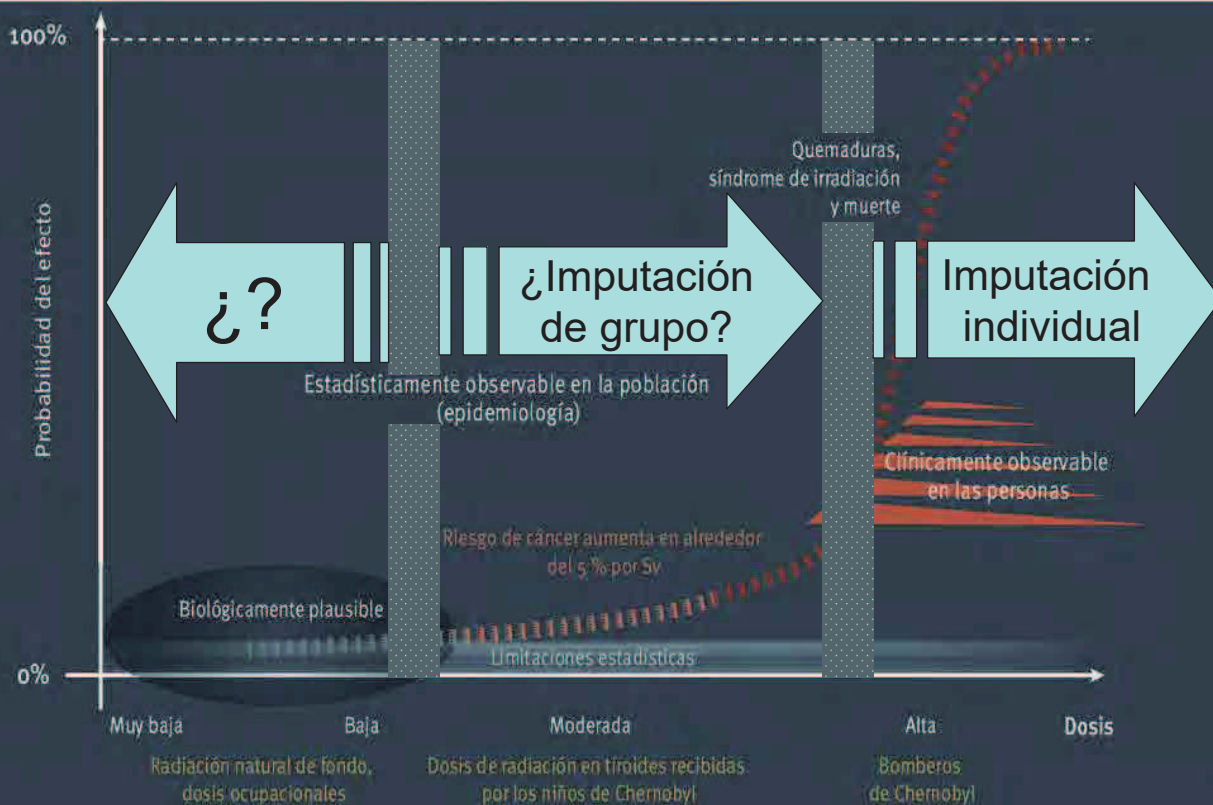
**....pero....**

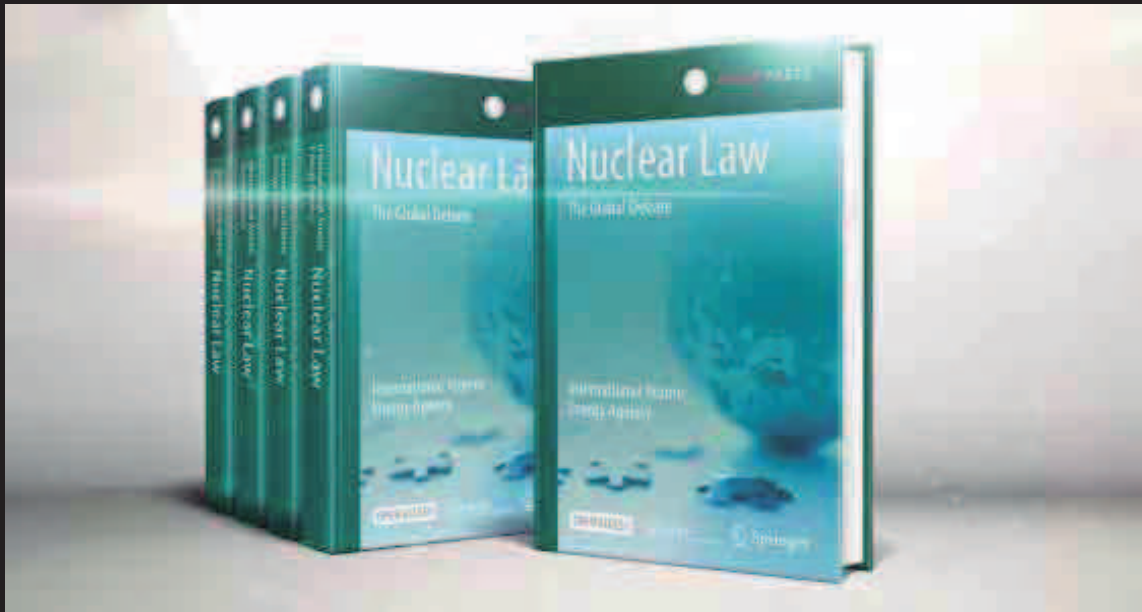
**...conceptualmente...**

**5%/Sievert  $\neq$  0.005%/milliSievert**

256

## Relación entre las dosis de radiación y los efectos en la salud





**Libro del OIEA con motivo de la Primera Conferencia Internacional sobre Derecho Nuclear (ICNL) 2022.**

## **Chapter 7**

# **Legal Imputation of Radiation Harm to Radiation Exposure Situations**

**Abel Julio González**

**¡Ayudar a resolver globalmente el  
enigma legal de la imputación de  
daños después de situaciones de  
exposición a bajas dosis de radiación  
es un desafío para el nuestra  
profesión!**

261

**EPÍLOGO**

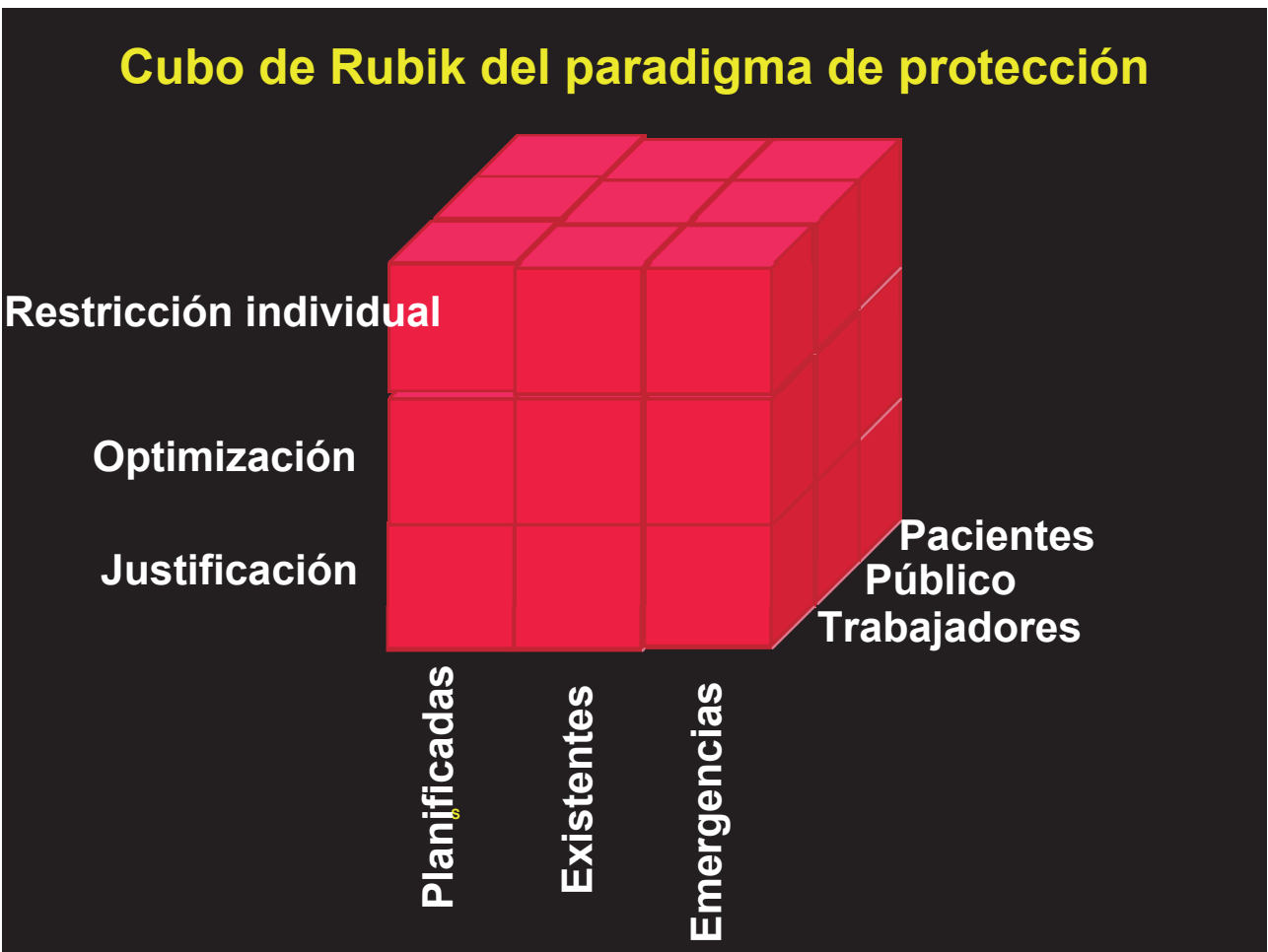
**Refinar el paradigma para que pueda lidiar de  
manera racional con  
la radiación natural  
y  
con las exposiciones de  
bajas dosis y bajas tasas de dosis,  
particularmente con sus implicaciones legales  
es nuestro mayor desafío para el futuro**

**¿Cuál es entonces el necesario consenso  
científico sobre los efectos de las radiaciones  
ionizantes?**

**¿Cuál es el UNSCEAR de las no ionizantes?**

**¿Cómo construir un paradigma  
universalmente aceptado si no existe una  
ciencia consensuada internacionalmente que  
lo respalde?**



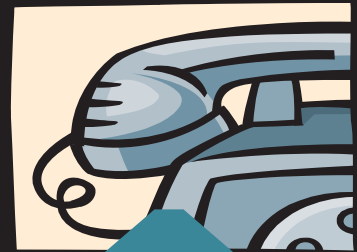


**¿Cuál es el cubo de Rubik  
que define el paradigma para las  
radiaciones no-ionizantes?**

**¿Cuál es el sistema  
internacional e  
intergubernamental de normas  
y obligaciones para las  
radiaciones no-ionizantes?**

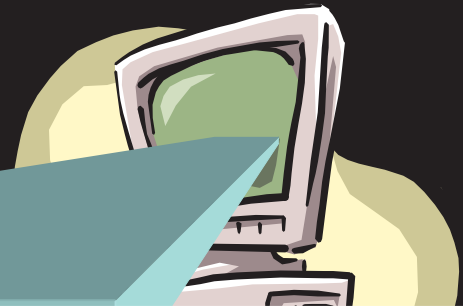


Av. del Libertador 8250  
Buenos Aires  
Argentina



+541163231757/8

*¡Muchas gracias por  
vuestra atención y  
vuestra paciencia!*



# Desafío

**Problemas con las  
magnitudes y unidades  
que se utilizan en  
protección radiológica**

# Una lección derivada del accidente de Fukushima

- Las magnitudes y unidades utilizadas en el paradigma causaron una gran confusión y problemas de comunicación.....

.....incluyendo:

Las diferencias entre las magnitudes no se comprenden bien, incluso por audiencias de alto nivel educativo;

Por ejemplo, diferencias entre:

dosis absorbida,

dosis equivalente

equivalente de dosis

dosis efectiva

La distinción entre las magnitudes

**físicas**

de **protección** y

**operativas**

es aún más difícil de entender.

El uso de la misma unidad para diferentes magnitudes, sin especificar la magnitud, aumentó la confusión y los malentendidos.

Por ejemplo, el uso de la unidad **sievert** para

- **dosis equivalente** (incurrida por un órgano),
- **dosis efectiva** (contraída por el cuerpo), y
- **equivalente de dosis** (campo de radiación).

**¡No está claro por qué se necesitan tantas magnitudes diferentes para proteger a las personas contra la radiación!**

## **Conclusiones de Fukushima**

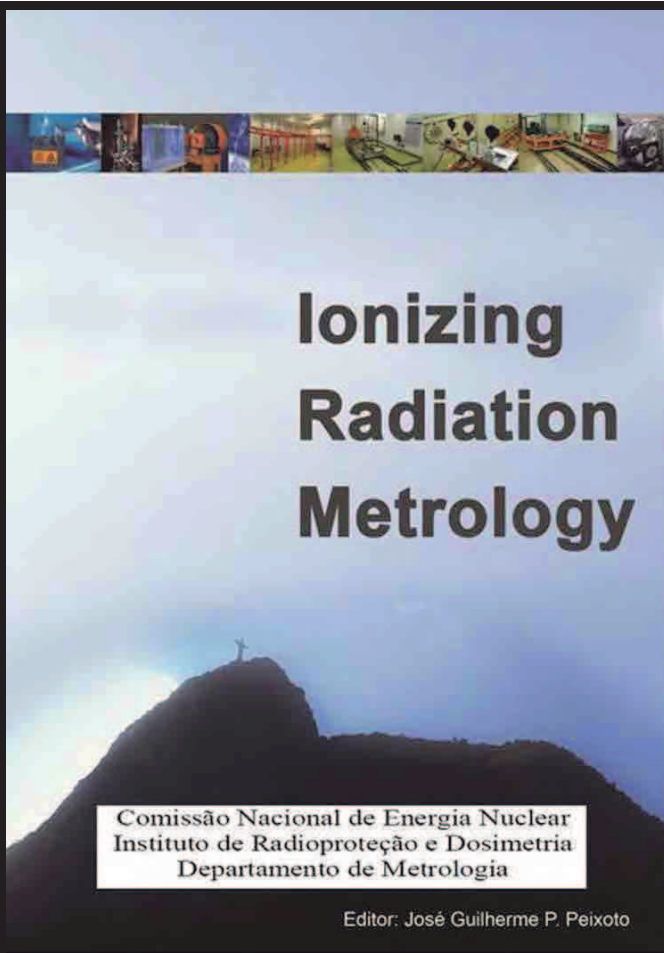
- **La comunidad de protección radiológica tiene el deber ético de aprender de las lecciones de Fukushima y resolver los desafíos identificados.**
- **Antes de que ocurra otro accidente mayor: ¡Deben resolverse las confusiones sobre el sistema internacional de magnitudes y unidades!**

**Crítica  
(año 2014)**

**CBMRI**

**Primeiro Congresso  
Brasileiro de Metrologia da  
Radiação Ionizante**

Rio de Janeiro, Brazil, 23-25 November 2014.



## **Chapter V**

# **Radiation Protection Quantities and Units: Desirable Improvements**

**Abel Julio González**  
**Carlos Eduardo Veloso de Almeida**  
**Francisco Spano**



# Nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP

## Nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP

- Las nuevas recomendaciones de ICRU + ICRP se deben incorporar al paradigma.

... pero ...

**¡pueden ser necesarios otros cambios!**

- Incluyendo una mejor distinción entre
  - magnitudes intensivas (por ejemplo, dosis) y
  - magnitudes extensivas (por ejemplo, dosis colectiva)

## El problema epistemológico fundamental :

¿Debe utilizarse la misma magnitud y unidad (sin ninguna condición) para:

- calcular efectos atribuibles, e
- inferir riesgos conjeturales?

Dosis absorbida



..real...

Factores de ponderación ,  $w_R$

Radiation type	Radiation weighting factor, $w_R$
Photons	1
Electrons <sup>a</sup> and muons	1
Protons and charged pions	2
Alpha particles, fission fragments, heavy ions	20
Neutrons	A continuous function of neutron energy

Dosis equivalente

nocional  
(construcción)

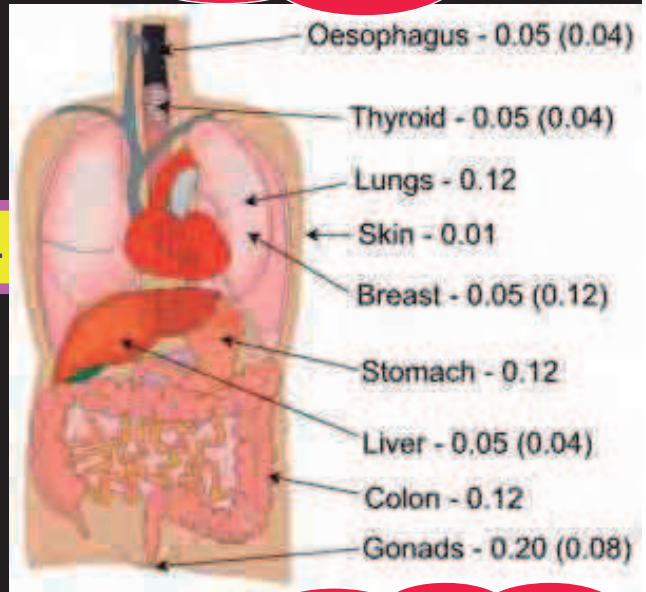
Dosis equivalente

...nocional...

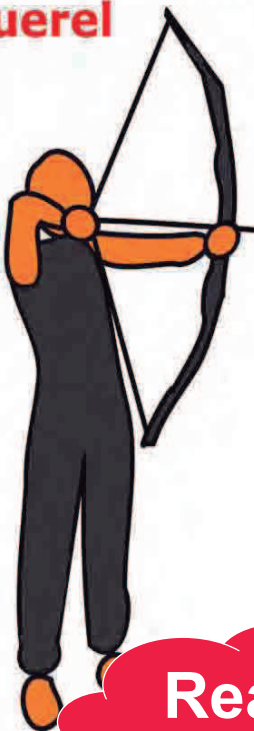
Factor de ponderación,  $w_T$

Dosis efectiva

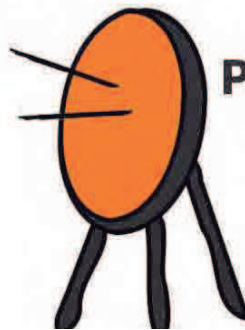
..conjetura!



Number of Shots:  
Becquerel



Number of Hits:  
Gray



Points: Sievert

Realidad

Conjetura

# Otros problemas epistemológicos con las magnitudes

## La gran duda epistemológica:

¿Deberían utilizarse las mismas  
magnitudes y unidades para cuantificar:

- efectos fácticos atribuibles en individuos,
- efectos fácticos atribuibles en cohortes
- riesgos conjeturales inferidos?

**¿Es correcto utilizar las mismas magnitudes y unidades para estas tres situaciones legales tan distintas?**

289

**¿Debería utilizarse la misma familia de “magnitudes y unidades” (sin ninguna condición) como:**

- **magnitudes intensivas, y**
- **magnitudes extensivas?**

**(Esto no sucede en otras áreas de la física)**

# Magnitudes intensivas

- Una magnitud intensiva es una magnitud física cuyo valor no depende de la cantidad de sustancia para la que se mide.

(Por ejemplo, la magnitud *temperatura*)

¡La *dosis individual* es una magnitud intensiva!

# Magnitudes extensivas

- Una *magnitud extensiva* es una magnitud física cuyo valor es proporcional al tamaño del sistema que describe.

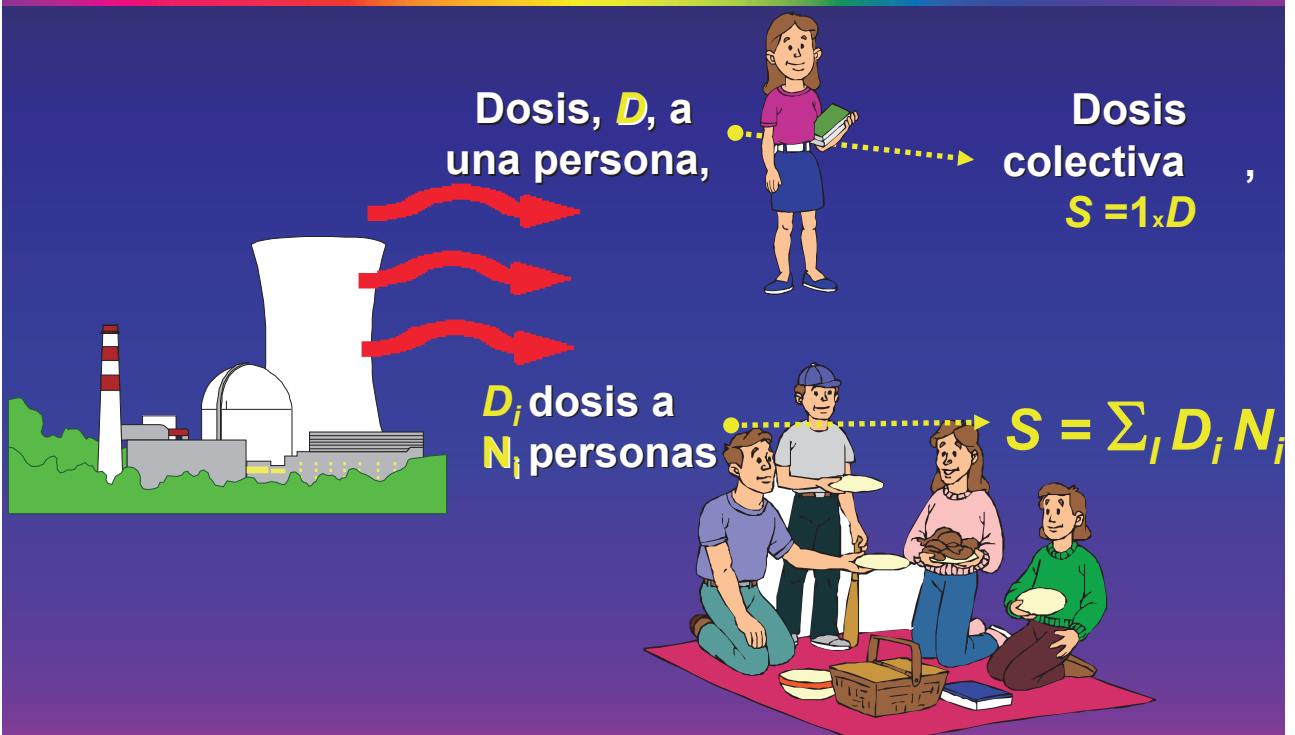
(Por ejemp., la *energía* es una *magnitud extensiva*)

¡La *dosis colectiva* es una *magnitud extensiva* !

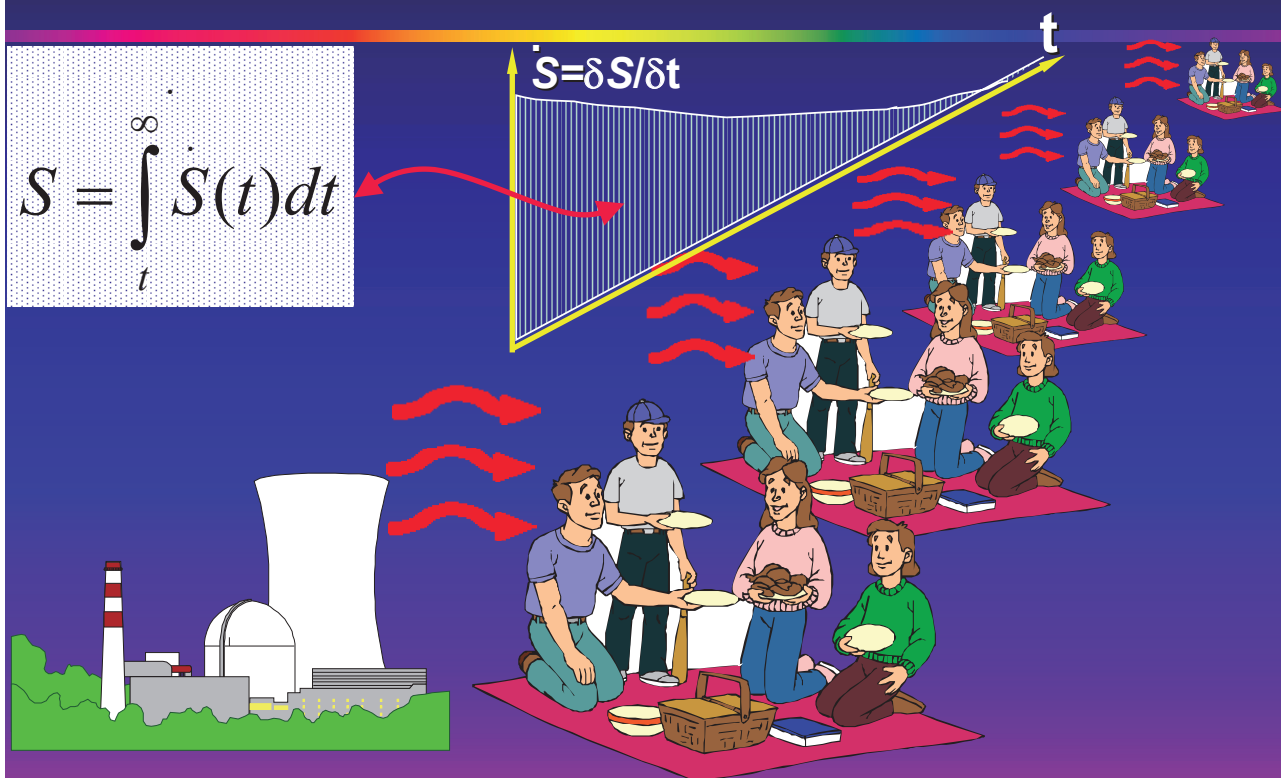
¿Es epistemológicamente correcto utilizar la magnitud *dosis* tanto para *dosis individuales* como para *dosis colectivas*?

293

## La dosis colectiva, $S$



# Dosis colectiva integrada en el tiempo





# Comparación entre la protección contra las radiaciones ionizantes y la protección contra las radiaciones no ionizantes: Dos universos diferentes

Touzet, R. and González, A.J.



# Comparación entre la protección contra las radiaciones ionizantes y la protección contra las radiaciones no ionizantes: Dos universos diferentes

Rodolfo TOUZET<sup>1</sup> y Abel Julio GONZÁLEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires (1429), Argentina

<sup>2</sup> Autoridad Regulatoria Nuclear, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires (C1429 BNP), Argentina

**Resumen:** El propósito de este artículo es analizar la dicotomía existente entre la protección contra las radiaciones ionizantes (RI) y la protección contra las radiaciones no ionizantes (RNI).

El sistema de seguridad internacional e intergubernamental para protección contra las RI es:

- aprobado globalmente;
- basado en un consenso científico aceptado internacionalmente, acordado por el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR) y endosado por la Asamblea General de las Naciones Unidas;
- cimentado sobre un paradigma de protección desarrollado a lo largo de los años por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) que es universalmente aceptado;
- implementado por un régimen intergubernamental de normas internacionales que son copatrocinadas por todos los organismos internacionales pertinentes y establecidas bajo la égida del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA);
- formalizado por obligaciones legal- o políticamente vinculantes contraídas por los Estados; y,
- provisto de disposiciones para aplicaciones prácticas apoyadas por todas las organizaciones internacionales relevantes.

Nada parecido se halla vigente para la protección contra las RNI. Existe una Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), creada por la Asociación Internacional de Protección contra las Radiaciones (IRPA) en 1992 pero, después de 30 años, su trabajo no reemplaza el esfuerzo combinado de UNSCEAR, ICRP y las agencias intergubernamentales para establecer un sistema de seguridad internacional e intergubernamental para protección contra las RNI.

La comunidad internacional requiere respuestas claras a preguntas tan básicas como las siguientes:

- ¿Cuál es la ciencia consensual respaldada internacionalmente sobre los efectos detrimentales de las RNI?
- ¿Cuál es la base ética del paradigma de protección y cuales son los principios de protección que se utilizan para RNI?
- ¿Cuál es el régimen intergubernamental de normas y obligaciones legalmente o políticamente vinculantes que ateste la seguridad del uso de RNI en los Estados?
- ¿Cuáles son las provisiones internacionales para la aplicación global de dichas normas y obligaciones?

El documento concluye que parece haber llegado el momento de cerrar la brecha entre la protección contra la RI y la protección contra la RNI. Las diferencias en los enfoques de protección entre RI y RNI van en contra de la ética fundacional de la profesión de la protección contra la radiación en general y del IRPA en particular. El interés de IRPA, sus sociedades constituyentes y sus miles de miembros profesionales, debería ser resolver la brecha entre los enfoques de protección entre la RI y la NIR.

**PALABRAS CLAVE (KEYWORDS):** *Radiación ionizante; Radiación no ionizante; Protección contra la radiación.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los profesionales de la protección radiológica agrupados en sociedades nacionales de radioprotección, y estas mismas sociedades, las que -debidamente asociadas- han constituido la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), parecen estar convencidos de los beneficios que otorga disponer de un sistema de seguridad radiológica internacional e intergubernamental. Esto es un sistema que sea:

- aprobado globalmente;

- basado en un consenso científico aceptado internacionalmente;
- cimentado sobre un paradigma de protección universalmente aceptado;
- implementado por un régimen intergubernamental de normas internacionales;
- formalizado por obligaciones legal- o políticamente vinculantes contraídas por los Estados; y,
- provisto de disposiciones para las aplicaciones prácticas de esas normas.

Pues bien, la protección contra la radiación ionizante (IR) puede mostrar con orgullo un sistema de este tipo. Desafortunadamente, este no es el caso de la protección contra la radiación no ionizante (RNI).

Siendo consciente de los desafíos presentados por la protección contra las RNI, IRPA creó muy tempranamente un Comité Internacional de Radiación No Ionizante y luego, en 1992, la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). Se suponía que la propia IRPA y sus sociedades constituyentes serían debidamente informadas y asesoradas por ICNIRP sobre la evolución de un sistema de protección para RNI. Pero esto no se materializó por varios motivos que serán explorados en este trabajo. Por las distintas razones, importantes diferencias en los enfoques de protección entre RI y RNI se hicieron manifiestas a lo largo del tiempo.

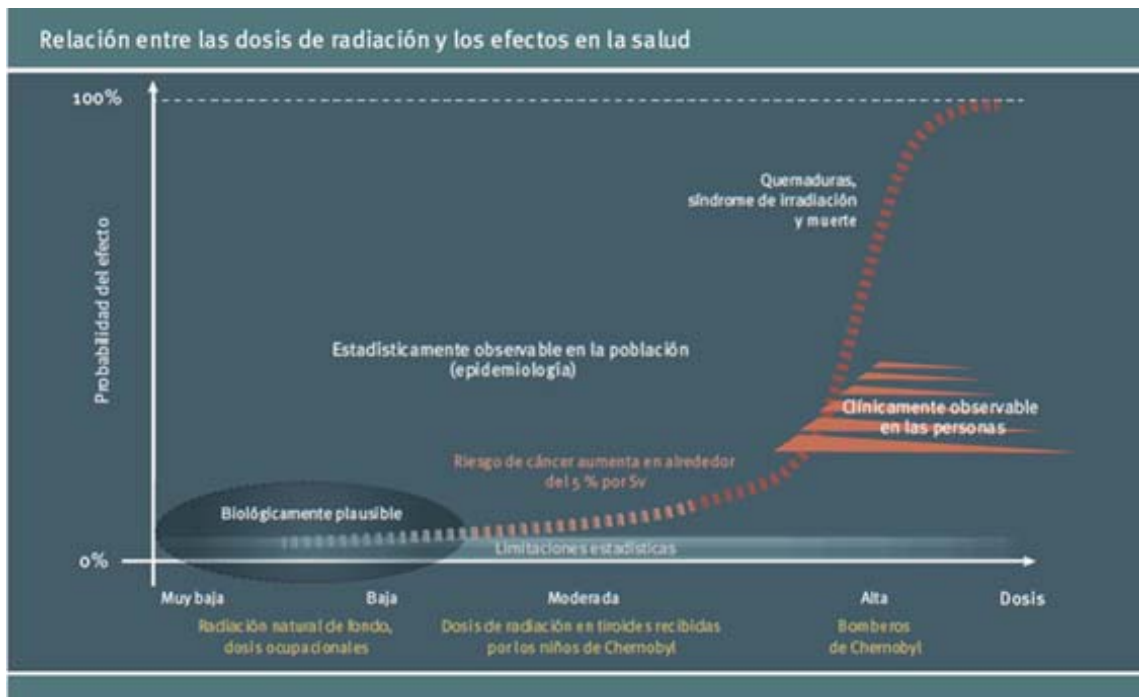
El propósito de este trabajo es explorar la dicotomía entre la protección contra la RI *vis-à-vis* la protección contra la RNI y fomentar la resolución de la brecha existente entre ambas. Esta exploración ya había sido hecha en el Congreso del IRPA 15 llevado a cabo en Seúl, Corea, en el 2021 y se repite aquí para el ámbito latinoamericano.

## **2. BASES CIENTÍFICAS DE LA PROTECCIÓN**

### **2.1. Radiación Ionizante**

Las bases científicas consensuadas para la protección contra las RI son proporcionadas por el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR). Esta organización señera fue establecida por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955. Si bien su nombre se refiere a la "radiación atómica" (es decir, da la impresión de que podía tratar tanto con RI como con RNI), su mandato, lamentablemente, fue limitado a evaluar e informar los niveles y efectos de la exposición a RI [1] Los gobiernos y organizaciones de todo el mundo descansan en las estimaciones y consensos de UNSCEAR como la base científica para establecer medidas de protección contra las RI.

UNSCEAR ha proporcionado estimaciones actualizadas sobre la atribución de efectos sobre la salud derivados de la exposición a RI y también sobre la inferencia de riesgos conjeturales asociados con la exposición a las RI [2]. La Asamblea General de las Naciones Unidas ha recibido con aprecio unánime el informe científico del UNSCEAR sobre este tema [3]. Las estimaciones del UNSCEAR han sido resumidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) [4] y condensadas en una relación simplificada de la respuesta a una exposición a RI en términos de probabilidad de efectos y el nivel de exposición, la que se presenta en la Figura 1.



**Figura 1: Relación exposición-respuesta de RI simplificada**

La relación exposición-respuesta de la RI de la Figura 1 presenta tres zonas claramente diferenciadas (marcadas con óvalos en la figura), como sigue:

- niveles de exposición para los que los efectos son clínicamente observables en individuos expuestos;
- niveles de exposición para los que los efectos no son clínicamente observables en individuos expuestos, pero son epidemiológicamente observables en cohortes de poblaciones expuestas; y,
- niveles de exposición donde los efectos no son observables, ni individualmente ni colectivamente, pero son biológicamente plausibles.

Es importante subrayar esta diferenciación, porque el paradigma de protección contra las RI se basa en proteger aún las personas expuestas a conjeturas de inferencia de riesgos sobre efectos que se consideran biológicamente plausibles pero que no son observables.

## 2.2. Radiación no-ionizante

No existe un proceso similar al de las RI que permita lograr un consenso científico internacional sobre los efectos de RNI. No existe una organización intergubernamental internacional similar al UNSCEAR que alcance una aquiescencia tan necesaria al más alto nivel gubernamental.

El ICNIRP ha tratado de jugar el papel de UNSCEAR pero para las RNI. Pero el ICNIRP no es una organización intergubernamental como el UNSCEAR y su nivel jerárquico no es comparable al de UNSCEAR. Y debe destacarse que es difícil de lograr una ciencia consensual sobre las radiaciones e general que sea reconocida internacionalmente, es decir no solo por la comunidad científica sino también por los Estados. Solo como ejemplo, se recuerda que ha habido divergencias entre el ICNIRP y instituciones científicas relevantes sobre el tema crucial de la plausibilidad biológica de los efectos cancerígenos después de la exposición a RNI.

El ICNIRP llegó a conclusiones que no siempre fueron aceptadas por otros organismos científicos nacionales prestigiosos [5]. Es que muchas otras instituciones prominentes han estado investigando la plausibilidad cancerígena de RI, incluyendo la prestigiosa Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), una agencia intergubernamental que forma parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y cuyo papel es realizar y coordinar la investigación sobre las causas del cáncer [6]. La bibliografía sobre la plausibilidad de los efectos cancerígenos de RNI es amplia. Por ejemplo, se puede encontrar una compilación sustantiva en los documentos de Criterios de Salud Ambiental de la OMS que brindan revisiones críticas internacionales sobre los efectos de RNI en la salud humana y el medio ambiente. Además, expertos del IARC hicieron presentaciones [14] [15] donde se analizan centenares de trabajos científicos aplicando los criterios para proporcionar pruebas epidemiológicas de una relación causal entre una presunta causa y un efecto observado [16] los que concluyeron que, con un alto grado de certeza científica, la causa del aumento de la mortalidad por tumores cerebrales, que ha sido observada en diferentes países que cuentan con estadísticas epidemiológicas, es efectivamente la exposición del cerebro a RNI.

Sin embargo, a pesar de la gran disponibilidad de información que analiza la plausibilidad biológica de que la exposición a RNI sea cancerígena, parece que aún no existe un consenso internacional e intergubernamental para atribuir efectos inequívocamente perjudiciales para la salud a la exposición a RNI. Esto requerirá no solo de estudios epidemiológicos más amplios y bien diseñados de poblaciones humanas, además de los disponibles, sino además de un mecanismo institucional que permita arribar a un consenso adoptado y respetado en el ámbito internacional e intergubernamental.

En resumen, no existe un consenso internacional e intergubernamental sobre los efectos detrimentales de las RNI y, lo que es peor, no existe un organismo similar a UNSCEAR construyendo tal consenso.

Esta situación conlleva a una pregunta básica sin respuesta: ¿Cómo construir un paradigma de protección universalmente aceptado para las RNI si no hay una ciencia consensuada internacional- e intergubernamentalmente que lo sustente?

### **3. PARADIGMA DE PROTECCIÓN**

#### **3.1. Radiación Ionizante**

El paradigma universal que rige la protección contra RI ha sido desarrollado a lo largo de casi un siglo por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la que recomienda su utilización. La ICRP es una organización benéfica sin fines de lucro registrada en la Comisión de Organizaciones de Caridad de Inglaterra y Gales. Fue establecida en 1928 en el segundo Congreso Internacional de Radiología para responder a las crecientes preocupaciones sobre los efectos de la RI que se observaban en la comunidad de radiólogos. Desde entonces elaboro un paradigma de protección contra las RI que se utiliza en todo el mundo

La ICRP se presenta a sí misma como una organización internacional independiente que promueve la ciencia de la protección contra las RI para el beneficio público, en particular brindando recomendaciones y orientación sobre todos los aspectos de la protección contra las RI.

El paradigma recomendado por la ICRP se ha construido a lo largo de los años sobre la base de doctrinas éticas sólidas y valores fundamentales consecuentes a esas doctrinas, lo que ha dado como resultado las recomendaciones de la ICRP (las últimas fueron emitidas en el año 2007 [7]).

Las doctrinas éticas básicas que dan base al paradigma ICRP han sido discutidas en la literatura [8]. Comprenden doctrinas éticas orientadas al individuo y doctrinas éticas orientadas a la sociedad, a saber:

- Las éticas orientadas al individuo incluyen:
  - la *ética deontológica*, basada en el deber, la responsabilidad y la obligación hacia los individuos (bajo el epígrafe *no hagas a los demás lo que no deben hacerte a ti*), de la que se deriva el principio de limitación (o restricción) de las exposiciones individuales a las RI; y,
  - y la *ética arête* (ἀρετή), basada en la virtud y el bien (bajo el epígrafe *haz el bien a los demás aunque no sea devuelto*). de la que se deriva el principio de *protección futura* contra las RI, es decir la protección de individuos de las generaciones futuras y de su medio ambiente (este principio está integrado en los principios de la ICRP; no obstante, las organizaciones intergubernamentales internacionales lo reconocen como un principio aparte).
- Las éticas orientadas a la sociedad incluyen:
  - la *ética teleológica*, basada en la consecuencia y el resultado (bajo el epígrafe *los fines justifican los medios*), de la que se deriva el principio de la *justificación* de decisiones que involucran cambios en la exposición a RI; y,
  - la *ética utilitaria*, basada en la utilidad y la eficacia (bajo el epígrafe *hacer el mayor bien para el mayor número de personas*). de la que se deriva el principio de la *optimización de la protección* contra las RI.

La ICRP ha utilizado un equilibrio adecuado de estas doctrinas éticas de alguna manera dispares para formular los principios del paradigma de protección de RI. Sobre estas bases éticas se han construido los principios básicos de justificación, optimización y limitación sobre los que se basa el paradigma de la protección contra RI [7].

Los fundamentos éticos del paradigma RI se han traducido en los valores fundamentales del sistema de protección RI. Estos han sido informados por la ICRP [9] e incluyen los siguientes:

- *beneficencia y no maleficencia*, que evita efectos nocivos para los seres humanos y el medio ambiente;
- *prudencia*, que permite tener en cuenta las incertidumbres;
- *justicia*, que garantiza la equidad social y la equidad en las decisiones; y,
- *dignidad*, que considera el respeto que se debe tener por las personas.

Finalmente, debe recordarse que el paradigma ICRP analiza separadamente los distintos tipos de situaciones que dan lugar a la exposición a RI, es decir

- situaciones existentes,
  - situaciones planeadas y
  - situaciones emergencia,
- y el tipo de exposición, a saber:
- ocupacional,
  - pública y
  - médica.

En resumen el paradigma de protección contra las RI es un sofisticado sistema cimentado en doctrinas éticas universales, el que ha sido desarrollado a lo largo de muchos años y cuenta con un consenso universal. Se lo ha resumido simplíficadamente con el cubo de Rubik presentado en la Figura 2,

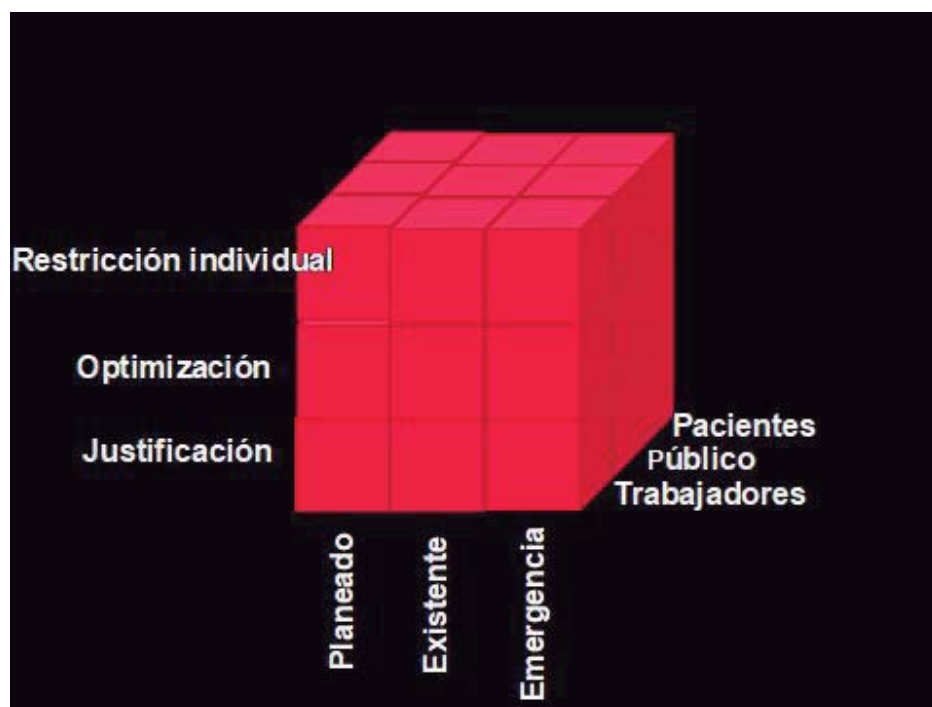


Figura 2: Resumen del paradigma de la protección contra las RI

### 3.2 Radiaciones no ionizantes

No existe un paradigma claro para las RNI que sea conocido universalmente. Sin embargo, la principal función prevista por IRPA para ICNIRP parece haber sido desarrollar y recomendar un paradigma de protección para la protección contra RNI. Es posible que la idea haya sido acomodar, *mutatis mutandi*, a la RNI, el paradigma construido a lo largo de los años por ICRP para la protección contra RI. No quedó claro, sin embargo, sobre qué bases éticas se construiría el paradigma de protección RNI. Como resultado, no está claro cuáles deberían ser los principios de protección de ese paradigma.

Después de varios cuestionamientos, hace relativamente poco tiempo, casi seis lustros después de su constitución, la ICNIRP emitió una '*Declaración de la ICNIRP sobre los principios para la protección contra las radiaciones no ionizantes*' (Principios ICNIRP-2020)[10]. En estos principios se declara que los principios generales para la protección RNI se basan en los principios bien establecidos por la ICRP (en 2007) y los valores éticos subyacentes publicados por ICRP.

Sin embargo, los Principios ICNIRP-2020 poseen ciertas características novedosas que nos satisface destacar:

- Fueron revisados por expertos del ICRP, el IRPA, el UNSCEAR, la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), lo que establece una gran diferencia con documentos anteriores del ICNIRP, los que no habían sido sujetos a una revisión de pares.
- Implícitamente propone establecer un marco único de protección para todo el espectro de radiaciones, es decir para RI y RNI ionizantes.
- Establece el concepto de dosis, reconociendo que el daño depende del producto de la intensidad y la duración de la exposición, que se debe medir y controlar.



- d) Recomienda trabajar sobre bases científicas sólidas que no se fundamenten en un estudio sino en el conjunto de la información científica aplicando los criterios para proporcionar pruebas epidemiológicas de una relación causal entre una presunta causa y un efecto observado [16] , para determinar la probabilidad de causalidad.
- e) Recomienda aplicar los principios de protección establecidos en el paradigma de protección de las RI, aun en el caso en que subsista alguna duda sobre los efectos producidos por la exposición a la RNI.
- f) Reconoce el principio de precaución que gobierna al paradigma de protección contra las RI, indicando que el proceso de protección incluye la toma de decisiones informadas incluso si no se dispone de un conocimiento completo sobre los riesgos asociados con la exposición

Esta declaración de la ICNIRP fue muy bien acogida, porque por primera vez en muchos años se declaró un marco claro de principios para la protección contra RNI. Sin embargo, no está claro cómo se implementará adecuadamente en la práctica. Por ejemplo:

- Para el principio de justificación, tanto la ICRP como la ICNIRP establecen que cualquier decisión que altere la situación de exposición a la radiación debería hacer más bien que mal, el que ha sido ajeno al uso indiscriminado de RNI.
- Para el principio de optimización, mientras que la ICRP apunta a la mejor protección bajo las circunstancias prevalecientes, la ICNIRP declara que cuando las restricciones de exposición establecidas por la ICNIRP están muy por debajo de los niveles de umbral para los efectos adversos para la salud [?], una mayor reducción en los valores límite no genera beneficios adicionales para la salud y, por lo tanto, no es necesaria la optimización [!].
- Para el principio de limitación, mientras que la ICRP recomienda límites de exposición individual para restringir los riesgos inferidos de efectos estocásticos a bajas dosis, es decir, efectos que son biológicamente plausibles pero no necesariamente atribuibles, y que están muy por debajo de los umbrales para efectos deterministas y los límites epidemiológicos para detectar aumentos en la incidencia de efectos estocásticos, la ICNIRP: declara que la exposición se debe limitar por debajo del nivel con un riesgo aceptado de efectos adversos, o por debajo del nivel umbral de efectos adversos para la salud, cuando sea factible reducir la exposición por debajo de estos umbrales
- Para el principio de protección del futuro y el medio ambiente, que está implícitamente reconocido por la ICRP y establecido en los fundamentos de seguridad internacionales, mientras que la ICRP recomienda limitar la exposición comprometida, y controlar el compromiso futuro de exposición, en lugar de la exposición incurrida, parecería que estos no son los criterios en los principios de la ICNIRP. Mas aun el paradigma de la ICRP requiere explícitamente que el medio ambiente sea protegido para mantener la seguridad biológica, y la diversidad, y para garantizar la conservación de las especies y proteger la salud y el estado de los hábitats naturales, las comunidades y los ecosistemas, y no está claro cuál es la posición de la ICNIRP sobre estos temas cruciales de protección ambiental.

Parecería entonces que hay un desajuste entre las intenciones del paradigma ICRP y la comprensión de ICNIRP. .

## **4. REGIMEN NORMATIVO DE PROTECCIÓN**

### **4.1. Radiación Ionizante**

Durante más de medio siglo, el conjunto de organizaciones internacionales e intergubernamentales ha construido un régimen normativo muy completo sobre la seguridad de las actividades que involucran la exposición a RI. Fue iniciado y se desarrolla bajo la égida del OIEA y cuenta con el patrocinio conjunto de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), además del OIEA [11]. El régimen se sustenta en Principios Fundamentales de Seguridad [12] que incluyen:

- responsabilidad por la seguridad;
- rol del gobierno;
- liderazgo y gestión para la seguridad;
- justificación de acciones;
- optimización de la protección;
- limitación de riesgos para las personas;
- protección de las generaciones presentes y futuras;
- prevención de accidentes;
- preparación y respuesta ante emergencias; y,
- acciones de protección para reducir los riesgos de radiación existentes o no regulados.

Además de estos Principios Fundamentales de Seguridad, el sistema incluye una plétora de Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad, a saber:

- Los Requisitos de Seguridad son un conjunto integrado y coherente de documentos reglamentarios que establecen lo que se debe cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente frente a la radiación ionizante, tanto ahora como en el futuro. El requisito *primus inter pares* para la protección contra RI son las denominadas Normas Básicas de Seguridad [13]. Si no se cumplen los requisitos, se deben tomar medidas para alcanzar o restablecer el nivel de seguridad requerido. El formato y estilo de estos requisitos internacionales facilitan su uso para el establecimiento, de manera armonizada, de un marco regulatorio nacional.
- Las Guías de Seguridad brindan recomendaciones y orientaciones sobre cómo cumplir con los requisitos de seguridad, indicando un consenso internacional de que es necesario tomar las medidas recomendadas (o medidas alternativas equivalentes). Las guías de seguridad presentan buenas prácticas internacionales, y reflejan las mejores prácticas, para ayudar a los usuarios que se esfuerzan por lograr altos niveles de seguridad.

El corpus de fundamentos, requisitos y guías de seguridad comprende cientos de documentos que establecen estándares de seguridad precisos para la protección contra RI.

#### **4.2. Radiación no ionizante**

Nada equivalente o incluso similar al régimen internacional e intergubernamental de seguridad para las RI descrito existe para las RNI. El establecimiento de un régimen de seguridad internacional e intergubernamental de estándares y obligaciones para la protección contra RNI está más allá de la competencia legal de ICNIRP y ninguna organización intergubernamental ha tomado el desafío de desarrollarlo.

### **5. PROVISIONES PARA APLICAR EL REGIMEN DE PROTECCIÓN**

## 5.1. Radiación Ionizante

Existe un sistema para proveer a la aplicación de las normas y guías establecidas por el régimen internacional intergubernamental de seguridad, el que incluye, entre otros elementos:

- proporcionar asistencia técnica a los Estados solicitantes;
- fomentar el intercambio de información entre especialistas;
- promover la educación y la formación de los nuevos profesionales;
- coordinar la investigación y el desarrollo entre centros y laboratorios especializados; y por último, pero no menos importante,
- prestar servicios de evaluación para corroborar el cumplimiento de las normas internacionales

## 5.2. Radiación no ionizante

Para RNI no existe nada equivalente o incluso similar que el sistema de disposiciones para la aplicación de las normas para IR, salvo algunas iniciativas menores tales como el Taller Internacional RNI que se planeó en el marco de IRPA15 y tuvo que cancelarse.

## 6. CONCLUSIONES

La protección contra las RI y las RNI son responsabilidades de la comunidad profesional de la protección contra las radiaciones y está dentro del ámbito de competencia de IRPA. El sistema de protección contra RI precede a IRPA y fue adoptado de facto por el IRPA. A pesar de las buenas intenciones del IRPA de fomentar la creación de un sistema similar para las RNI, 30 años después de la constitución del ICNIRP, quedan varias preguntas fundamentales que merecen respuestas inequívocas.

Los años están pasando y muchos colegas podrían cuestionarse si estamos tratando la protección contra RNI con las mismas consideraciones éticas que hemos tratado con la protección de RI. Parece esencial que las sociedades nacionales de protección radiológica que constituyen la IRPA y su pléthora de profesionales de la protección radiológica, así como la propia IRPA, indaguen por respuestas incuestionables a preguntas tan básicas como las siguientes:

- ¿Cuál es la ciencia consensual respaldada internacionalmente sobre los efectos detrimentales de las RNI?
- ¿Cuál es la base ética del paradigma de protección y los principios de protección fácticos que se utilizan para RNI?
- ¿Cuál es el régimen intergubernamental de normas y obligaciones legalmente vinculantes que asegure la seguridad del uso de RNI por los Estados?
- ¿Cuáles son las disposiciones para la aplicación global de dichas normas?

¿Parece que ha llegado el momento de cerrar la brecha entre la protección contra RI y la protección contra RNI! La dicotomía entre los sistemas va en contra de las raíces fundamentales de la profesión de la protección contra las radiaciones en general y las del IRPA en particular. Está en el interés de IRPA, sus sociedades constituyentes y los miles de profesionales que forman IRPA, resolver esta brecha.

## 7. REFERENCIAS

[1] UNGA. Resolution 913 (X) [the UNSCEAR founding resolution], 3 December 1955.

- [2] UNSCEAR. Report of the UNSCEAR fifty-ninth session. UNGA. Annex A: Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks. New York; UN; 2015.
- [3] UNGA. Resolution 67/112, Effects of atomic radiation, adopted on 18 December 2012.
- [4] UNEP. Radiation: effects and sources. UNEP, Nairobi, 2016;
- [5] ICNIRP. ICNIRP Note: Critical Evaluation of Two Radiofrequency Electromagnetic Field Animal ... Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz)” - Health Phys 118(5):533-542; 2020
- [6] IARC. Non-ionizing radiation. Radiofrequency electromagnetic fields. IARC Lyon, France. 2011 ISBN 978 92 832 1325 3 (NLM Classification: W1).ISSN 1017-1606.
- [7] ICRP. The 2007 Recommendations of the ICRP, Publication 103, Elsevier, 2007.
- [8] González, A:J. Las bases éticas de los principios internacionales de la protección radiológica. Radioprotección, No.69, Volumen XIX, 2011.
- [9] ICRP. Ethical Foundations of the System of Radiological Protection. ICRP Pub. 138, 2018.
- [10] ICNIRP. ICNIRP Statement: Principles for Non-Ionizing Radiation Protection. Health Phys 118(5):477-482; 2020.
- [11] IAEA. The Agency's Health and Safety Measures, INFCIRC/18, IAEA, Vienna [1960] and INFCIRC/18/Rev. 1, IAEA, Vienna [1976].
- [12] Euratom, FAO, IAEA, ILO, IMO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO. Fundamental Safety Principles: Safety fundamentals. IAEA, Vienna, 2006.
- [13] IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards: General Safety Requirements. IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GRS Part 3.. IAEA, Vienna, 2011, STI/PUB/1531. ISBN 978-92-0-120910-8
- [14] Christopher J. Portier “Expert Report” on brain tumor risk from exposure to radio frequency (RF) radiation used in cellphone technology. Exhibit C. Murray et al. v. Motorola, Inc. et al. Superior Court for the District of Columbia. March 1, 2021. <https://drive.google.com/file/d/1we0YEJslrmQkr2qzSFnQyqdsTqXbqSd/view>
- [15] Michael Carlberg and Lennart Hardell, “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation”. BioMed Research International, Volume 2017, Article ID 9218486, 17 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2017/9218486> .
- [16] Hill, Austin Bradford (1965). «The Environment and Disease: Association or Causation?». Proceedings of the Royal Society of Medicine 58 (5): 295-300.