Jornada de I+D en seguridad nuclear y protección radiológica

6 de marzo de 2012

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

La I+D del CSN en el período 2008-2011. Plan de I+D 2012-2015
José Manuel Conde (Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento, CSN)

NEA Research Activities Related with the Fukushima Accident
Greg Lamarre (Nuclear Safety Division, Nuclear Energy Agency, OECD)

Proyectos de I+D recientes en relación con metodologías probabilistas de análisis de seguridad
Miguel Sánchez Perea (Jefe del Área de Modelación y Simulación, CSN)

Investigación experimental del comportamiento del combustible BWR irradiado en condiciones de almacenamiento y transporte
Miriam Lloret (Responsable de combustible gastado. Ingeniería del producto, ENUSA)

Radioprotectores de origen alimentario para pacientes y trabajadores en procedimientos médicos con radiaciones
José Miguel Soriano (Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Valencia)

Estudio de la problemática existente en la determinación del índice de actividad alfa total en aguas potables
Antonio Baeza (Director del Laboratorio de Radiactividad Ambiental, Universidad de Extremadura)

La I+D del CSN en el período 2008-2011. Plan de I+D 2012-2015

José Manel Conde

Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento, CSN

ÍNDICE

Datos generales 2008-2011

Actividades más destacadas

Borrador del plan de I+D 2012-2015

LA I+D DEL CSN 2008-2011
PLAN DE I+D 2012-2015

J.M. Conde
Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento
Consejo de Seguridad Nuclear

ÍNDICE DE CONTENIDOS

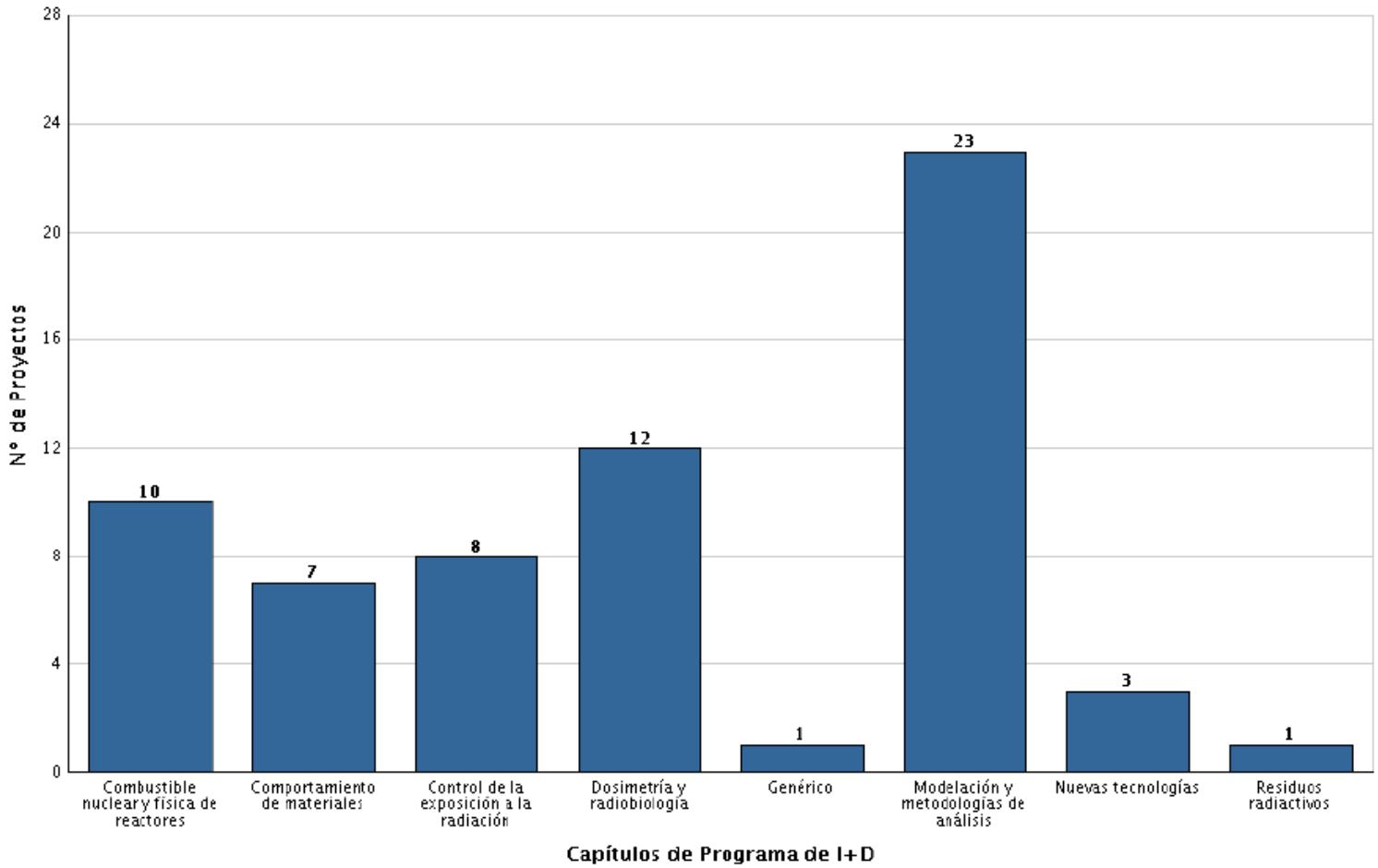
1. Datos generales 2008-2011
2. Actividades más destacadas
3. Borrador del plan de I+D 2012-2015

01 Datos numéricos 2008-2011

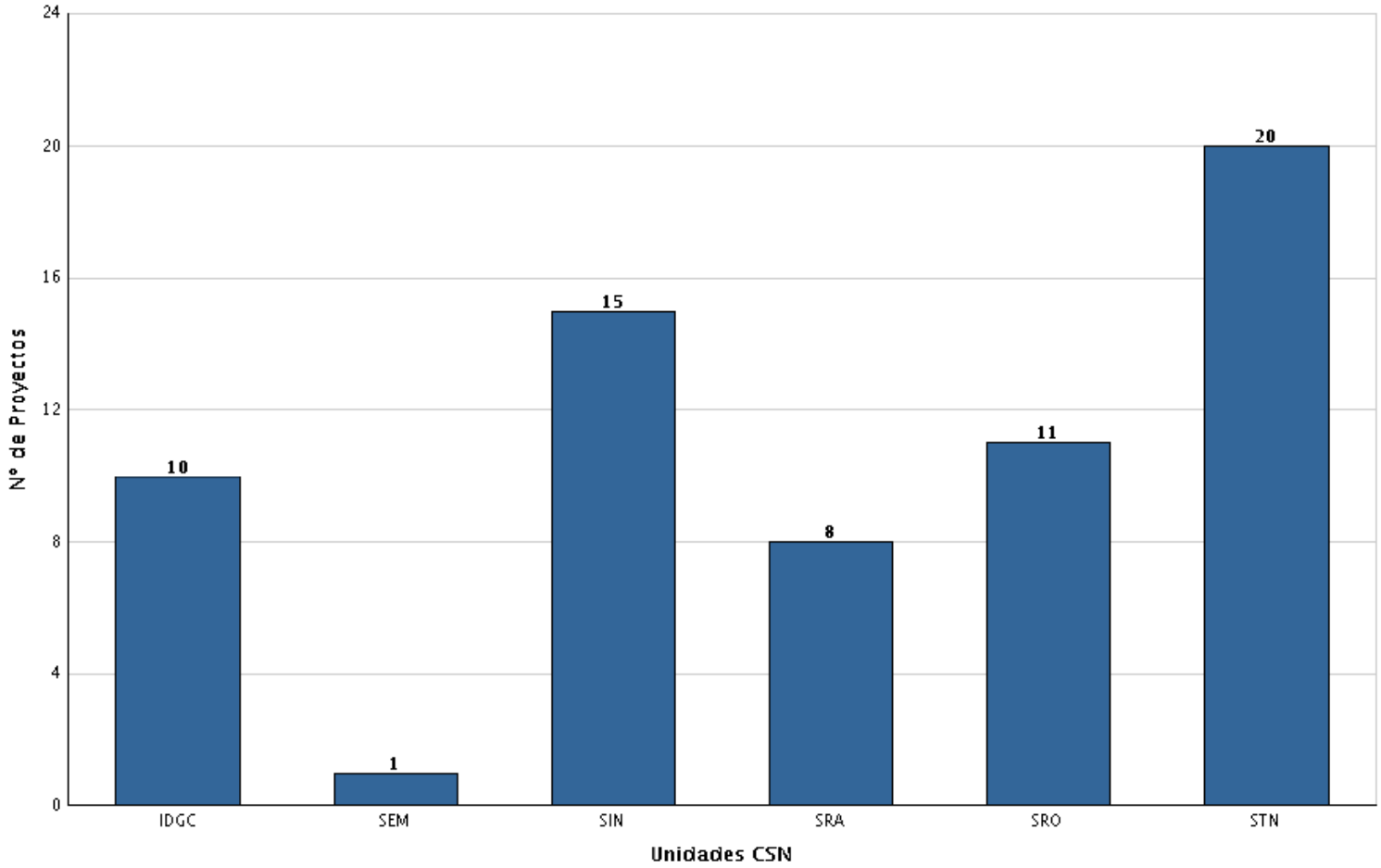
- Cartera de proyectos:
  - Proyectos de I+D iniciados: 56
  - Proyectos en vigor a comienzo del Plan: 33
  - Acuerdos generales de colaboración: 9
  - Total de acuerdos/subvenciones gestionados: 98
  - Proyectos de I+D en curso al finalizar el Plan: 45

- Distribución:
  - Líneas de mayor actividad:
    - Metodologías de análisis de seguridad
    - Dosimetría y radiobiología
    - Combustible nuclear y física de reactores

01 Distribución por programas



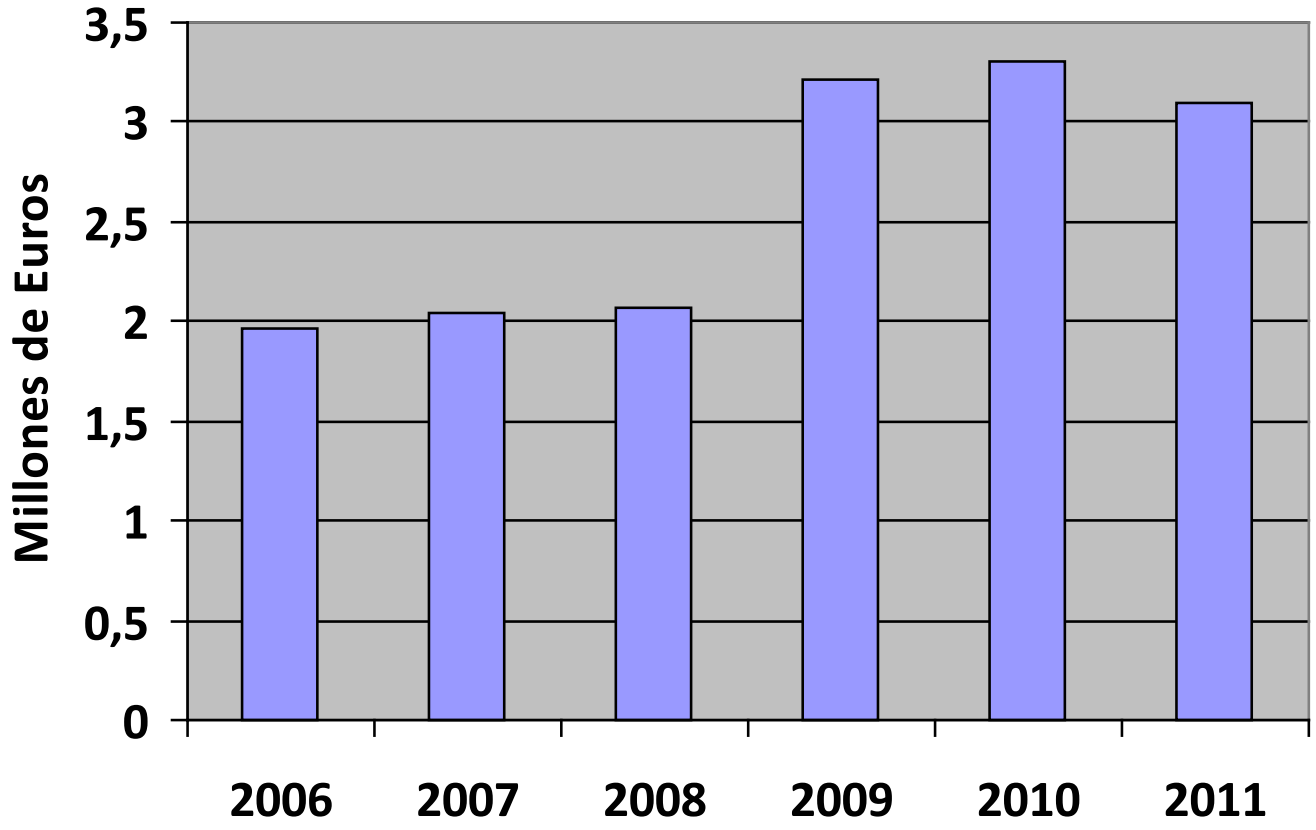
01 Distribución por unidades del CSN



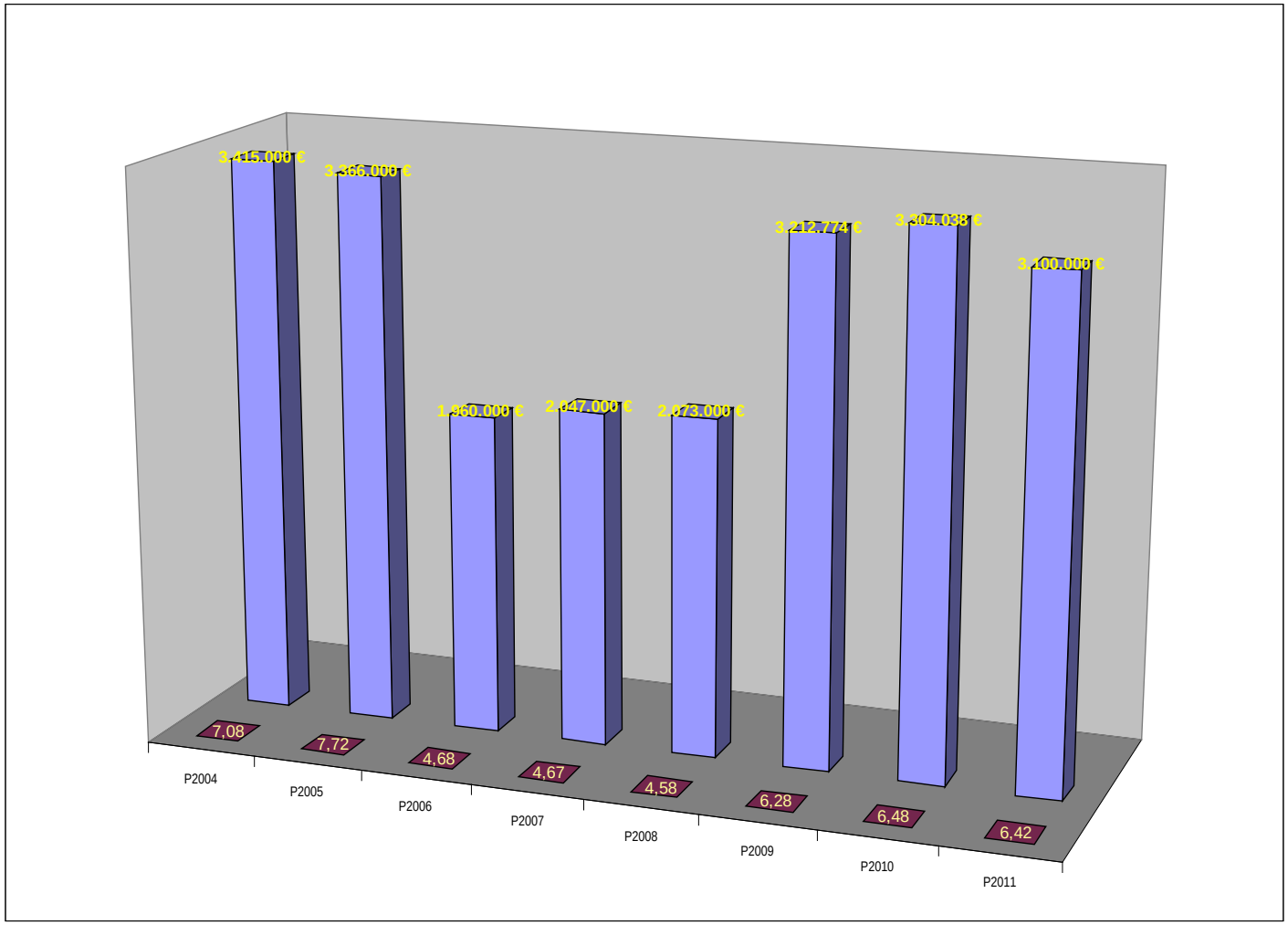
01 Datos numéricos 2008-2011

- Datos económicos básicos:
  - Fondos disponibles: 11.604.000 €
  - Grado de ejecución: 93% (10.800.000 €)
  - En 2011, los fondos para I+D han supuesto el 6,4% del presupuesto del CSN
  - Factor de multiplicación de la inversión superior a 4
- Colaboración con 31 organizaciones:
  - 14 Universidades
  - 11 organizaciones y empresas españolas públicas y privadas
  - 6 organizaciones internacionales o extranjeras

01 Evolución presupuestaria



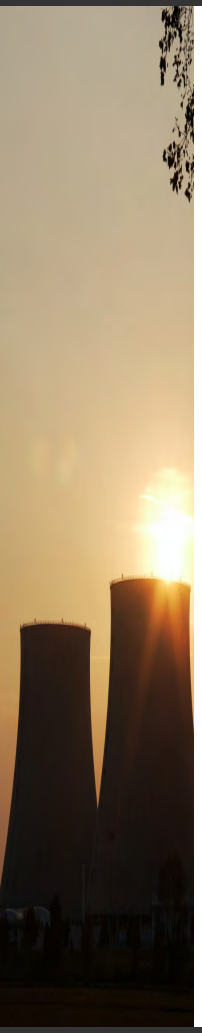
01 Evolución presupuestaria



02 Acuerdos generales

- UNESA:
  - Acuerdo marco que sustituye al antiguo PCI
  - Acuerdos de transferencia de información
- Acuerdos con la USNRC para la participación en los programas CAMP y CSARP
- Acuerdo con el IRSN para la transferencia del código SCANAIR
- Acuerdo con JAEA para transferencia de combustible
  - Colaboración con ENUSA para participar en el programa ALPS

02 Accidentes severos



- El CSN ha mantenido su actividad de I+D en este campo a lo largo del tiempo

- Proyectos y colaboraciones:
  - Acuerdo general de colaboración y apoyo técnico con CIEMAT
  - Acuerdo con Paul Scherrer Institute: ARTIST-2
  - Acuerdo con la NEA para la participación en el proyecto de combustible de Sandia
  - Acuerdo de colaboración con CIEMAT para contribuir a la matriz de validación de códigos de contención

02 Termohidráulica

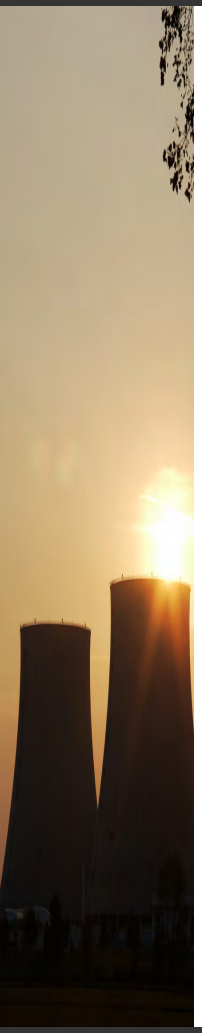
- Se ha mantenido la estructura de funcionamiento de periodos anteriores
  - Proyecto “CAMP-España”
- Actividades:
  - Participación en proyectos de investigación: programas PKL y ROSA
  - Proyectos de determinación de incertidumbres en análisis de seguridad realistas (BEMUSE, UAM)
  - Colaboración con grupos universitarios para analizar los resultados de los proyectos y su aplicabilidad a las plantas españolas

02 Combustible

- Comportamiento en caso de accidente:
  - Proyecto CABRI (NEA-IRSN)
  - Programa ALPS (JAEA)
  - Proyecto SCIP (NEA-Studsvik)
  - Proyecto Halden (NEA)

- Comportamiento en almacenamiento y transporte:
  - Fallo de la vaina irradiada por fluencia excesiva
  - Influencia del hidrógeno. Fragilización por hidruros. Desarrollo de modelos de fallo
  - Efectos del almacenamiento en seco a largo plazo

02 Materiales



- Proyectos en curso:
  - Estudio de los materiales de los internos del reactor de C.N. José Cabrera. Proyecto internacional liderado por EPRI
  - Corrosión bajo tensión del Inconel 690. Continuación de esfuerzos anteriores conjuntos con UNESA. Colaboración con Ciemat y ENSA
  - Participación en la base de datos de la NEA sobre sucesos de fallos de tubería y de corrosión bajo tensión

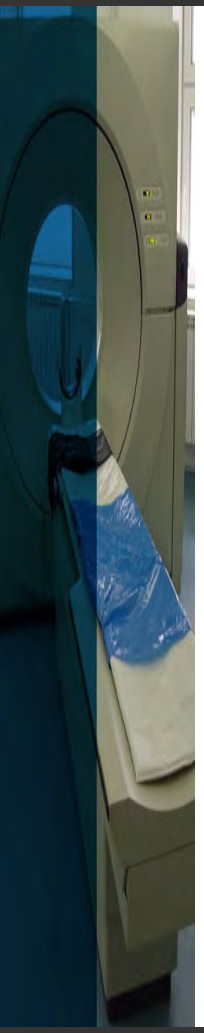
02 | MELODI

- Iniciativa para coordinar la investigación europea sobre efectos de bajas dosis
  - De interés para el CSN y para las organizaciones españolas que trabajan en el tema
  - El CSN ha promovido la participación española en MELODI a través del Instituto de Biología Molecular Severo Ochoa
  - Creación de una plataforma nacional con las organizaciones interesadas, coordinado por el Instituto con el apoyo del CSN, que sirve para diseminar la información que se genere y para establecer las posturas de interés común

02 Impacto radiológico ambiental

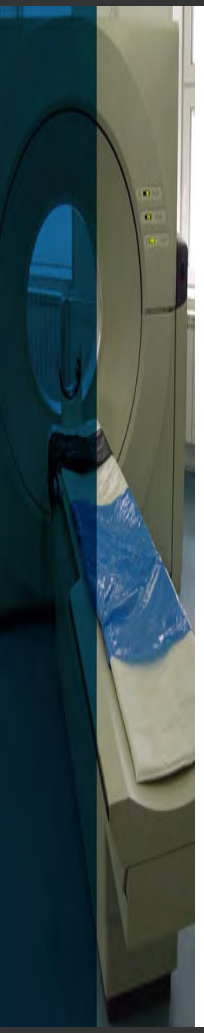
- Estudios sobre el radón:
  - Se han realizado 6 proyectos en diferentes zonas geográficas
- Industrias no radiológicas:
  - Materiales que contienen Torio, materiales de soldadura, centrales térmicas de carbón…
- Calidad radiológica de las aguas:
  - Determinación de la contaminación radiactiva y procesos de potabilización

02 Aspectos de gestión



- Auditoría interna de la Unidad
  - No conformidades y aspectos de mejora identificados
- Nuevo procedimiento de gestión del Plan de I+D
  - Cambios introducidos “de facto”
  - No conformidades
  - Recomendaciones de la Comisión de I+D
- Procesos informatizados:
  - Sistema de gestión de proyectos de I+D
  - Registro telemático

02 Conclusiones generales



- Aspectos técnicos
  - El contenido técnico del Plan ha resultado adecuado
  - La mayor parte de los objetivos se han cumplido, y los resultados obtenidos han sido los esperados
  - Actividad reducida en algunas líneas de trabajo
  - Es necesario avanzar en la valoración de los proyectos y en la puesta en valor de sus resultados

- Aspectos de gestión
  - Se han mejorado los procesos internos de gestión de acuerdos y subvenciones
  - Quedan aspectos concretos no abordados todavía

03 Plan de I+D 2012-2015

- Actualmente en fase de comentarios
  - Objetivo: aprobación dentro del primer trimestre de 2012
- Referencias utilizadas para el Plan:
  - Informe de análisis del desarrollo y resultados del Plan 2008-2011 (enero 2012)
  - Programas de I+D de otras organizaciones: USNRC, ETSON (Eurosafe), CSNI (NEA), OIEA, IRSN, USDOE
  - Actividades de I+D derivadas del accidente de Fukushima, todavía en fase definición en muchos organismos: CSNI, NEA, TEPCO, EPRI

03 Objetivos generales

- Permanecen esencialmente inalterados:
  - Contribuir a asegurar un alto nivel de seguridad nuclear y protección radiológica en las instalaciones nucleares y radiactivas existentes
  - Mejorar la vigilancia y el control de la exposición de los trabajadores y del público a las radiaciones ionizantes
  - Continuar avanzando en el desarrollo de la protección radiológica en las exposiciones medicas
  - Disponer, en el momento temporal oportuno, de los conocimientos y medios técnicos necesarios para apreciar los riesgos asociados a las instalaciones futura, así como al funcionamiento de las existentes en condiciones de operación modificadas

03 Programas

- Operación y gestión del combustible nuclear
- Comportamiento de materiales y gestión de vida
- Desarrollo de códigos y modelación
- Metodologías de análisis de seguridad
- Sucesos internos y externos
- Accidentes severos
- Residuos radiactivos
- Control de la exposición a la radiación
- Dosimetría y radiobiología
- Gestión de emergencias y análisis de incidentes

03 Colaboración con otras organizaciones

- Impulso a la realización de proyectos en cooperación con otras organizaciones

- Organizaciones nacionales
  - Ciemat. Extensión a otros temas
  - Universidades
  - ENUSA, Enresa, ENSA,...
  - UNESA, Tecnatom, EE.AA., SEA, Socoin,...

- Organizaciones internacionales
  - OCDE-NEA, USNRC, EPRI...
  - OIEA

03 Foros de I+D

- Plataformas tecnológicas:
  - CEIDEN: impulso a nuevas actividades y proyectos
  - MELODI
  - Otras plataformas de interés
- Foros de I+D:
  - Grupo mixto de I+D CSN-UNESA
  - CSNI de la NEA
  - Actividades del OIEA
  - Identificación de foros adicionales, particularmente de protección radiológica

03 Otros aspectos

- Convocatorias de concesión de subvenciones de alcance técnico limitado
- Valoración de los proyectos
  - Selección y priorización
  - Valoración y uso de los resultados
  - Definición de indicadores
- Comunicación y difusión de los resultados
  - Mejora de la difusión interna
  - Realización de jornadas sobre temas técnicos específicos
  - Uso extensivo de la web externa

NEA Research Activities Related with the Fukushima Accident

Greg Lamarre

Nuclear Safety Division, Nuclear Energy Agency, OECD

ÍNDICE

Brief Overview of NEA/CSNI

NEA Integrated Response Plan to the Fukushima Dai-ichi Accident

Areas of NEA Technical Study Being Considered in Response to Fukushima

Joint International Research Projects

NEA Safety Research Going Forward

Concluding Remarks

Consejo de Seguridad Nuclear

Research and Development Session

Madrid, 6 March 2012

OECD/NEA technical assessments and nuclear safety research

2012 and beyond

Greg Lamarre
Nuclear Safety Division
Nuclear Energy Agency

Outline

- Brief Overview of NEA/CSNI
- NEA Integrated Response Plan to the Fukushima Dai-ichi Accident
- Areas of NEA Technical Study Being Considered in Response to Fukushima
- Joint International Research Projects
- NEA Safety Research Going Forward
- Concluding Remarks

OECD/NEA Membership

- Australia
- Austria
- Belgium
- Canada
- Chile
- Czech Republic
- Denmark
- Estonia
- Finland
- France
- Germany
- Greece
- Hungary
- Iceland
- Ireland
- Israel
- Italy
- Japan
- Korea
- Luxembourg
- Mexico
- Netherlands
- New Zealand
- Norway
- Poland
- Portugal
- Slovak Republic
- Slovenia
- Spain
- Sweden
- Switzerland
- Turkey
- United Kingdom
- United States

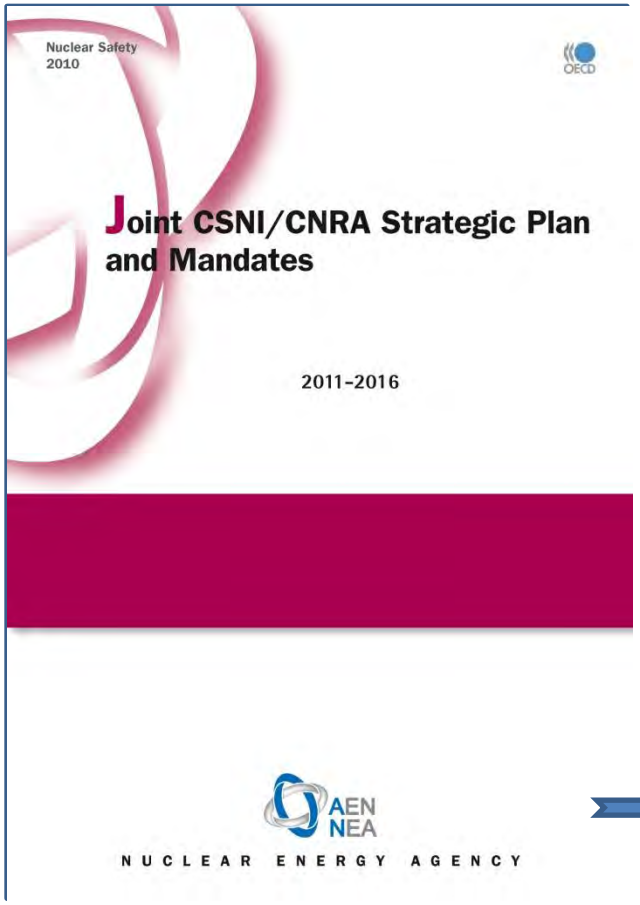
Not member of NEA

NEA Strategic Areas of Work

- 1. Nuclear safety and regulation :
  - CNRA (Committee on Nuclear Regulatory Activities)
  - **CSNI** (Committee on the Safety of Nuclear Installations)
  - **OECD/NEA Joint International Research Projects** (on Safety Research)
- 2. Radioactive waste management
- 3. Radiation protection and public health
- 4. Nuclear science
- 5. Economics, resources and technology
- 6. Legal affairs

CSNI/CNRA Joint Strategic Plan

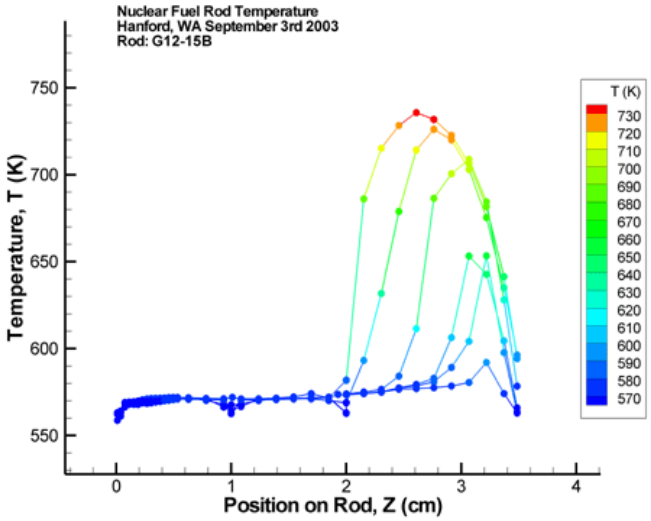
Main Challenges (2011 – 2016)



- Adequate Nuclear Skills and Infrastructure
- Effectiveness and Efficiency of Activities Related to Safety
- Safe Operation of Current Nuclear Facilities
- Safety in New Nuclear Facilities
- Safety in Advanced Reactor Designs

Plus Additional Challenges and Areas of Focus following Fukushima

Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI)



- Senior regulators, TSO and research leaders, some utility representation
- Maintaining, harmonizing and further developing the scientific and technical knowledge base required to assess and enhance the safety of nuclear reactors and fuel cycle facilities
- Main areas of work include:
  - Analysis and management of accidents
  - Integrity and ageing of components and structures
  - Risk assessment
  - Fuel safety
  - Safety of fuel cycle facilities
  - Human and organizational factors
  - Safety research projects and activities

Programme of Work within CSNI and its WGs

Baseline CSNI Programme of Work

- Risk Analysis Studies
- Fuel Safety Assessments
- Fuel Cycle Facility Safety Reviews
- Human and Organizational Performance Evaluations
- Accident Analysis Technical Studies (T-H, SA)
- Integrity of Structures and Ageing of Components Assessments
- Other

CSNI Follow-up Issues from Fukushima Dai-ichi Accident

- Probabilistic and Deterministic Assessments of Accident Initiating Sequences and Phenomena
- Plant Robustness and Defence-in-Depth Reviews (containment, hydrogen mitigation strategies, electrical systems, other)
- Studies of human and organizational performance under extended SA conditions
- Accident progression modeling comparative studies
- Off-site emergency preparedness

FULLY INTEGRATED PROGRAMME OF WORK

NEA Integrated Response to Fukushima Accident Cont'd

- Soon after accident CNRA Senior Task Group Fukushima established - group coordinates integrated NEA response
- CSNI, CNRA and CRPPH developed a cross-functional integrated process to support the development of new tasks and management of the program supporting post-Fukushima response
- Importance of maintaining strong links with IAEA (Fukushima Action Plan), EC and national bodies to ensure no overlap or duplication
- NEA to focus its Fukushima response actions on discrete shorter term products to assist TSOs, regulators in member countries

NEA Integrated Response to Fukushima Accident

- In immediate aftermath of accident, CSNI developed a Concept Paper on "Considerations and Approaches for Post-Fukushima Dai-ichi Follow-up Activities"
  - Provided initial technical opinions along the following topical lines:
    - External and Internal Hazards Assessments
    - Plant Robustness and Defence-in-Depth Evaluations
    - Review of Safety Management Approaches
    - Assessment of Emergency Preparedness Methods and Approaches
    - Research Needed to Close Technical Knowledge Gaps (e.g., severe accident progression phenomenon, modeling of human behaviour under SA conditions, etc.)

New Technical Studies Being Considered

Ref. NEA Integrated Fukushima Safety Enhancements Programme

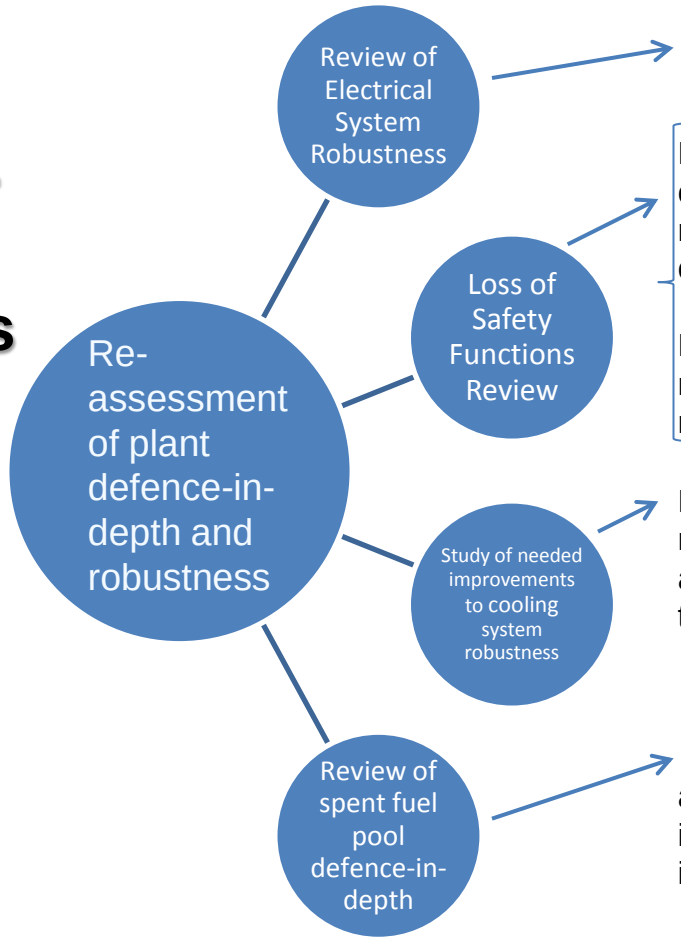
Improvements in the Characterization of Internal and External Hazards

Review of current methodologies for assessing risk due to postulated internal and/or external initiating events	• Cliff edge effects • Coupled initiating events • Multi-unit scenarios • Deterministic/probabilistic approaches
Review technical assessments of earthquakes, fires, floods, and other extreme environmental conditions	• Propose enhanced methods for properly characterizing the risk of external hazards
Review of effectiveness of the use of operating experience regarding internal and/or external initiating events	• Identify precursor events from available databases • Carry out a detailed analyses of some of these • Identification of new insights and commendable practices • Identification of improvements to the implementation of OP EX lessons learnt

New Technical Studies Being Considered

Ref. NEA Integrated Fukushima Safety Enhancements Programme

Plant Defence-in-Depth and Robustness



Review and propose enhancements to work of CSNI TG on Elec Sys DiD in light of lessons from Fukushima

Review how safety functions (core cooling, containment, spent fuel pool cooling) can be maintained and monitored in case of prolonged loss of power and in case of prolonged loss of heat sink

Review what measures and modifications are needed to maintain safety functions and their monitoring.

Review if there are new design provisions or other measures to withstand a prolonged loss of heat sink and what measures and modifications are needed to maintain safety functions and their monitoring

Review and assess the effectiveness of current approaches to sustained spent fuel cooling, including an appropriate application of the defence-in-depth principle

New Technical Studies Being Considered

Ref. NEA Integrated Fukushima Safety Enhancements Programme

Enhancements in Accident Analysis and Management

To gain a thorough understanding of the Fukushima accident progression

Performance of a blind simulation study using common boundary conditions

To improve knowledge in the area of fuel degradation in the spent fuel pools

Carry out a fundamental review of current knowledge in the phenomenology and conditions promoting fuel degradation in SFPs

Review of human performance and reliability under SA conditions

Assessment of current knowledge of HRA for actions under extreme conditions

Review of decision-making capabilities under very demanding situations

Study of procedural adequacy, resources, training for prolonged SA situations

Management of core melt situations

Review of containment venting approaches, hydrogen generation and management

Study of instrumentation survivability for core melt situations

Predictive capabilities of FP behaviour

New Technical Studies Being Considered

Ref. NEA Integrated Fukushima Safety Enhancements Programme

Enhancements to Off-Site Emergency Preparedness

Improvement of Off-Site Emergency Preparedness

- Knowledge sharing on core melt accident progression and source term analysis to improve modeling tools and off-site emergency procedures

Enhance International Decision Coordination

- Study how national governmental decisions could be better coordinated, how to coordinate these and with whom. Best practice review of effective international decision coordination approaches

Update NEA Short-Term Countermeasures Report

- Review report on national approaches and criteria for short-term countermeasures and propose enhancements

New Technical Studies Being Considered

Ref. NEA Integrated Fukushima Safety Enhancements Programme

Radiological Protection and Health Physics Studies

Assistance to members states in the collection of experience of national ER and recovery plans

Conduct of a practical review of the ICRP recommendations

Assessment of dispersion and dose estimation modeling

RP in Severe Accident Management

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(A) External initiating events	(A1) Risk assessment of external initiating events	Review and assess current methodologies for assessing the risk due to external initiating events (deterministic/probabilistic approaches, cliff-edge effects, coupled initiating events, multi-unit sites)	WGRISK
	(A2) Technical approaches for assessing earthquakes	Review and assess current approaches for the technical assessment of earthquakes in light of the earthquake that occurred in Japan	WGIAGE seismic subgroup
	(A3) Technical approaches for assessing external events other than earthquake	Review and assess current approaches for the technical assessment of: - floods (tsunami, storm, dam rupture…) - extreme climatic events (tornado, snow storm, frasil, etc.)	Possible new WGIAGE subgroup or a new dedicated task group
	(A4) Review of precursors for external initiating events	Review of the effectiveness of operating experience regarding external initiating events. Identify precursor event categories from the IRS database. A review of additional national events will be performed by the participating WGOE members. A few events will be selected for more detailed analyses, and identification of new insights and commendable practices, including descriptions of effective barriers that prevented the core melt. A secondary objective would be to identify improvements to implementing OE lessons learnt.	WGRISK WGOE

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(B) Internal hazards	(B1) Risk assessment of internal hazards	Review and assess current methodologies for assessing the risk due to internal hazards	WGRISK
	(B2) Technical approaches for assessing internal hazards	Review and discuss current approaches for the technical assessment of: - fire - explosion - internal flooding	Possible new WGIAGE subgroup or a new dedicated task group
	(B3) Review of precursors for internal hazards	Review of the effectiveness of operating experience regarding internal hazards. Identify precursor event categories from the IRS database. A review of additional national events will be performed by the participating WGOE members. A few events will be selected for more detailed analyses, and identification of new insights and commendable practices, including descriptions of effective barriers that prevented the core melt. A secondary objective would be to identify improvements to implementing OE lessons learnt.	WGRISK WGOE

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(C) Reassessment of defence-in-depth	(C1) Loss of safety functions	Review how safety functions (core cooling, containment integrity, spent fuel pool cooling and confinement) can be maintained and also monitored in case of prolonged loss of power supply (external and internal AC power as well as DC power) and in case of prolonged loss of heat sink. Review what measures and modifications are needed to maintain safety functions and their monitoring, what are the cliff edge phenomena that may significantly accelerate the transient progression or increase the consequences. Consider in that review the results of the post-Fukushima national reviews /stress tests	Possible new task group
	(C2) Robustness of electrical systems	Review and improve the work on defence-in-depth in electrical systems performed by the DIDELSYS task group in light of the Fukushima accident	New task group
	(C3) Robustness of cooling systems	Review if there are new design provisions or other measures to withstand a prolonged loss of heat sink and what measures and modifications are needed to maintain safety functions and their monitoring	Possible new task group
	(C4) Reassessment of defence-in-depth for the spent fuel pool	Review and assess the effectiveness of sustained spent fuel cooling, including an appropriate application of the defence-in-depth principle	Possible new task group

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(D) Accident management	(D1) Thorough understanding of the Fukushima accident progression	(a) Share and compare data on the actual progression of the accident as they become available, with the possible goal of establishing a common database (b) Carry out a benchmark computer modelling study of severe accident progression in the frame of the Fukushima Dai-ichi accident, starting with a common set of boundary conditions	WGAMA
	(D2) Management of core melt accidents	Review and assess knowledge as regards: - modelling capabilities of BWR systems - hydrogen generation and management - instrumentation for core melt accidents - qualification of structures and components to severe accident conditions - control room habitability - mitigation of core melt accident consequences (corium retention, etc.) - containment venting approaches - modeling capabilities for the estimation of FP releases (source term)	WGAMA
	(D3) Management of accidents involving fuel degradation in the spent fuel pool	Review and assess knowledge of the phenomenology and conditions promoting air oxidation of spent fuel	WGAMA
	(D4) Human and organizational performance under extreme conditions	Review and assess knowledge in the following areas: - modelling of human performance under extreme conditions (radiation, noise, light, flooding, etc.) - decision making capabilities under extremely demanding conditions - adequacy of procedures, resources, organizations and training for prolonged severe accident situations, including multi-unit aspects Review and assess knowledge of human reliability assessment (HRA) for human actions under extreme conditions.	WGHOF

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(E) Off-site emergency preparedness	(E1) Improvement of off-site emergency preparedness	Share knowledge on core melt accidents progression and source term evaluation to improve off-site emergency procedures and technical tools.	CSNI CRPPH
	(E2) International Decision Co-ordination	Share information to improve the collective understanding of how national governmental decisions could be better coordinated, including a discussion of what should be coordinated, who should be coordinating, and how should information be coordinated, all to best support national emergency management decisions relevant/of interest to other governments.	WPNEM
	(E3) Assess Government decisions and recommendations	Using the collection of governmental decisions and recommendations (GDR) collected and shared by the NEA during the Fukushima accident, the NEA Secretariat will develop a short assessment of the GDR for the WPNEM, not addressing the nature of national decisions, but rather looking for "patterns" in the decisions that were made, the types of decisions made, and the implications for co-ordination needs/mechanisms. This should assist the Decision Co-ordination work mentioned above.	WPNEM
	(E4) Update Short-Term Countermeasures Report	In 2003 the NEA published a report on national approaches and criteria for short-term countermeasures. The WPNEM will update this report using a short survey.	WPNEM

Post-Fukushima Technical Studies Overview

Topic	Issue	Activities	Possible Group(s) Involved
(F) Radiological Protection and Health Physics	(F1) National Emergency Response and Recovery Plans	To assist member countries in carrying out their self-assessments of their national emergency response and recovery plans in light of Fukushima. To assess the commonalities within these reports and extract and share lessons learned and best practices.	CRPPH/EGRPF
	(F2) Review of Current ICRP Recommendations	In light of the lessons of Fukushima and at an appropriate time, CRPPH/EGRPF would investigate possible recommendations for ICRP publication 111 (on recovery) to better understand its implementation in terms of national approaches.	CRPPH/EGRPF
	(F3) Assessment of Dispersion and Dose Estimation Modeling Techniques and Approaches	Evaluation of the current uses of radioactive dispersion and dose estimation modeling performed in light of the Fukushima accident with a view to sharing experiences and approaches.	CRPPH/ WPNEM
	(F4) Radiological Protection in SA Management	Development of a report on best practices in RP management procedures during SA initial response and recovery efforts. Outcome will be a new ISOE publication on occupational RP management in SA conditions.	CRPPH/EG-SAM

NEA Integrated Response to Fukushima – Next Steps

- Action list of technical issues being considered by CSNI, CNRA, CRPPH and its working groups and task groups
- New task proposals (CAPS) to be brought forth by WGs, TGs for support by the committees at their meetings between now and June 2012 (and beyond). Committees to direct that new working groups/task groups be formed if req'd
- CNRA Senior Task Group on Fukushima will continue to oversee and coordinate the integrated response going forward
- Short term/high priority actions to be completed within one year
- NEA website being created to track progress of integrated response plan

OECD/NEA Joint Projects

Motivations and Goals

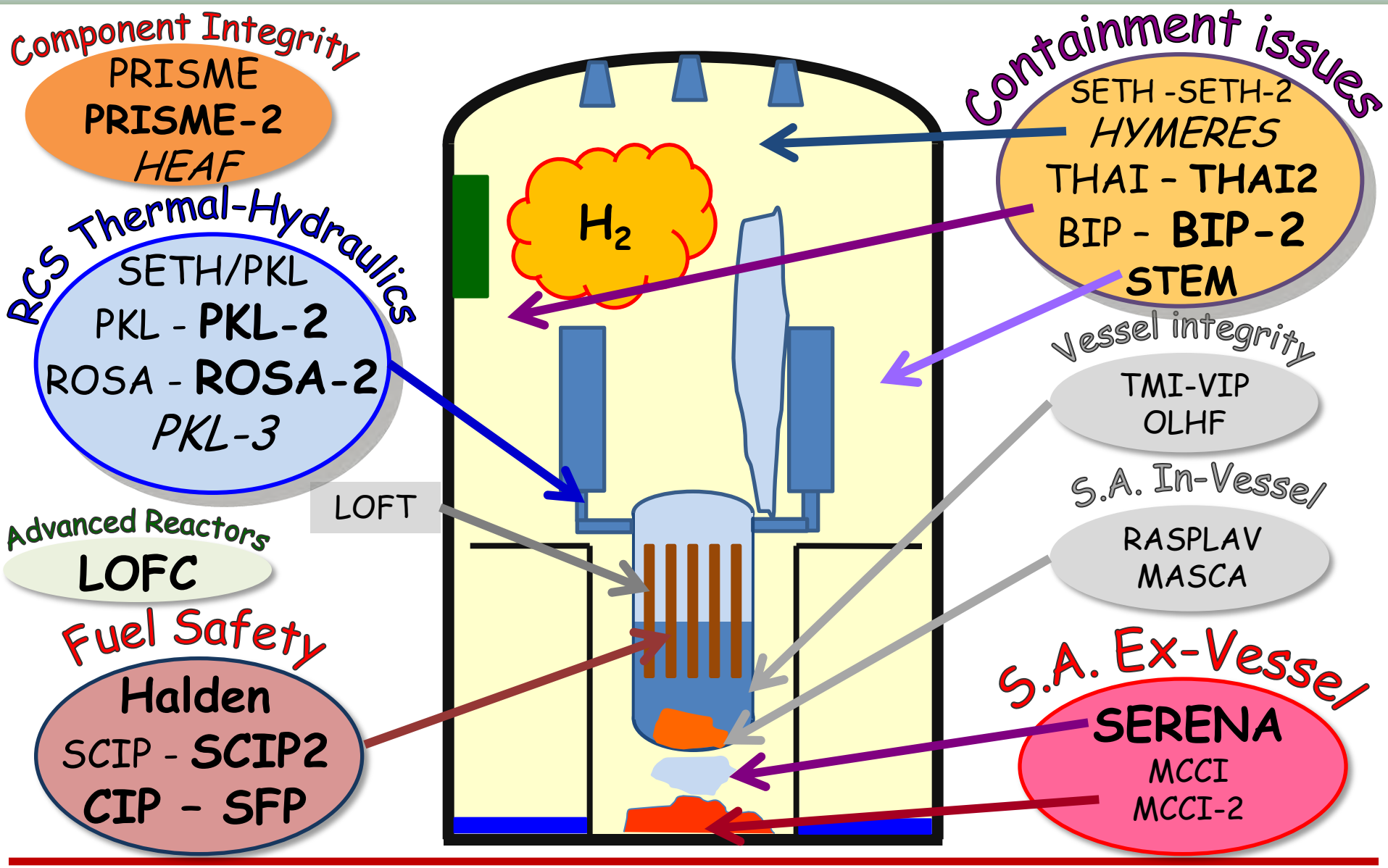
- **Resolve issues** relevant for the nuclear community by means of research shared by many countries
- **Enhance** technical **exchange**, co-operation and consensus-building internationally
- **Support** the continued operation of **unique** test **facilities** which are of value to the OECD/NEA nuclear community
- **CSNI is committed to promote** and facilitate Safety Research, through scientific and technical cooperation between member countries
- The availability of **safety research results** is key in assuring the high level and long-term safety of nuclear facilities
- This goal can however only be reached if **dedicated and sustained funding** for safety research is maintained. The availability of experimental infrastructures is also essential

NEA Joint International Research Projects

HALDEN	Fuel and Materials, I&C, Human Factors	Norway
CABRI	Fuel in RIA transients	France
SCIP-2	Fuel integrity	Sweden
SFP	Spent fuel safety	USA
PRISME2	Fire Safety	France
ROSA	System TH	Japan
PKL-2	PWR SG behaviour	Germany
LOFC	RCS safety in GCR	Japan
BIP-2	Iodine chemistry	Canada
SERENA	Steam explosion	Korea & France
THAI-2	Containment (H2, I)	Germany
STEM	Source term mitigation	France

- **Databases**
  1. FIRE 2. ICDE 3. CODAP 4. CADAK 5. COMPSIS

OECD/NEA Safety Research Projects



Safety Research Post-Fukushima

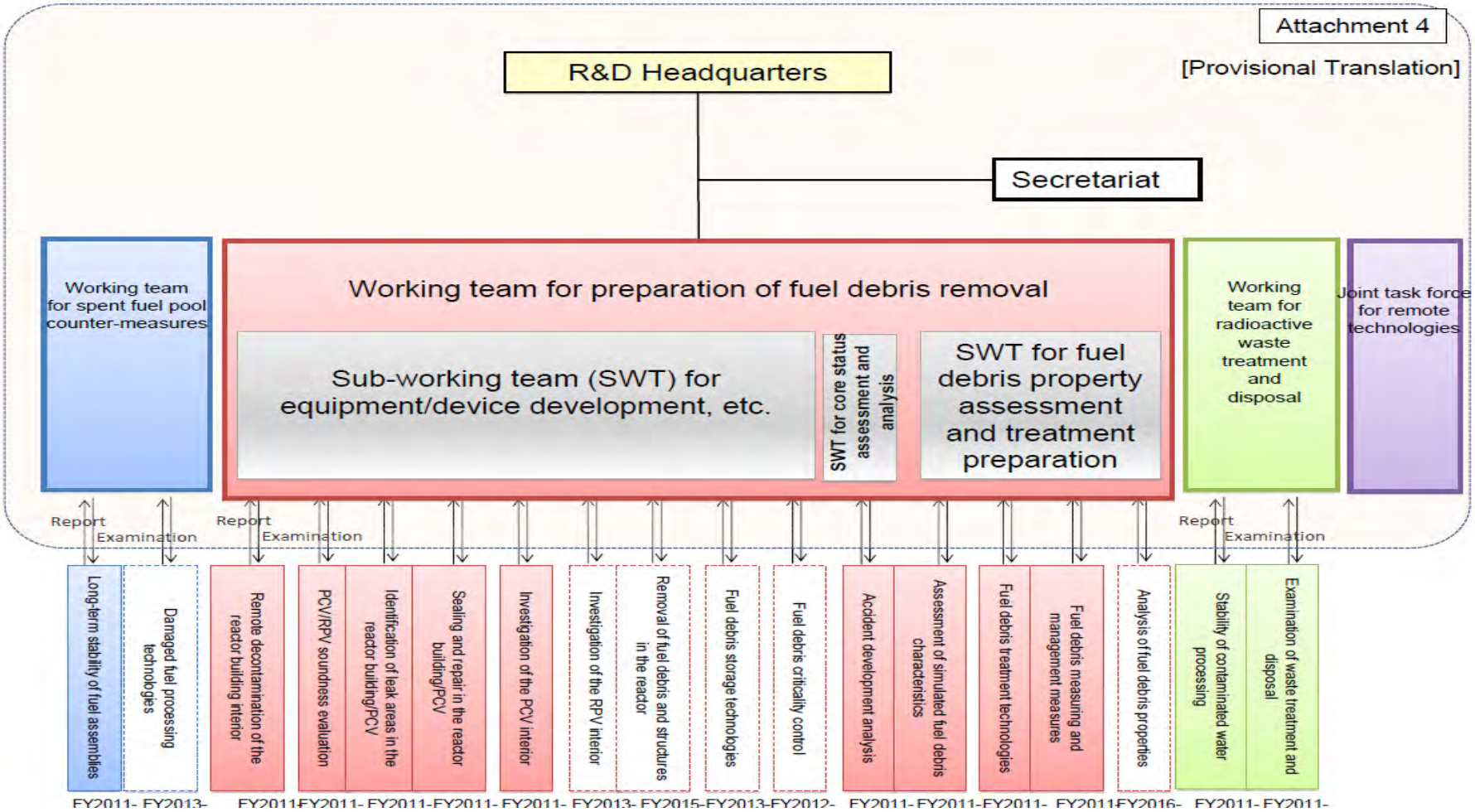
- Importance of future safety research highlighted in CSNI Concept Paper on Fukushima, CNRA STG Recommendations to CNRA and other supporting strategy/policy documents
- Phased approach within NEA:
  - ✓ Comprehensive review of past safety research - done
  - ✓ Gap analysis based on research issues from Fukushima - ongoing
    - ➢ Discuss possible expansion of existing projects and/or
    - ➢ New R&D project proposals
  - ✓ CSNI review of research direction – ongoing

Overview of NEA Research Projects

Thermal Hydraulics Projects	Fuel Behaviour Projects	Severe Accident Phenomenology Projects	Other (Systems and Event Database Projects)
• LOFT, Loss-of-Fluid Test Project (1983-1989) • BUBCON, Bubbler Condenser Project (2001-2002) • SETH, SESAR Thermal-hydraulics Project (2001-2006) • SETH-2, SETH Phase 2 Project (2007-2010) • PSB-VVER Project (2003-2008) • PKL, Primärkreislauf Project (2004-2007) • PKL-2, PKL Phase 2 Project (2008-2011) • ROSA, Rig of Safety Assessment Project (2005-2009) • ROSA-2, ROSA Phase 2 Project (2009-2012) • PRISME, Fire propagation in elementary, multi-room scenarios Project (2006- 2011), PRISME-2 Project (2011-2016) • LOFC, Loss of Forced Coolant Project (2011-2013)	• HALDEN, Halden Reactor Project (1958-present) • CIP, Cabri Water Loop International Project (2000-2015) • PAKS, OECD-IAEA Paks Fuel Project (2004-2007) • SCIP, Studsvik Cladding Integrity Project (2004-2009) • SCIP-2, SCIP Phase 2 (2009-2014) • SFP, Sandia Fuel Project (2008-2012)	• TMI-VIP, TMI-2 Vessel Investigation Project (1988-1993) • RASPLAV Project (1994-2000) • OLHF, Sandia Lower Head Failure OECD Project (1998-2002) • MASCA, Material Scaling Project (2000-2003) • MASCA-2, MASCA Phase 2 Project (2003-2007) • MCCI, Melt Coolability and Concrete Interaction Project (2002-2005) • MCCI-2, MCCI Phase 2 Project (2006-2010) • BIP, Behaviour of Iodine Project (2007-2011); BIP-2 (2011-2014) • SERENA, Steam Explosion Resolution for Nuclear Applications Project (2007-2012) • THAI, Thermal-hydraulics, Hydrogen, Aerosols, Iodine Project (2007-2009); phase 2 (2011-2014) • SFP, Sandia Fuel Project (2008-2012) • STEM, Source Term Evaluation and Mitigation (2011-2015)	• SCORPIO Project (1996-1998) • PLASMA Project (1998-2000) • International Common-cause Failure Data Exchange (ICDE) Project (1994-2014) • Piping Failure Data Exchange (OPDE) Project (2002-2011) • Fire Incidents Records Exchange (FIRE) Project (2002-2014) • Computer-based Systems Important to Safety (COMPSIS) Project (2006-2011) • Stress Corrosion Cracking and Cable Ageing Project (SCAP) (2006-2010) • Component Operational Experience, Degradation and Ageing (CODAP) Project (2011-2014) • Cable Ageing Data And Knowledge Project (CADAK) (2011-2014)

Additional References for Future Safety Research Internationally

Research and Development Road Map for Decommissioning Units 1-4 at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant



Concluding Remarks

- First priority for NEA countries is safety and regulation
- CSNI has a long history of supporting NEA member country safety institutions in producing valuable and timely outputs towards continual enhancement of nuclear safety including safety research
- CSNI is a recognized forum to coordinate and where appropriate cooperate on safety R&D activities among NEA member countries
- CSNI products (e.g. SOARs, ISPs) have been key contributors to assisting in harmonizing national safety assessment practices
- NEA joint research projects have contributed to address common safety concerns and to retain countries' technical expertise and infrastructure in strategic fields of nuclear safety
- From NEA perspective, concerted actions among technical safety institutions should build upon the successful framework existing today

Concluding Remarks

- In the future, NEA/CSNI will continue to advance the science of nuclear safety through the work of its working groups, task groups and joint international research projects
- Clear focus in short to medium term on follow-up activities from the Fukushima Dai-ichi accident ensuring continued strong coordination with IAEA, EC and other international nuclear safety partners
- Meeting the NEA member countries' needs in safety research will continue to be an important part of our mandate and work

The OECD Nuclear Energy Agency
http://www.oecd-nea.org/nsd

Proyectos de I+D recientes en relación con metodologías probabilistas de análisis de seguridad

Miguel Sánchez Perea

Jefe del Área de Modelación y Simulación, CSN

ÍNDICE

Introducción

Proyectos recientes

Situación internacional y Perspectivas

Conclusiones

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

www.csn.es

Proyectos de I+D Recientes en Relación con Metodologías Probabilistas de Análisis de Seguridad

Miguel Sánchez Perea
Área de Modelación y Simulación (MOSI)
Subdirección de Tecnología Nuclear (STN)
Consejo de Seguridad Nuclear

Contenido

1. Introducción
2. Proyectos recientes
   a. Cuantificación para Análisis de Precursores
   b. SARNET
   c. OpenPSA
   d. Márgenes de Seguridad (SMAP y SM2A)
   e. APSRIT
3. Situación internacional y Perspectivas
   a. EUROSAFE
   b. IDPSA
4. Conclusiones

01 Introducción: Antecedentes

- Ultima edición del PIAPS (Plan Integrado de APS) del CSN
  - Aplicaciones de los APS
  - Líneas de investigación (p.e., "La consideración temporal en APS")
- Métodos y aplicaciones de APS plenamente establecidos en CSN e industria
- Ámbitos que han merecido atención:
  - Independencia del organismo con cálculos propios
  - Consistencia de RIR con metodologías existentes
    - Conexión con el análisis de accidentes y transitorios
    - Mantenimiento de márgenes de seguridad (RG 1.174, GS 1.14)
- Acometer estos aspectos exige metodologías propias de los organismos reguladores, independientes de las de diseño
- Planteamiento de *Estrategia de I+D en Análisis Integrado de Seguridad (AIS)* incorporada a Planes de I+D del CSN
- Se han planteado también actividades internacionales alineadas con dichos objetivos

01 Introducción: AIS

- El AIS es una metodología que pretende la armonización de los análisis de accidentes y APS (manteniendo su alcance independiente) por medio de la modelación y simulación de todas las interacciones relevantes
- Propósito: Integrar códigos de
  - Simulación termohidráulica, fenomenología de accidente severo y transporte de productos de fisión
  - Procedimientos de operación y guías de gestión de accidente severo
  - Delineación automática de árboles de sucesos y de fenómenos
  - Cuantificación probabilista de árboles de fallos y de sucesos
  - Tratamiento estadístico e integración del riesgo

01 Introducción: Verificación de Análisis de Seguridad

Verificación independiente vía chequeos cuantitativos con métodos propios de organismo regulador

- Precursores
- SISC
- Indicadores
- Hallazgos
- AOTs

- Técnicas probabilistas ET/FT
- HRA
- APET

- Criterios de éxito
- Delineación ET/APET
- Sucesos casa
- Secuencias vs. transitorios

Chequeos de consistencia APS/Transitorios

- ETFs
- Tarados de salvaguardias

- Análisis de accidentes:
  - Frecuentes
  - Roturas
  - Severos

Frecuencia excedencia

Riesgo:
- DNB
- CD
- LERF

Dominios de daño

01 Introducción: Conexión con los Proyectos

Verificación independiente vía chequeos cuantitativos con métodos propios de organismo regulador

- Precursores
- SISC
- Indicadores
- Hallazgos
- AOTs

Precursores
BDDs
OpenPSA

- Criterios de éxito
- Delineación ET/APET
- Sucesos casa
- Secuencias vs. transitorios

SARNET
SMAP y SM2A
APSRIT

- ETFs
- Tarados de salvaguardias

- Análisis de accidentes:
  - Frecuentes
  - Roturas
  - Severos

Frecuencia excedencia

Riesgo:
- DNB
- CD
- LERF

Dominios de daño

01 Introducción: Ejecución de Proyectos

(1) BDDs (IIT-UPCo, CSN-MOSI)

(2) OpenPSA (CSN-MOSI, CSN-APFU)

(3) SARNET (CSN-MOSI, UPM)

(4) SMAP (CSN-MOSI)

(4) SM2A (CSN-MOSI, Indizen, UPM)

(5) APSRIT (UPM, CSN-MOSI)

1998	(.....)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plan Integrado de APS (PIAPS)	(*)	Plan de I+D del CSN 2004-2007	Plan Estratégico del CSN 2005-2010			Plan de I+D del CSN 2008-2011			Plan Estratégico del CSN 2011-2016	
		Estrategia de I+D en AIS								
		Plan de Consolidación de SCAIS								

(*) Izquierdo J.M., Hortal J., Meléndez E. and Sánchez M., "An Integrated PSA Approach to Independent Regulatory Evaluations of Nuclear Safety Assessment of Spanish Nuclear Power Stations", Colección Otros Documentos CSN, 28.2002, CSN 2002

02.a Cuantificación para Análisis de Precursores (1)

- Proyecto: ***Modelado y Cuantificación Probabilista Generalizada en el Análisis de Precursores***
- Convocatoria de Subvenciones de Proyectos de Investigación (2005)
- Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la UPCo
- Objetivos:
  - Viabilidad de Técnicas de BDDs (*Binary Decision Diagrams)* (Epstein&Rauzy 2005, Nusbaumer 2007) para cuantificación en aplicaciones de APS
  - Desarrollo de herramientas
  - Análisis de aplicabilidad a precursores y AIS

02.a Cuantificación para Análisis de Precursores (2)

Sistema

Modelo de la Respuesta de la Planta

Modelos Booleanos:
- Fault Trees (FT)
- Event Trees (ET)

Cuantificación

Método clásico:
- Cálculo de MCS
- Cotas y aproximaciones

Método BDD:
- Codifica el modelo en una estructura de datos compacta

Hipótesis y aproximaciones

1. Simplificación del modelo
2. Aproximaciones en cálculo de probabilidad (aproximación de sucesos raros, REA)
3. Tratamiento de las ramas de éxito

Objetivos específicos

- Análisis de fortalezas y debilidades de métodos analíticos APS vigentes
- Propuesta de un método híbrido para conciliar ambos aproximaciones y hacer BDD computacionalmente viable
- Integración en un método incremental y acumulativo para cuantificar DET
- Análisis del problema de ordenación de variables y propuesta de estrategias compatibles con cuantificación incremental
- Desarrollo e implantación de herramientas basadas en BDD
- Validación de las propuestas frente a casos de modelos completos de APS real

Resultados principales

- Desarrollo y formalización de una metodología híbrida para adaptar las técnicas de BDD para evaluar los modelos APS y mejorar capacidades analíticas actuales
- Propuesta de un método incremental de cuantificación para el cálculo de acumulativo del BDD aplicable a la cuantificación de DET
- Diseño, desarrollo e implantación de herramienta software basada en el formalismo BDD
- Validación de los métodos propuestos a un caso de una APS real
- Primera aplicación del formalismo de BDD en el sector nuclear español

02.a Cuantificación para Análisis de Precursores (3)

- *C. Ibáñez-Llano, E. Meléndez, F. Nieto, Variable ordering schemes to apply to the binary Decision diagram methodology for event tree sequences assessment, European Safety & Reliability Association Conference (ESREL'06). Portugal, 18-22 September 2006.*
- *C. Ibáñez-Llano, A. Rauzy, Variable ordering heuristics for BDD based on minimal cutsets, International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM9). China, 18-23 May 2008.*
- *C. Ibáñez-Llano, A. Rauzy, E. Meléndez, F. Nieto, Variable ordering techniques for the application of BDD on PSA linked Fault Tree models, European Safety & Reliability Association (ESRA) and 17th Society for Risk Analysis Europe (SRA-E) Conferences (ESREL'08). Spain, 22-25 September 2008.*
- *C. Ibáñez-Llano, E. Meléndez, F. Nieto, Variable ordering schemes to apply to the binary decision diagram methodology for event tree sequences assessment, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability. vol. 222, no. 1, pp. 7-16, January 2008.*
- *C. Ibáñez-Llano, A. Rauzy, E. Meléndez, F. Nieto, Minimal cutsets-based reduction approach for the use of binary decision diagrams on probabilistic safety assessment fault tree models, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability. vol. 223, no. 4, pp. 301-311, December 2009.*
- *C. Ibáñez-Llano, A. Rauzy, E. Meléndez, F. Nieto, Hybrid approach for the assessment of PSA models by means of binary decision diagrams, Reliability Engineering and System Safety. Vol. 95, Issue 10, October 2010, Pages 1076-1092*
- *C. Ibáñez-Llano, A. Rauzy, E. Meléndez, F. Nieto, A reduction approach to improve the quantification of linked fault trees through Binary Decision Diagrams, Reliability Engineering and System Safety. Special Issue of Selected Papers from ESREL 2008. Available online 25 June 2010*
- *C. Ibáñez-Llano, Application of the Binary Decision Diagrams to the Integrated Safety Assessment, PhD thesis, IIT, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, UPCo, Septiembre 2010.*

02.b OpenPSA (1)

- Proyecto ***Open-PSA y Formato estándar de intercambio OPSA-Mef*** (http://www.open-psa.org)
- Iniciativa inicialmente informal (~2006), incorporación de otras organizaciones, celebración de reuniones técnicas y de organización (~10)
- Proyecto internacional, gestionado por la institución francesa *Institut pour la Maitrîse des Risques (IMDR)*
- Participantes: .....IMdR, ABS Consulting, Dassault Systèmes, RELCON Scandpower, IRSN, EC, Joint Research Centre, Ispra, Consejo de Seguridad Nuclear , RISA Sicherheitsanalysen GmbH, Nordostschweizerische Kraftwerke (NOK) - NPP Beznau - Risk Management , NPP Leibstadt, NPP Goesgen-Daeniken, Tractebel Engineering (SUEZ), EDF - Dep. Management des Risques industriels, VENE Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH
- Participación de empresas de software: RELCON (RiskSpectrum), ABS (RiskMan R&R Workstation)

02.b OpenPSA (2)

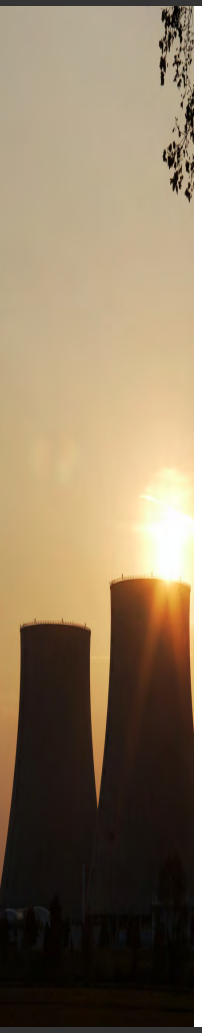
Cuestiones planteadas como objetivos

- Garantía de calidad de la cuantificación
- Aproximaciones y resultados numéricos
- Portabilidad de los modelos entre distintos programas
- Claridad de los modelos
- Completitud de los modelos
- Modelado de acciones humanas
- Visualización de resultados de APS
- Dificultad de traslación de modelos de un programa a otro
- Compatibilidad del modelos con versiones anteriores
- Formato universal para datos de la industria

Principales Resultados

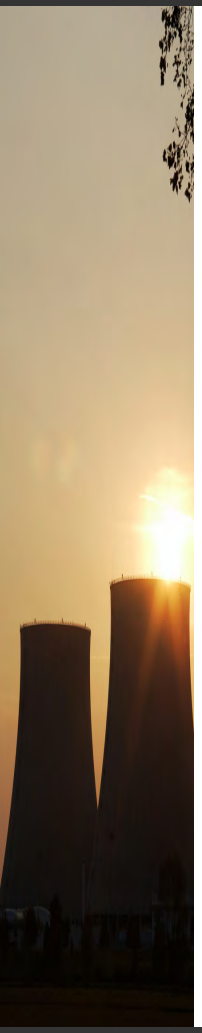
- Especificación de un modelo de APS (estándar)
- Mejora en la comprensión de los modelos de APS
- Formato de intercambio (portabilidad)
  - "OPSA-MEF" (disponible en http://www.open-psa.org)
  - Fichero XML
  - Especificación de la sintaxis "schema"
- Utilidades de lectura/escritura
  - Propias de cada programa
  - Interoperables
- Permitir cuantificación de cabeceros en los que se modifiquen algunos sucesos básicos con probabilidad dependiente de las condiciones de la simulación
- Contribuye a definir el input de SCAIS de manera compatible con el resto de códigos de APS

02.c Severe Accident Research Network (SARNET) (1)



- Red de Excelencia del VI Programa Marco de Investigación de la UE en relación con la investigación de la fenomenología de accidentes severos
- 48 participantes gestionados por IRSN (autoridades reguladoras nucleares incluidas). 8 Working packages (WP) con varios proyectos en cada uno
- WP5: Armonizar y mejorar las metodologías APS de nivel 2
- **Origen de la participación**
  - Proyecto WP5.3: Investigación de técnicas de fiabilidad dinámica. La metodología SDTPD CSN+ULB citada entre las técnicas a explorar
- **Objetivo de la participación CSN-MOSI**
  - Aportar los conocimientos/herramientas/fiabilidad dinámica adquiridos tras la experiencia en APS2 de plantas españolas
  - Concretar más la relación con APET/APS2 vía un proyecto piloto
  - Comparar con otros métodos
- **Resultado principal**
  - Desarrollo de la metodología de chequeos TSD/SCAIS unificada PSA1 y PSA2
  - Metodología TSD/SCAIS: diseño de módulos SCAIS de evaluación de
    - Dominios de daño (path assessment)
    - Frecuencia de excedencia (risk assessment)

02.c Severe Accident Research Network (SARNET) (2)



- *J.M. Izquierdo, I. Cañamón, DSR/SAGR/FT 2004.074, SARNET PSA2 D117, Conclusions of the SDTPD/TSD methods development: Results of its application to the WP5.3 benchmark Level 2 PSA, October 2008*
- *J.M. Izquierdo, M. Sánchez, J.Hortal E. Meléndez, A short description of the Integrated Safety Assessment methodology and its potential for application to PSA2 problems, November 2004, SARNET portal*
- *J.M. Izquierdo, M. Sánchez, DSR/SAGR/FT 2004.074, SARNET PSA2 D73, Status report on dynamic reliability: SDTPD path and sequence TSD developments. Proposal for an enlarged step 3 exercise benchmark Level 2 PSA.The dynamic model, September 2007*
- *Izquierdo J.M. Sarnet WP5.3 benchmark exercise: Application of the SDTPD risk assessment approach to assess laminar deflagration and over-pressure in a PWR containment under medium break severe accident conditions. Appendix 2. Benchmark simple model. CSN report. June 2005.*
- *Izquierdo, J.M., Labeau, P.E. The stimulus-driven theory of probabilistic dynamics as framework for probabilistic safety assessment. PSAM-7/ESREL-04 Conference, Springer, Berlin, Germany. 2004.*
- *Izquierdo, J.M., Cañamón, I. Status report on dynamic reliability : SDTPD path and sequence TSD developments. Aplication to the WP5.3 benchmark Level 2 PSA exercise. SARNET-PSA2 WP5.3 D73. December 2006.*
- *Labeau, P.E., Izquierdo, J.M. Modeling PSA problems. I: The Stimulus Driven Theory of Probabilistic Dynamics. II: A cell-to-cell transport theory approach. NSE: 150,115-154 (2005).*
- *C. Ibáñez-Llano, Monte Carlo Simulation Techniques Applied to Dynamic Reliability Methods. Application to a Benchmark Exercise, June 2007.*
- *J. M. Izquierdo, I. Cañamón, "TSD, a SCAIS suitable variant of the SDTPD", Proc. ESREL 2008, Valencia, Spain (2008).*
- *Izquierdo J.M. Slides of presentations at SARNET-PSA2 WP5.3 at technical meetings: 3rd (Varna), 5th (Aix en Provence), and dedicated technical meeting Nov. 2005 (Cadarache). SARNET Portal PSA2 team site.*

02.d Safety Margin Action Plan (SMAP) y Safety Margin Assessment Application (SM2A) (1)

- Grupos de tarea de NEA/OCDE.
- 20 expertos gestionados por NEA, incluyendo organismos reguladores, con objetivo de:
  - Consensuar un método de evaluación integrada (determinista y probabilista) de la seguridad de las CCNN con motivo de modificaciones de planta sucesivas y/o simultáneas (SMAP)
  - Demostrar la viabilidad en un proyecto piloto (SM2A)
- **Objetivo de CSN/MOSI:**
  - Aplicar/mejorar las técnicas de verificación integrada, ya desarrolladas, a una central y comparar con otros enfoques
- **Principales resultados:**
  - Desarrollo herramientas TSD/SCAIS: Path Assessment y Risk Assessment
  - Aplicación al iniciador de Pérdida del Sistema de Refrigeración de Componentes en una central real

02.d SMAP y SM2A (2)

- **Impacto en desarrollos CSN / MOSI:**
  - Primera utilización a escala real del sistema SCAIS acoplado con grandes códigos de transitorios
  - Obtención de dominios de daño y primera aplicación (limitada) de la formulación TSD de la frecuencia de excedencia
  - Capacidad demostrada de verificación de árboles de sucesos con métodos dinámicos
  - Colaboración CSN/MOSI, Indizen, UPM
  - Numerosas publicaciones y presentaciones
- **Limitaciones:**
  - No se incluyeron árboles de fallo detallados, ni el estudio de su consistencia, objeto de programas actuales (IDPSA, APSRIT)

02.d SMAP y SM2A (3)

- **Conclusiones adicionales**
  - Consolidación internacional de:
    - La frecuencia de excedencia como figura de mérito unificada probabilista/determinista
    - Estandarización de medidas de márgenes de seguridad a partir de evaluaciones de frecuencia de estados de daño específicos (frecuencia de excedencia de límites de seguridad)
    - La simulación de árboles de sucesos dinámicos aparece cada vez más necesaria
    - La extensión a accidentes severos supone un aumento significativo de las incertidumbres del problema
    - En una perspectiva más de futuro SMAP podría aplicarse en propuestas de regulación independiente de tecnología
    - Metodología de verificación AIS (TSD/SCAIS) consistente con la de SMAP

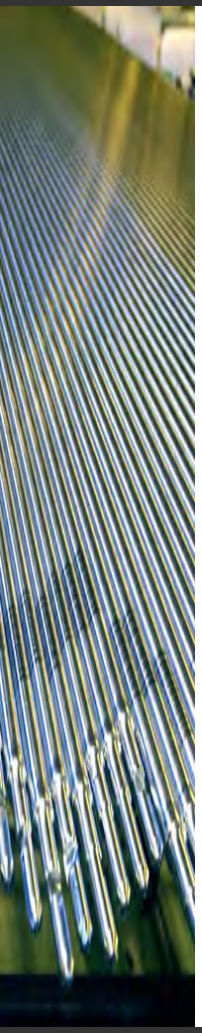
02.d SMAP y SM2A (4)

- *J. Gil et al., A Code for the Simulation of Human Failure Events in Nuclear Power Plants: SIMPROC. ESREL 2008 and 17th SRA Europe. Valencia, September, 2008.*
- *J.M. Izquierdo et al., SCAIS (Simulation Code System for Integrated Safety Assessment): Current status and applications ESREL 2008 and 17th SRA Europe. Valencia, September, 2008.*
- *C. Queral et al., Pilot Applications of the Integrated Safety Assessment Methodology. ICAPP 09. Tokio, Japan. 2009.*
- *I. Fernández et al., Code for Simulation of Human Failure Events in Nuclear Power Plants: SIMPROC. Nuclear Energy for New Europe. Eslovenia. 2009.*
- *M. Sánchez et al., Proposal for a Suitable Strategy of Exceedance Frequency Computation. Implementation on SCAIS Simulation-Based Safety Code Cluster. Nuclear Energy for New Europe, Slovenia. 2009.*
- *C. Queral et al., Application of a Dynamic Event Tree Methodology to MBLOCA Sequences. The 13th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-13), Kanazawa City, Ishikawa Prefecture, Japan, September 27-October 2, 2009.*
- *C. Queral et al., Application of a Dynamic Event Tree Methodology to Loss of CCW/SW Sequences. SM2A Project. 2009.*
- *J. Hortal et al., Application of the Damage Domain approach to the calculation of exceedance frequencies. 10th International Probabilistic Safety Assessment & Management Conference (PSAM) 2010. Seattle, 2010.*
- *C. Queral et al., Application of the Integrated Safety Assessment Methodology to MBLOCA Sequences. The 8th International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-8) Shanghai, October 10-14, 2010*
- *J. M. Izquierdo, J. Hortal, M. Sánchez, E. Meléndez and R. Herrero, J. Gil, I. Fernández, J. J. Gómez and S. Murcia, C. Queral, I. Cañamón, G. Rodríguez, A. Expósito, L. Ibáñez and J. Elorza "Application of a Dynamic Event Tree Methodology to MBLOCA Sequences". The 13th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-13) Kanazawa City, Ishikawa Prefecture, Japón, September 27-Octubre 2, 2009.*
- *J. Gil, I. Fernández, S. Murcia, J. Gomez, J.M. Izquierdo, J. Hortal, M. Sánchez, E. Meléndez, C. Queral, A.Expósito, G. Rodríguez, L. Ibañez "A Code for Simulation of Human Failure Events in Nuclear Power Plants: SIMPROC".. Nuclear Energy for New Europe 2009. Bled, Eslovenia 14-17 September. 2009.*

02.d SMAP y SM2A (5)

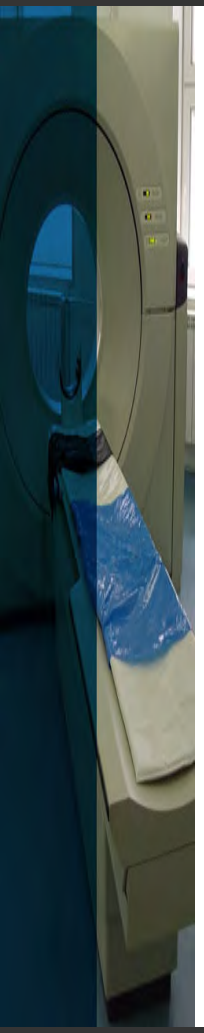
- *J.M. Izquierdo et al., SCAIS. Sistema de Cóodigos para un Análisis Integrado de Seguridad. Sociedad Nuclear Española. 2010*
- *J. Gil et al., SIMPROC. Simulación de Procedimientos en Plantas Nucleares. Sociedad Nuclear Española. 2010.*
- *C. Queral et al., Calculation of Damage Exceedance Frequencies in Cold Leg MBLOCA Sequences. Nineteenth International Conference on Nuclear Engineering ICONE19 May 16-19, 2011 Makuhari Messe, Chiba, Japan. 2011.*
- *C. Queral et al., Application of the Integrated Safety Assessment Methodology to LWR Sequences. Karlsruhe Institute of Technology (KIT) Karlsruhe, Germany, June 30th, 2011.*
- *C. Queral et al., Analysis of Surge Line MBLOCA Sequences with HPSI Failed. The 14th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics, NURETH-14, Toronto, Ontario, Canada, September 25-30, 2011.*
- *C. Queral et al., Application of the Integrated Safety Assessment to Sequences with Loss of Component Cooling Water System. The 14th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics, NURETH-14, Toronto, September 25-30, 2011.*
- *C. Queral et al., Application of the Integrated Safety Assessment Methodology to Sequences with Loss of Component Cooling Water System. NEA/OECD BEPU Workshop. Barcelona. 2011.*
- *C. Queral et al., Calculation of Damage Frequencies without Success Criteria Hypothesis. Application to MBLOCA Sequences. PSAM 2012. Helsinki, Finlandia. 2012.*
- *Task Group on Safety Margins Action Plan (SMAP) Safety Margins Action Plan - Final Report. NEA/CSNI/R(2007)9.*
- *Safety Margin Assessment and Application - Final Report. NEA/CSNI/R(2011)3.*
- *J. Gil, I. Fernández, S. Murcia, J. Gomez, H. Marrão, C. Queral, A. Expósito, G. Rodríguez, L. Ibañez, J. Hortal, J. M. Izquierdo, M. Sánchez, E. Meléndez. A code for simulation of human failure events in nuclear power plants: SIMPROC. Nuclear Engineering and Design, Volume 241, Issue 4, April 2011, Pages 1097-1107.*

02.d SMAP y SM2A (6)



- *C. Queral, J.González, J.Montero, L.Ibáñez, Calculation of Damage Exceedance Frequencies in Cold-Leg MBLOCA Sequences. Proceedings of ICONE19 19th International Conference on Nuclear Engineering May 16-19, 2011, Japan.*
- *C. Queral, L. Ibáñez, J. Hortal, J.M. Izquierdo, M. Sánchez and E. Meléndez. Application of the Integrated Safety Assessment Methodology to Sequences with Loss of Component Cooling Water System. The 14th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics, NURETH-14, Toronto, Canada, September 25-30, 2011*
- *C. Queral, E. Gallego, L. Ibáñez, J. González, J. Montero. Integrated Safety Assessment Methodology. Application to LWR Sequences. Project SARGEN IV. Amsterdam, Netherlands, January 13th, 2011*
- *C. Queral. Integrated Safety Assessment Methodology. Application to LWR Sequences. Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Karlsruhe, Germany, June 30th, 2011*
- *C. Queral, L. Ibáñez, J. González-Cadelo, I. Cañamón, G. Rodríguez, J. Elorza, A. Hidalgo, A. López, C. Conde. J. M. Izquierdo, J. Hortal, M. Sánchez and E. Meléndez. J. Gil, I. Fernández, J. J. Gómez and S. Murcia. Application of the Integrated Safety Assessment Methodology to MBLOCA Sequences. The 8th International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-8). N8P0327. Shanghai, China, October 10-14, 2010.*
- *L. Ibáñez, C. Queral, I. Cañamón, J. Hortal, J. M. Izquierdo, M. Sánchez, E. Meléndez, J. Gil, I. Fernández, J. J. Gómez and S. Murcia. Application Damage Domain Approach as a Strategy of Damage Exceedance Computation. Nuclear Energy for New Europe 2010. Portoroz, Eslovenia. Septiembre 6-9, 2010*
- *J. Hortal, J. M. Izquierdo, C. Queral, L. Ibañez. Application of the Damage Domain approach to the calculation of exceedance frequencies. 10th International Probabilistic Safety Assessment & Management Conference (PSAM 10). Seattle, Washington. 7-11 June 2010*
- *J. M. Izquierdo, J. Hortal, M. Sánchez-Perea, E. Meléndez, R. Herrero. J. Gil, I. Fernández, J. Mundina, G. Rodríguez-Martín, I. Cañamón, C. Queral, A. Expósito, L. Ibáñez, F. J. Elorza. C. Ibáñez, F. Nieto. "Pilot Applications of the Integrated Safety Assessment Methodology". ICAPP '09, Tokyo, 10-14 Mayo 2009*
- *J. M. Izquierdo, J. Hortal, M. Sánchez, E. Meléndez, C. Queral, I. Cañamón A. Expósito, G. Rodríguez, L. Ibáñez, J. Gil, I. Fernández, S. Murcia. "Proposal for a Suitable Strategy of Exceedance Frequency Computation. Implementation on SCAIS Simulation-Based Safety Code Cluster". Nuclear Energy for New Europe 2009. Bled, Eslovenia 14-17 September. 2009.*

02.e Métodos Avanzados de APS para una Regulación Independiente de Tecnología (APSRIT)



- Convocatoria de Subvenciones de Proyectos de Investigación (2009) del Plan de I+D del CSN 2008-2011
- Departamento de Tecnología Nuclear de la UPM
- Pendiente de finalizar
- Objetivos:
  - Análisis de las propuestas internacionales de metodologías de Regulación Independiente de Tecnología y su aplicación al tratamiento regulador de reactores avanzados (OIEA, NRC)
  - Adaptación de métodos CSN/MOSI al desarrollo de las Herramientas y Metodologías Avanzadas de APS necesarias
  - Aplicación del método SMAP y la herramienta SCAIS a la evaluación de seguridad de un reactor nuclear de diseño avanzado piloto (HTTR)(*)

(*) A. Flores, J.M. Izquierdo, M. Sánchez, E. Gallego, Development of an Adequate Model for Verification of Design Safety-Margins of the HTTR Nuclear Test Facility, enviado a Progress of Nuclear Energy

03 Perspectivas: EUROSAFE

- EUROSAFE: consorcio de Technical Safety Organisations (TSO) europeos
- Agenda de Investigación presentada recientemente (***Position paper of the TSOs: Research needs in nuclear safety for GEN 2 and GEN 3 NPPs***):
- Capítulo *2.1 Safety Assessment Methods*

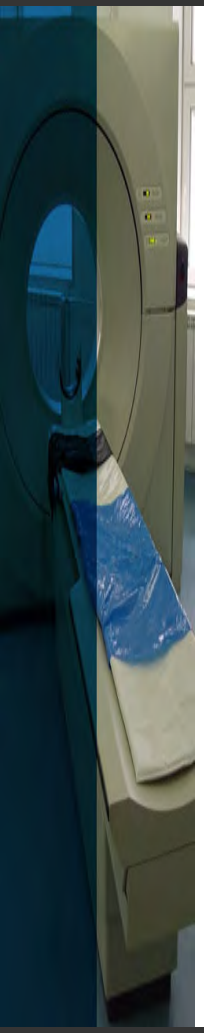
2.1.1 Combination of deterministic and probabilistic approaches

- Probabilista más centrado en la identificación de secuencias y cuantificación de frecuencias de daños
- Determinista más centrado en la evaluación de parámetros de seguridad (límites de daño)

2.1.2 The Safety Margins

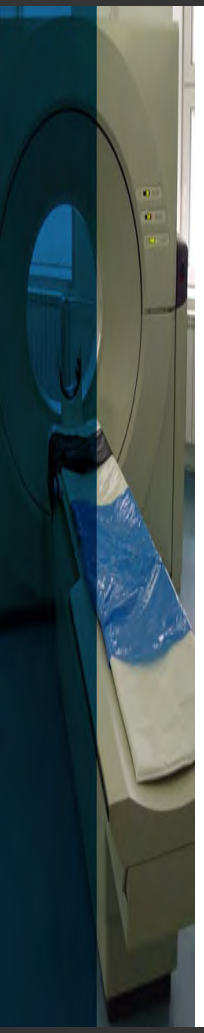
- Avance y aplicación de metodologías de evaluación de márgenes de seguridad que combinen aproximaciones probabilista y determinista
- Cuantificación de márgenes de seguridad con estimación de incertidumbres (probabilista y determinista)

03 Perspectivas: IDPSA (1)



- ***Integrated Deterministic/Probabilistic Safety Analysis***
- Iniciativa de Programa Coordinado del 7º FWP de I+D promovida por grupo de TSO y reguladores nórdicos
- Primer programa internacional con propósito exclusivo de integración de metodologías y de alcance total
- Sugerencia del *Deterministic/Probabilistic Safety Analysis Workshop* celebrado en Espoo 3-5 Octubre
- Sucesor de SARNET y ASAMPSA2, SMAP y SM2A

03 Perspectivas: IDPSA (2)



- Organizado en benchmarks cubriendo alcance total:

  WP1: Consortium management

  WP2: LOOP/SBO with power recovery

  WP3: Variable size LOCA

  WP4: Hydrogen control

  WP5: Connection between Level 1 - Level 2 scenarios

  WP6: Benchmark on dynamic reliability of control systems

  WP7: Development of recommendations for deployment of IDPSA

  WP8: Dissemination of Information

- CSN/MOSI-Indizen coordinadores de WP4 a petición de los promotores del programa

04 Conclusiones

- Los proyectos de I+D recientes en APS han permitido avances y mejoras:
  - Independencia del organismo con cálculos APS propios
  - Conexión con el análisis de accidentes y transitorios
    - Desarrollados métodos consistentes de tratamiento dinámico de árboles de sucesos
- Actividades internacionales en métodos integrados cada vez más frecuentes:
  - Nuevas propuestas ampliamente aceptadas y consensuadas
  - En total sintonía con actuaciones de I+D promovidas en CSN
- Prioridades actuales:
  - Tratamiento integrado de los árboles de fallos
  - Verificación de la capacidad de análisis: nuevas aplicaciones

MUCHAS GRACIAS

Investigación experimental del comportamiento del combustible BWR irradiado en condiciones de almacenamiento y transporte

Miriam Lloret

Responsable de combustible gastado. Ingeniería del producto, ENUSA

ÍNDICE

Almacenamiento en seco y transporte del combustible gastado

Carga en contenedor y secado

Almacenamiento en seco

Transporte

Proyectos I+D+i CSN/ENRESA/ENUSA

Proyecto I+D+i BWR

Resultados ensayos fluencia

Resultados compresión en anillo

Resultados ensayos tracción axial

Análisis isotópico

Conclusiones

Propiedad de ENUSA
www.enusa.es

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

enresa

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Comportamiento del Combustible BWR Irradiado en Condiciones de Almacenamiento y Transporte

Miriam Lloret

Jornada Técnica sobre investigación en seguridad nuclear y protección radiológica del CSN

6 de Marzo de 2012

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

enresa

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Almacenamiento en seco y transporte del combustible gastado

Proceso

Carga en contenedor y secado

Almacenamiento en seco

T / P / σ

Transporte

ATC

tiempo

Piscina

T< 50 ºC

Presion interna (tensiones vaina)

Corrosion (espesor remanente)

Hidruración (ductilidad)

Deformaciones

Endurecimiento por irradiación

Contenido isotópico

FUNCIONES DE SEGURIDAD

Protección radiológica

Refrigerabilidad

Subcriticidad

Recuperabilidad

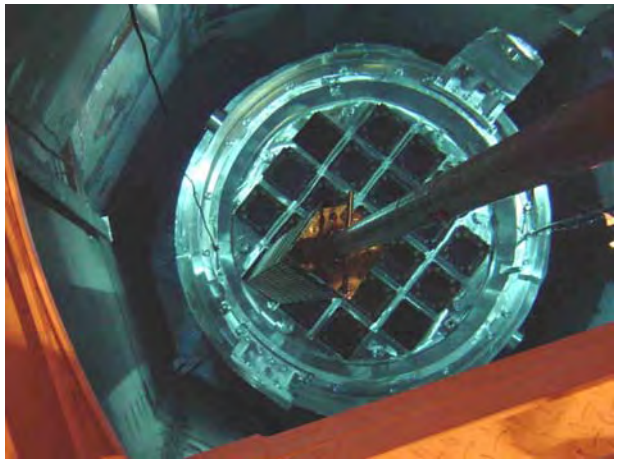
Confinamiento

No degradación del combustible

Conocimiento isotopía

Carga en contenedor y secado

Condiciones	Fenómeno	Mecanismo de fallo
▲T ▲P ▲ σ_θ Ciclos térmicos	Eliminación del daño por irradiación Disolución de hidruros Deformación por fluencia Precipitación de hidruros	Rotura de vaina por fluencia Fragilización por precipitación de H

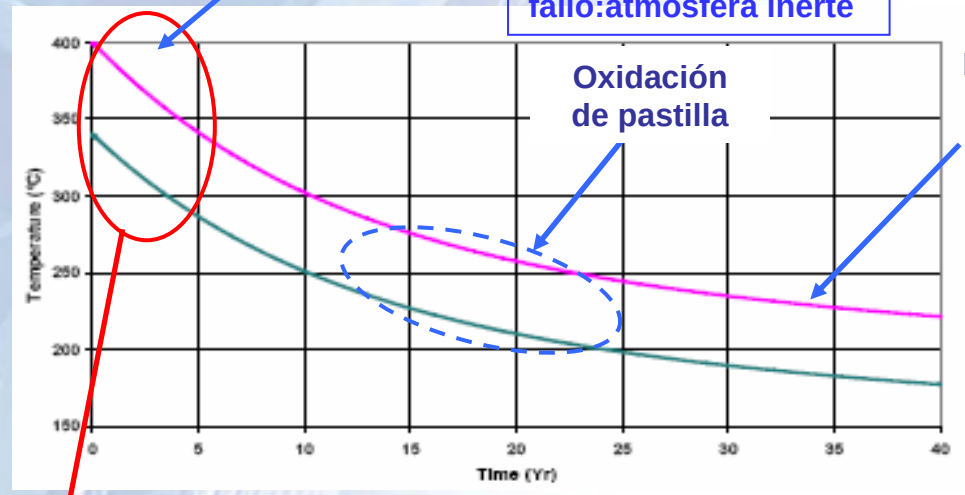


Evitar degradación mecánica de vaina : requisitos operacionales

ISG-11 Rev. 3
T< 400ºC
(σ_θ < 90 MPa si BU <45 MWd/kgU)
N ciclos < 10
variación T < 65 ºC

Almacenamiento en seco

▼T, ▼ P, ▼ σθ, ▼ fluencia



Fluencia

Evitar mecanismo de fallo:atmosfera inerte

Oxidación de pastilla

Enfriamiento bajo tensión: posible reorientación de hidruros

DHC

Condicion inicial

Máxima fluencia

Evolución durante almacenamiento:

Fragilización debido a la precipitación radial de hidruros

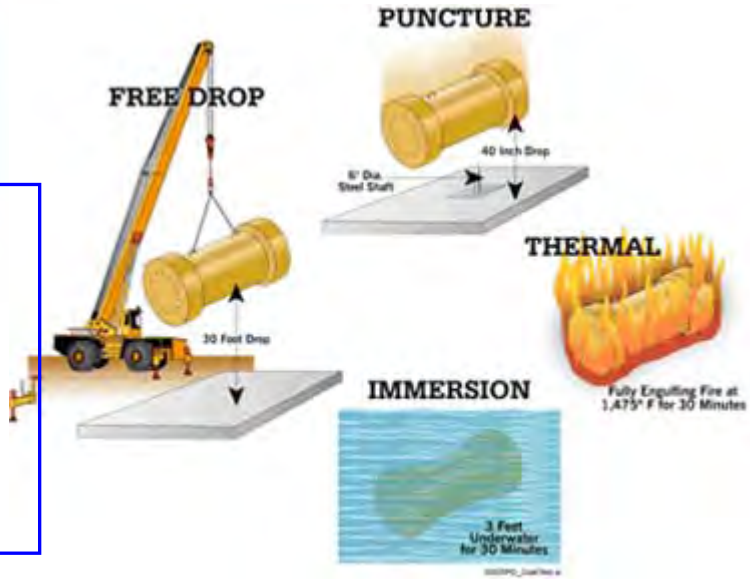
Menor ductilidad al ▼T

Evitar mecanismo de fallo: requisitos operacionales

ISG-11 Rev. 3

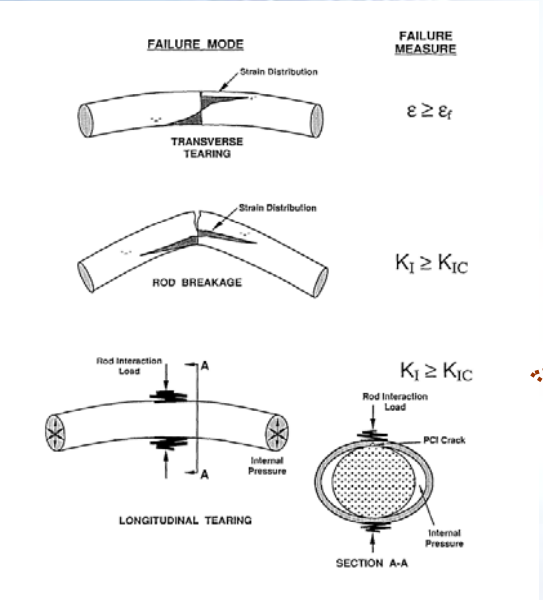
T< 400ºC

Transporte



Condiciones de accidente a analizar

- Caida desde 9 m en superficie plana
- Caida desde 1 m contra superficie punzante
- ...



Hidruros radiales

Solicitación	Ensayo mecánico representativo
Cargas puntuales de rejillas en barras	Compresión en anillo
Flexión de barra entre rejillas	Tracción uniaxial

Proyectos I+D+i CSN/ENRESA/ENUSA

Fluencia ZIRLO alto BU:

Resultados: Buen comportamiento a fluencia incluso con espesores de óxido relevantes (120 micras)

Rotura de vaina a deformación del 17% (400ºC/σθ=220 MPa)

Rotura por impacto de vainas hidruradas (ETSI Caminos)(2011-2014)

Objetivo: determinar un criterio de rotura en función del contenido de hidrógeno y de la temperatura

Composición isotópica barra ZIRLO elevado BU:

Análisis ENUSA: ITEC-1185 "Evaluación de la Isotopía del Combustible de Alto Quemado con la secuencia SAS2H de SCALE4.4"

Inclusion de datos en la base de datos SFCOMPO de la NEA-OECD

Resultados utilizados para la validación del código SCALE entre otros para elevados quemados (mayoría de datos BU<40 MWd/tU)

NUREG/CR-7013 y NUREG-CR-7012

Proyecto I+D+i BWR

Barra GE-14

Vaina Zry-2 con liner

Fabricación: ENUSA

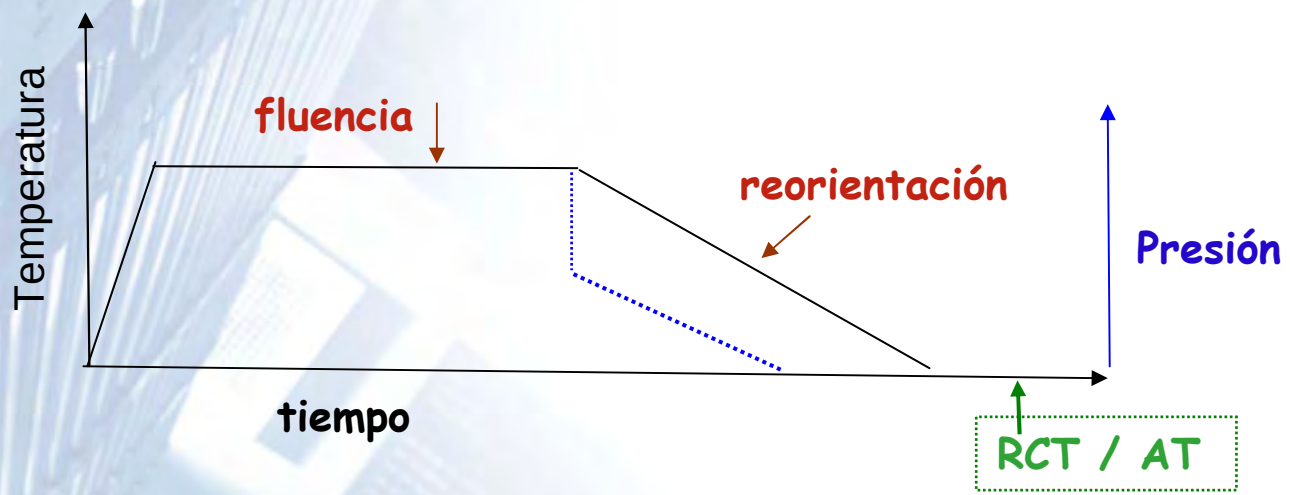
Irradiación: Forsmark 3 / BU medio 41300 MWd/tU

Isotopía: 8 probetas

Ensayos mecánicos:

Creep: T ≤ 400°C / σθ ≤ 190 MPa

Tracción uniaxial y compresión en anillo: 135°C



Resultados ensayos fluencia

Probeta	T (ºC)	Enfriamiento	Ensayos mecánicos (135ºC)	σ_θ (MPa)	Veloc. Creep (%/dia)
D	400	Reducir σθ a 70 MPa	RCT	190	0.011
B	400		RCT	160	0.0053
C	400	Reducir σθ a 60 MPa	RCT	130	0.0022
A	400		RCT	100	0.0016
E	360		ATT	160	0.0015

▼σθ

▼velocidad de fluencia

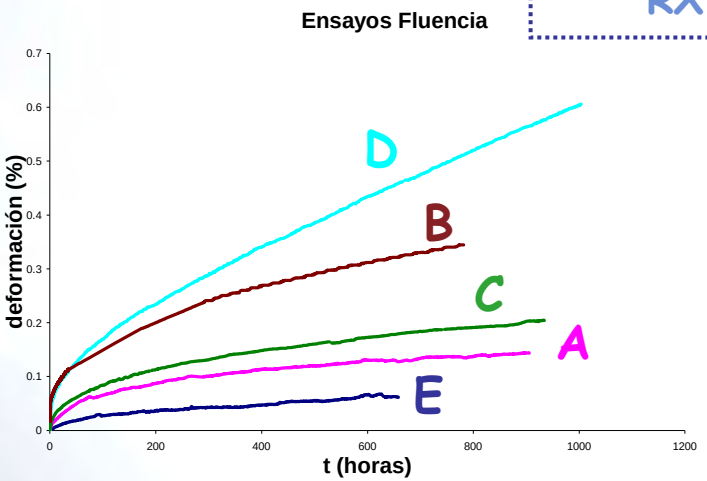
ZIRLO

Veloc. Creep (%/dia)
0.014
0.0091
ND
ND
ND

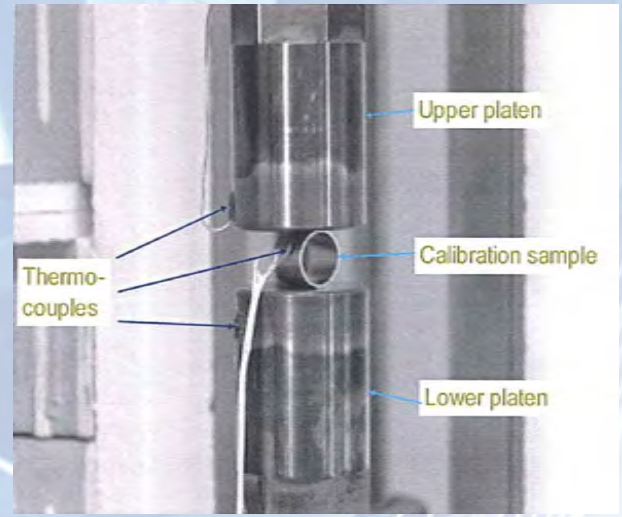
Velocidad fluencia

RX<CWSR

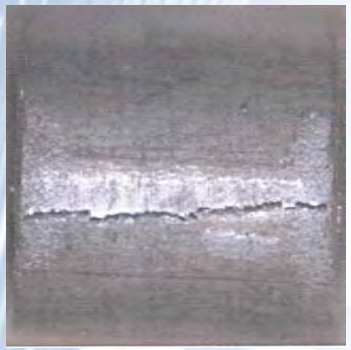
Importante efecto de la temperatura en la fluencia

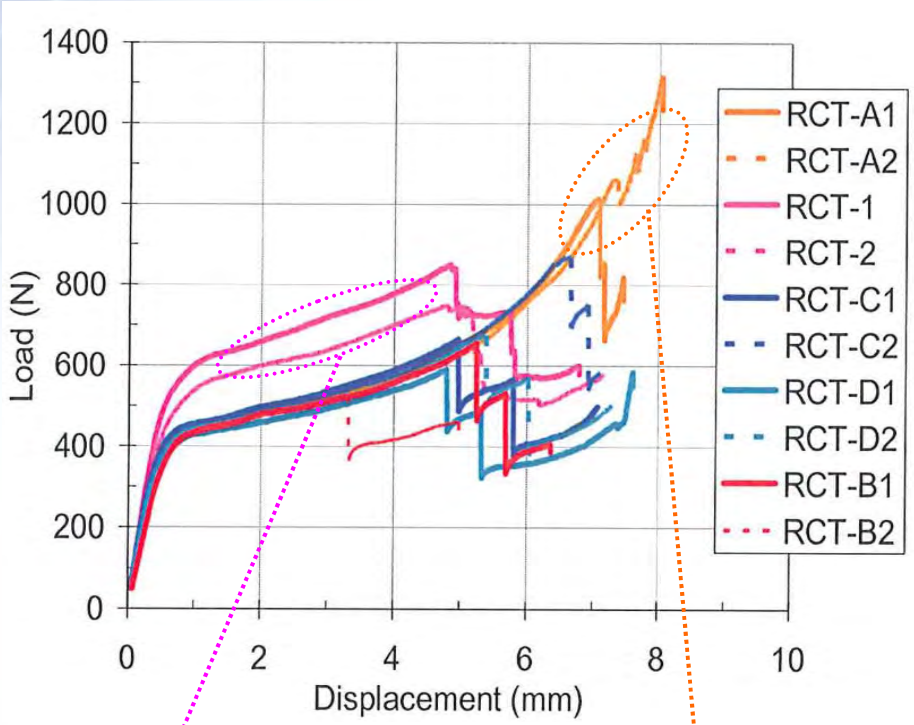


Resultados compresión en anillo



T=135°C





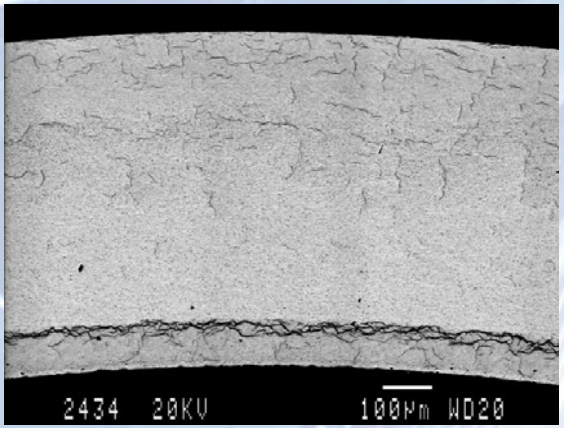
Probeta no ensayada a fluencia

Probeta A (400°C/100 MPa)

Fn=0.75

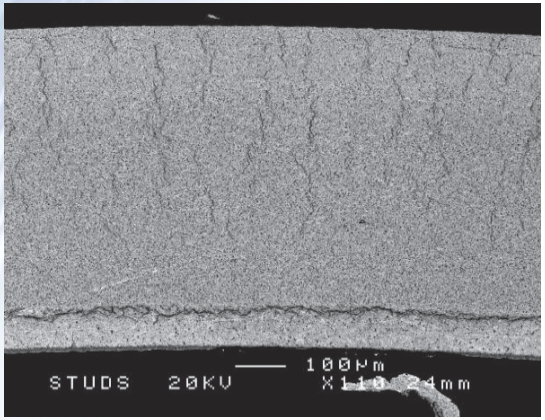
Resultados compresión en anillo

Probeta no fluencia



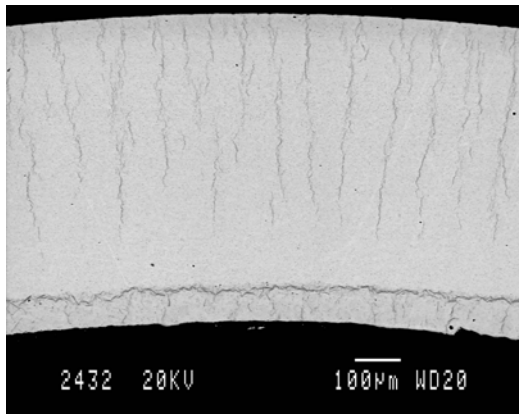
Carga rotura: 802 N

Probeta C
(400°C/ 130 MPa)



Carga rotura: 767 N

Probeta B
(400°C / 160 MPa)



Carga rotura: 595 N

Análisis en curso

Efecto de la deformación previa

Recocido del daño por irradiación

Efecto de la orientación y contenido de hidruros

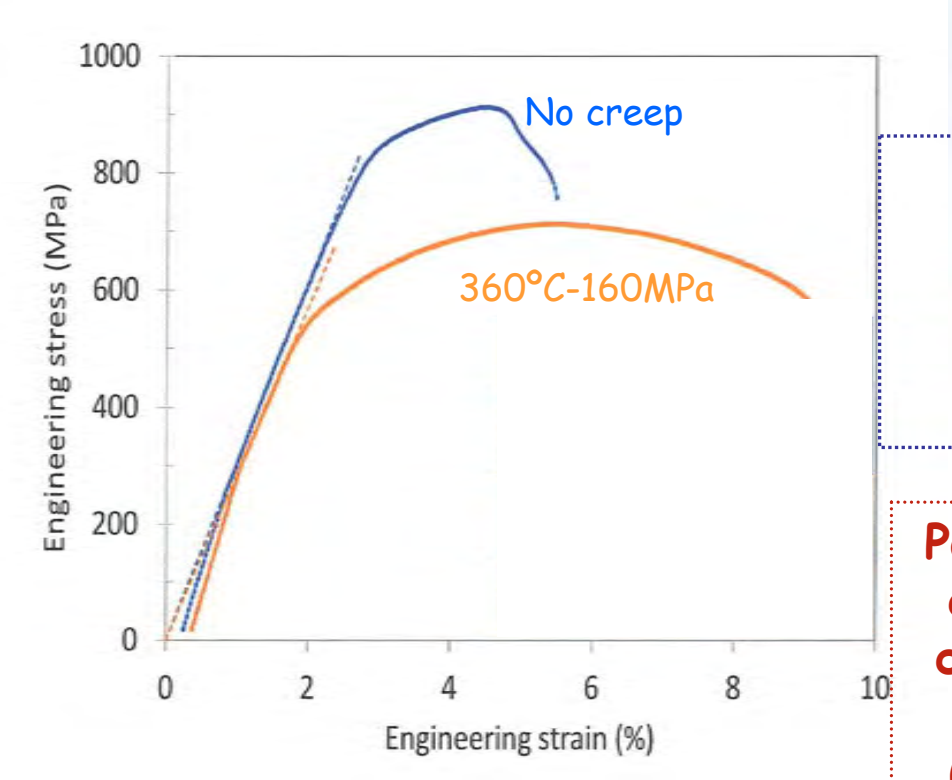
Propiedad de ENUSA

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

enresa

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Resultados ensayos tracción axial



Probeta sometida a ensayo fluencia

< Límite Elástico

>Ductilidad

Posible eliminación del daño por irradiación durante el ensayo de fluencia (360°C / 700horas)

T=135°C

Elevada ductilidad remanente en ambos casos (3 y 7%)

ATT-3 ATT-E

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR enresa ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Análisis isotópico

Muestra	BU estimado (MWd/kg)	Posición	Objetivo
1 y 2	~ 50	Superior	Repetitividad
3 y 7	~ 50	Inferior	Repetitividad
4	~ 53	-	Quemado
5	~42	Superior	Efecto huecos
6	~42	Inferior	Efecto huecos
8	~39	Superior	Efecto huecos

Efecto huecos

Pocas medidas en la industria y de bajos quemados

Colaboración ORNL

Análisis realizado por ENUSA

ITEC-1648 "Evaluación de la isotopía de las muestras irradiadas en Forsmark 3 con TRITON"

- determinación del contenido isotópico de las muestras con la secuencia TRITON de SCALE6
- análisis de la consistencia de las medidas experimentales con los resultados de estos cálculos
- Comparación con otras muestras BWR existentes en la literatura pública

Conclusiones

- Medido vs calculado no depende del grado de quemado de la muestra ni de la fracción de huecos o densidad del moderador
- Para la mayor parte de los isótopos medido vs calculado es consistente con otras medidas disponibles en la literatura
- Diferencias significativamente mayores
  - U-235 (-20%)
  - Cm-244 (+90%)

2012: Workshop Vattenfall (CASMO) / ORNL (TRITON) / ENUSA (TRITON) / CSN (TRITON)

Conclusiones

CSN/ENRESA/ENUSA colaboran en proyectos de I+D+i en relación con el almacenamiento en seco y transporte del combustible gastado

Los ensayos de fluencia en condiciones de temperatura y presión limitantes, muestran velocidades inferiores en material BWR que en material PWR.

Se debe analizar con mayor profundidad la ductilidad remanente en la vaina, considerando además del porcentaje de hidruros radiales, el proceso térmico-tensional previo al que ha estado sometido el material y el daño por irradiación.

Los resultados de los ensayos de tracción uniaxial, ponen de manifiesto el efecto en las propiedades mecánicas de la eliminación del daño provocado por la irradiación.

Para la mayor parte de los isótopos la relación medido/ calculado es consistente con otras medidas disponibles en la literatura. Se observan diferencias significativamente mayores para el U-235 y Cm-244

Radioprotectores de origen alimentario para pacientes y trabajadores en procedimientos médicos con radiaciones

José Miguel Soriano

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Valencia

ÍNDICE

Técnicas de reducción a pacientes y trabajadores en procedimientos de tratamiento o diagnóstico médico con radiaciones

Actividad 1. Evaluación de la citotoxicidad y genotoxicidad de los radioprotectores

Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados

Actividad 3. Elaboración del libro "Últimos avances en radioprotectores de origen alimentario"

JORNADA TÉCNICA SOBRE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL CSN

ESTUDIO DE RADIOPROTECTORES DE ORIGEN ALIMENTARIO PARA PACIENTES Y TRABAJADORES EN PROCEDIMIENTOS DE TRATAMIENTO O DIAGNÓSTICO MÉDICO CON RADIACIONES (2696/SRO)

Dr. Jose Miguel Soriano del Castillo
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública-Universidad de Valencia

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
Núm. 46 Lunes 23 de febrero de 2009 Sec. III. Pág. 19001

III. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

3020 *Resolución de 4 de febrero de 2009, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria, para el año 2009, de las ayudas para la realización de proyectos de I+D relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica.*

n. Técnicas de reducción de dosis a pacientes y trabajadores en procedimientos de tratamiento o diagnóstico médico con radiaciones.

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Dr José M. Soriano
Dr. Jordi Mañes
Dra. Carla Soler
Lda. Natividad Sebastià
Dpto. de Medicina Preventiva y Salud Pública
Facultat de Farmacia

GENERALITAT VALENCIANA
La Fe Hospital Universitari i Politècnic

Dra. Alegria Montoro
Dr. Ignacio Villaescusa
Dr. Miguel Almonacid
Laboratorio de Dosimetría Biológica.
Servicio de Protección Radiológica

Dr. Gumersindo Verdú
Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

Actividad 1. Evaluación de la citotoxicidad y genotoxicidad de los radioprotectores
Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados
Actividad 3. Elaboración del libro "Últimos avances en radioprotectores de origen alimentario"

Actividad 1. Evaluación de la citotoxicidad y genotoxicidad de los radioprotectores

Radioprotección: ámbito laboral

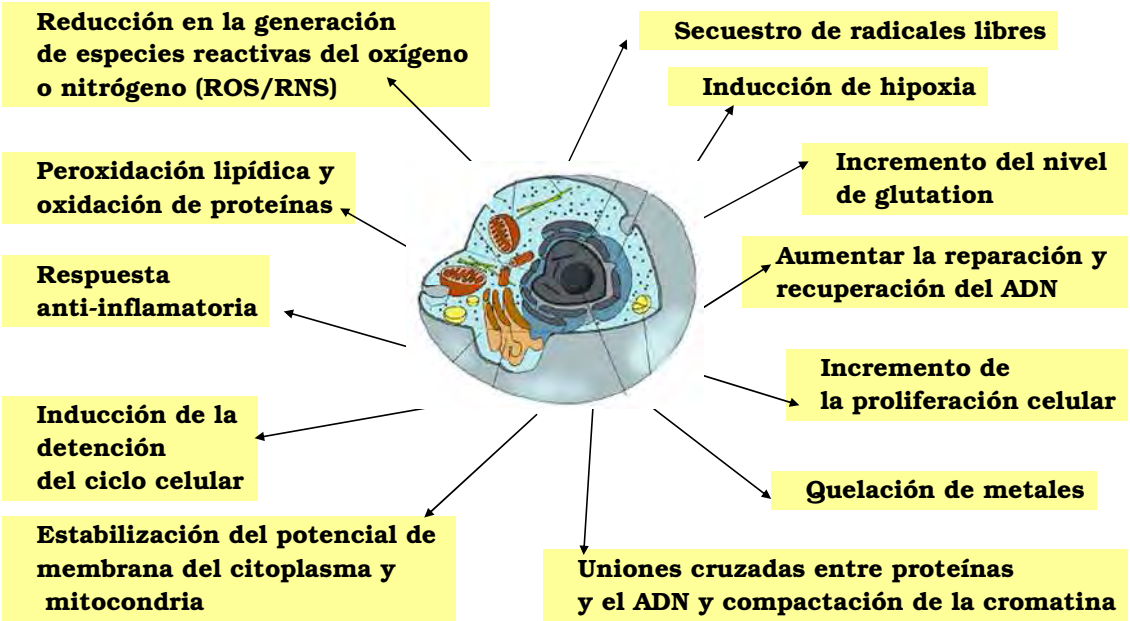
Trabajadores expuestos a dosis anuales >10 mSv

Operaciones especiales o trabajos de riesgo

Radioterapia/ combinación con quimio-radioterápicos/ cáncer

No hay ningún agente radioprotector que posea todos los prerrequisitos de un ***radioprotector ideal***:

- Que no produzca toxicidad acumulativa o irreversible
- Que ofrezca una protección a largo plazo
- Que posea una duración de 2-5 años
- Que sea fácilmente administrable



9. The Effect of X-rays on the Conjugated Protein *d*-Amino-acid Oxidase

By **Walter M. Dale**, *From the Christie Hospital and Holt Radium Institute, Manchester*

(*Received 22 December 1941*)

In a previous paper [Dale, 1940] the effect of X-rays on crystalline carboxypeptidase and polyphenol oxidase was investigated mainly in regard to the radiosensitivity of these enzymes as a function of their concentration. One of the findings of this investigation was that enzymes are affected by reasonably small doses of X-radiation. Since their high chemical activity allows the measurement of radiation effects on them in concentrations as low as those in which they occur in living matter, they are well suited for a more differentiating examination of their radiosensitivity at such concentrations.

The work of Theorell [1937] and Warburg & Christian [1938] has established that a number of enzymes consist of conjugated proteins, and are separable into a chemical compound of a relatively low molecular weight (prosthetic group sometimes called co-enzyme) and a highly specific protein, both of which are necessary for enzymic activity. There is, therefore, an opportunity of measuring the effect of radiation on these components singly, together, and in combination with the substrate and other compounds.

α-Amino-acid oxidase [Krebs, 1933, 1, 2; 1935], as one of those enzymes whose prosthetic group and specific protein can be separated, has been chosen as the subject of this investigation. Also its prosthetic group, alloxazinadeninedinucleotide, is of nucleotide nature and this forms a first step to the study of the radiosensitivity of nuclear substance on which attention has been focused for a long time.

Experimental

Alloxazinadeninedinucleotide. The Ba salt of the alloxazinadeninedinucleotide (in the following called for shortness 'dinucleotide') was prepared from baker's yeast [Warburg & Christian, 1938]. The fraction containing typical deep-brown globules forming clusters of the shape of grapes was used. Its purity was confirmed by spectrophotometric test kindly carried out by Dr A. S. Gillam of Manchester University. A stock solution of dinucleotide of a concentration of 50 μg./ml. was kept without any preservative, in the refrigerator in a frozen state, thawed and thoroughly mixed before being used. In the majority of the experiments 0·56 μg. of dinucleotide saturated the specific protein to about 50 %.

Specific protein preparation. Two types of preparation were available: the highly purified but unstable preparation of Negelein & Brömel [1939], or the less pure preparation of Warburg & Christian [1938]. It was decided to use the latter because for the work described in this paper the greater stability of the preparation outweighs the advantage of increased purity. It was, however, possible in some cases to increase the purity without loss of stability.

The best protein preparation, used in most of the experiments, contained 0·138 mg. protein in 2 mg. of preparation. In the alanine test 2 mg. of the preparation with 5 μg. of dinucleotide took up 105·5 μl. O_2 in 10 min. and 1·5 mg. with 0·56 μg. dinucleotide took up 70·5 μl. O_2.

The amount of protein preparation used in the experiments was as a rule 1·5 mg. dissolved in 2·0 ml. *M*/20 $Na_4P_2O_7$ of *p*H 8·3. The activities of different preparations, of course, varied.

Manometric technique. All measurements were carried out at 38° in Barcroft-Warburg manometers with conical vessels with side bulb and centre cup for KOH. The various

Radiologists

Walter Max Dale (formerly Deutsch) (1894–1969): pioneer and eminent radiobiochemist at the Christie Hospital and Holt Radium Institute, Manchester

The Kinetics and Specificities of Deamination of Nitrogenous Compounds by X-radiation

By W. M. DALE, J. V. DAVIES and C. W. GILBERT
Christie Hospital and Holt Radium Institute, Manchester

(*Received* 31 *January* 1949)

In continuation of previous investigations on the specificity of radiation effects (Dale, 1942, 1947; Allsopp, 1944, 1948) we have found that deamination occurs when aqueous solutions of amino-acids are irradiated by X-rays (Dale & Davies, 1949), a fact which was independently observed by Stein & Weiss (1948). The specificity of this reaction and its peculiar kinetics described in this paper are of consequence with respect to the mode of the indirect action of radiation on solutions and probably for the radiobiology of cells. An attempt will be made to interpret the experimental results in terms of the primary formation of radicals from water by X-rays (Weiss, 1944). It is, however, possible that the current concept of radical formation may need modification in view of certain still unexplained facts, for example, the variation of the protective power of certain substances with their concentration (Dale, Davies & Meredith, 1949).

The approach to the problem of the relation between radiation effect and molecular structure of the solute, presented in this paper, is different from that used previously. Whereas then an overall picture of the radiosensitivity of a substance was indirectly obtained by measuring the competition between two solutes for the available radiation

Letters to Editor

nature **163**, 64-65 (08 January 1949) | doi:10.1038/163064b0

Relationship Between Structure of Nitrogenous Compounds and their Sensitivity to X-Rays

W. M. DALE & J. V. DAVIES

Top

IN previous investigations, the dependence of sensitivity to X-radiation on molecular structure has been examined for various compounds1. One of our more recent, unpublished, results is the deamination of amino-acids by X-radiation, which has been reported independently by Stein and Weiss2. On the basis of our experimental results however, some difficulties exist concerning the mechanism of the reaction. Weiss3 has put forward the hypothesis that the reaction of ionizing radiations is due to the formation of radicals formed by the splitting of water molecules. This simple mechanism should give an ionic yield of not more than unity if one OH radical is involved in the deamination of one mono-amino-mono-carboxylic acid molecule, and this appears to be the yield reported by these authors. We have, however, found that the ionic yield of the deamination of glycine rises gradually with its concentration to a value of three for 0Â·2 gm./ml. (see). This ionic yield exceeding unity means, when interpreted in terms of radicals, that one OH radical can affect more than one amino-acid molecule, which is unlikely, or that one ion pair can give rise to more than one OH radical, or that some of the radiation energy can form radicals by excitation rather than by ionization. In general, therefore, one would always expect an ionic yield exceeding unity in relatively concentrated solutions, independent of the nature of the solute, with perhaps the exception of very big molecules. A further possibility, but remote in the case of deamination, would be a chain reaction of some sort.

Table 1. *Ammonia yield from amino-acids and other nitrogen-containing compounds in* 0·13 M-*solution after exposure to an X-ray dose of* 166,000 *r*.

Substance	μg. NH_3/ml.
Glycine	8·1
Glycine + 1 equiv. HCl	5·0
Glycine + 18 equiv. NaOH	8·0
Alanine	7·2
β-Alanine	4·3
Histidine	11·8
Histidine monohydrochloride	10·6
Lysine monohydrochloride	3·7
Arginine	7·5
Cystine + 1 equiv. HCl	6·3*
Cystine + 1 equiv. NaOH	19·0*
Methionine	6·6†
Glycine anhydride	1·3
Glyoxaline	3·0
Glycylglycine	12·5
Glycylglycine + HCl	3·8
Leucylglycine	6·6
Diglycylglycine	7·0
Proline	0
Urea	0·2
Guanidine carbonate	0
Thiourea	1·4
[Carboxypeptidase‡, 2·3%, $6{\cdot}6 \times 10^{-4}$ M	9·1*]

* Large blank.
† Relatively large blank.
‡ Mol. wt. 32,000 (Putnam & Neurath, 1946); 34,000 (Dale, Gray & Meredith, 1949).

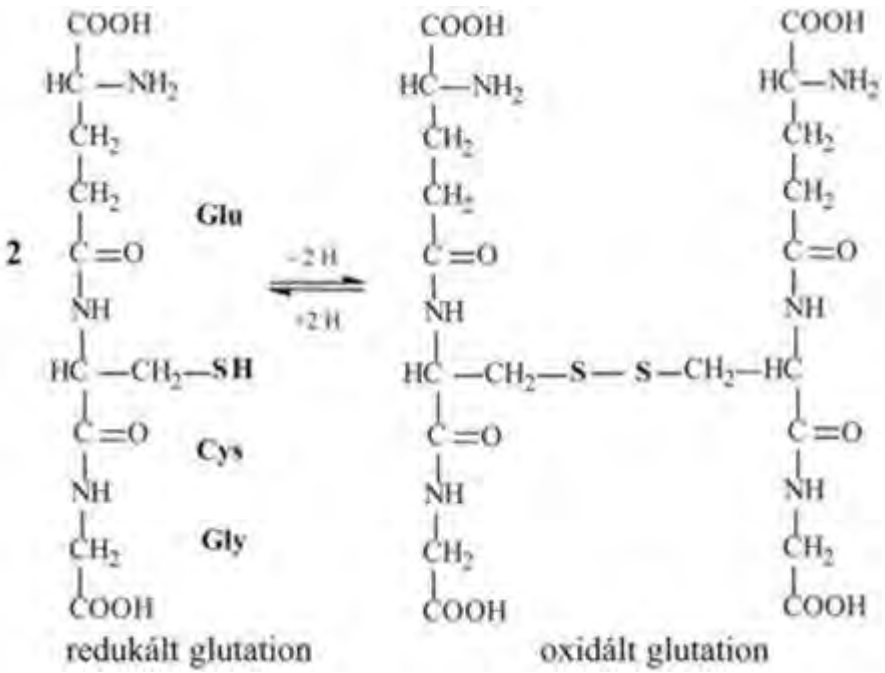
Société de biologie

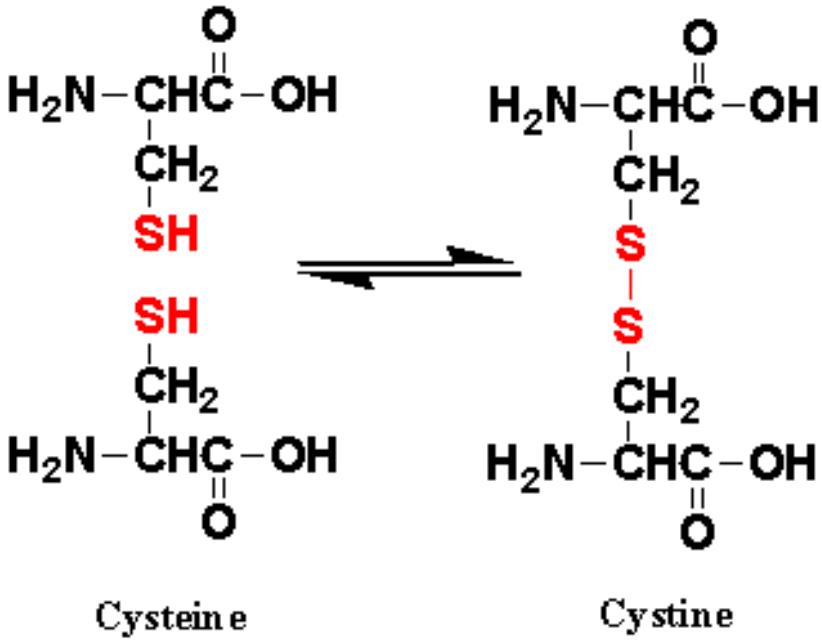
C R Seances Soc Biol Fil. 1948 Apr;142(7-8):497-9.

THE PROPERTIES OF X-RAY-INACTIVATED BACTERIOPHAGE

[Article in Undetermined Language]

LATARJET R, EPHRATI E.





Arch Int Physiol. 1951 Dec;59(4):442-7.

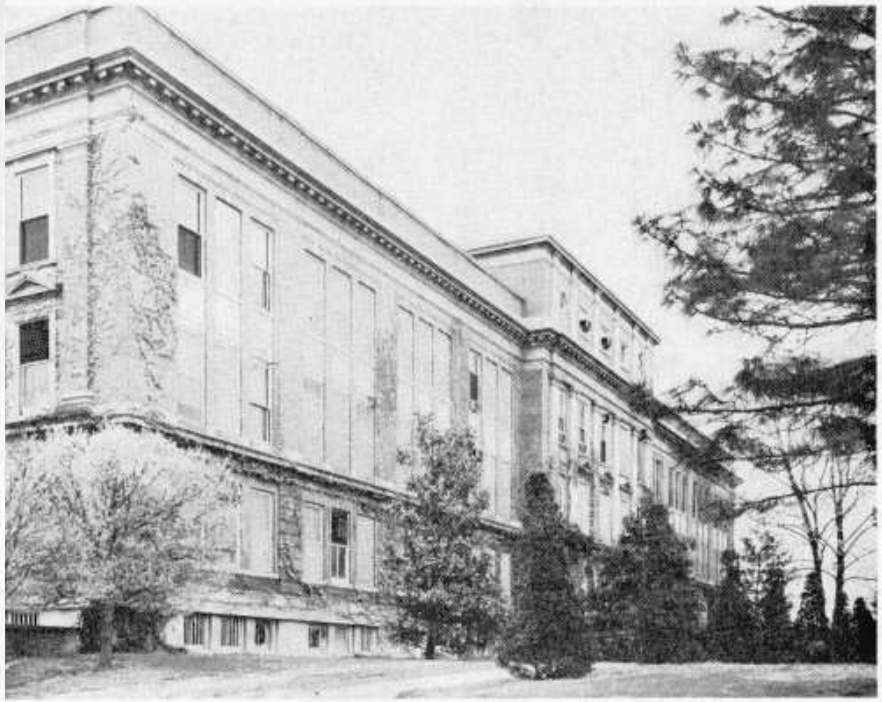
[Protection against x-rays by beta-mercaptoethylamine].

[Article in Undetermined Language]

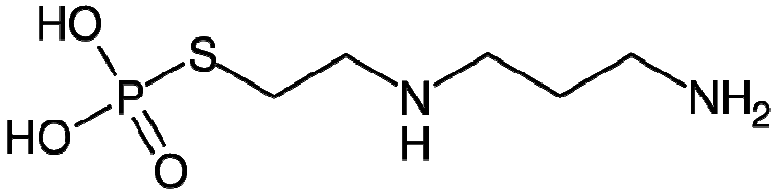
BACQ ZM, HERVE A, LECOMTE J, FISCHER P, BLAVIER J.

Cysteamine
IUPAC name 2-aminoethanethiol
Other names β-mercaptoethylamine 2-aminoethanethiol 2-mercaptoethylamine decarboxycysteine thioethanolamine

Walter Reed Army Medical Center, Washington, D. C. (Left background) Walter Reed Army Institute of Research; (center background) Armed Forces Institute of Pathology; (foreground) Walter Reed Army Hospital



Main building, Walter Reed Army Institute of Research, Walter Reed Army Medical Center, Washington, D.C.



WR-2721 (amifostine)

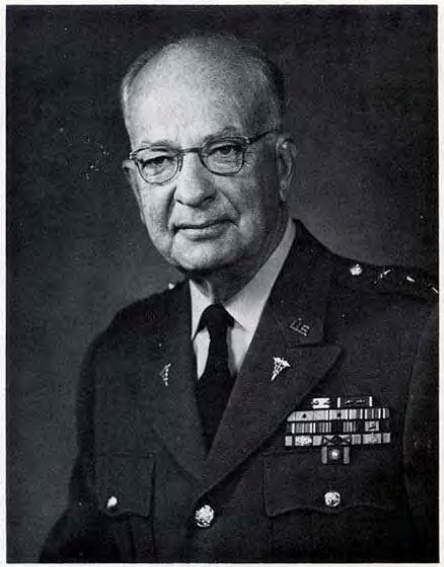
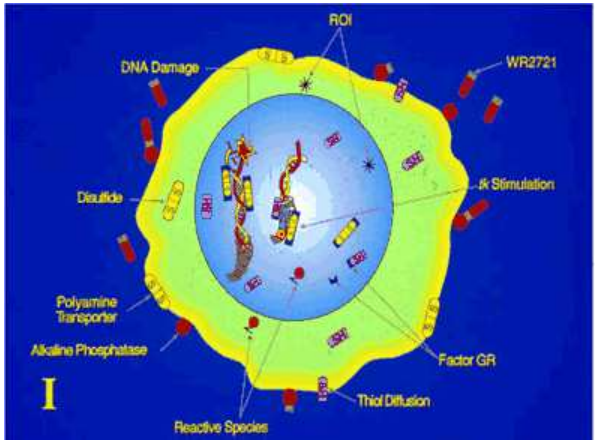


FIGURE 1.—Lieutenant General Leonard Dudley Heaton, The Surgeon General, United States Army, 1959–1969.



$$H_2N\text{-}(CH_2)_3\text{-}NH\text{-}(CH_2)_2\text{-}S\text{-}PO_3H_2$$

WR-2721 (amifostine)

↓ membrane-bound alkaline phosphatase

$$H_2N\text{-}(CH_2)_3\text{-}NH\text{-}(CH_2)_2\text{-}SH$$

WR-1065

oxidation ↓ ↑ reduction

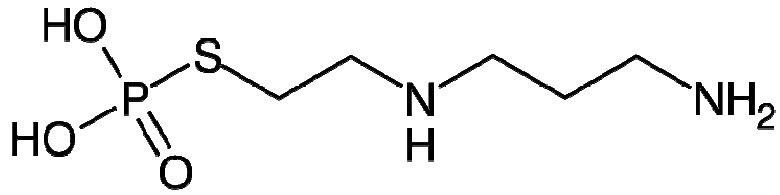
$$H_2N\text{-}(CH_2)_3\text{-}NH\text{-}(CH_2)_2\text{-}S\text{-}S\text{-}(CH_2)_2\text{-}NH\text{-}(CH_2)_3\text{-}NH_2$$

WR-33278

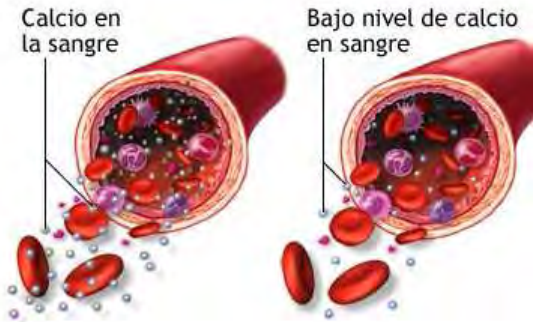
Table II. Reactions produced by radiotherapy which can damage DNA and kill cells, and reactions with thiols which may result in radioprotection[103,104]

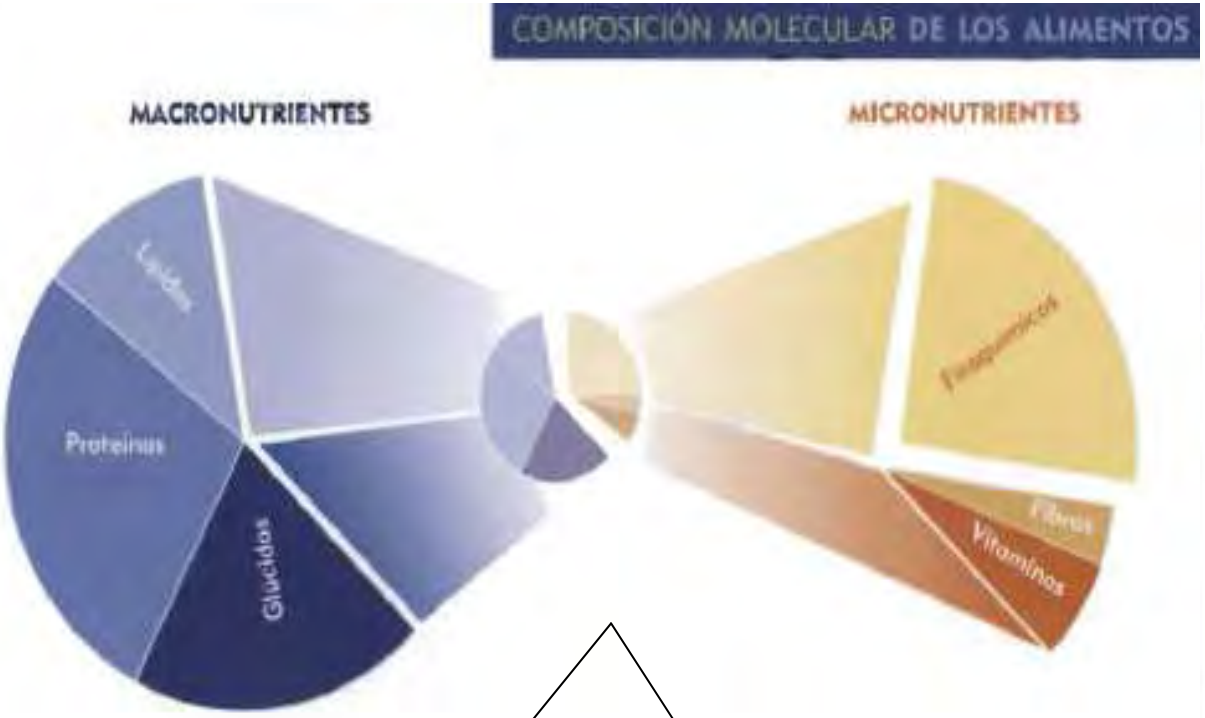
Reaction	Effect
Irradiation-induced damage	
$DNA \rightarrow DNA^{\bullet} + e^{-}$	Direct ionisation of DNA
$DNA^{\bullet} \rightarrow DNA^{\bullet} + H^{\bullet}$	Production of DNA radicals
$DNA + {}^{\bullet}OH \rightarrow DNA^{\bullet} + H_2O$	Hydrogen atom abstraction
$DNA + {}^{\bullet}OH \rightarrow DNA(OH)^{\bullet}$	Addition of hydroxyl radical to DNA (these radicals are generated by ionisation of other cellular constituents and damage DNA)
$DNA^{\bullet} + O_2 \rightarrow DNAO_2^{\bullet}$ $+ H^{\bullet} \rightarrow DNAO_2H$	Fixation of irradiation-induced DNA radicals by oxygen, which generates hydroperoxides (decreased cell survival)
Protective mechanisms	
$RSH + {}^{\bullet}OH \rightarrow RS^{\bullet} + H_2O$ $RS^{-} + {}^{\bullet}OH \rightarrow RS^{\bullet} + OH^{-}$	Radical scavenging before DNA is damaged
$DNA^{\bullet} + RSH \rightarrow DNA + RS^{\bullet}$ $DNA^{\bullet} + RS^{-} \rightarrow DNA^{-} + RS^{\bullet}$	Repair of irradiation-induced DNA radicals by thiols (increased cell survival)
Potentially damaging mechanism	
$DNA + RS^{\bullet} \rightarrow DNA^{\bullet} + RSH$	Formation of RS radicals could also damage DNA

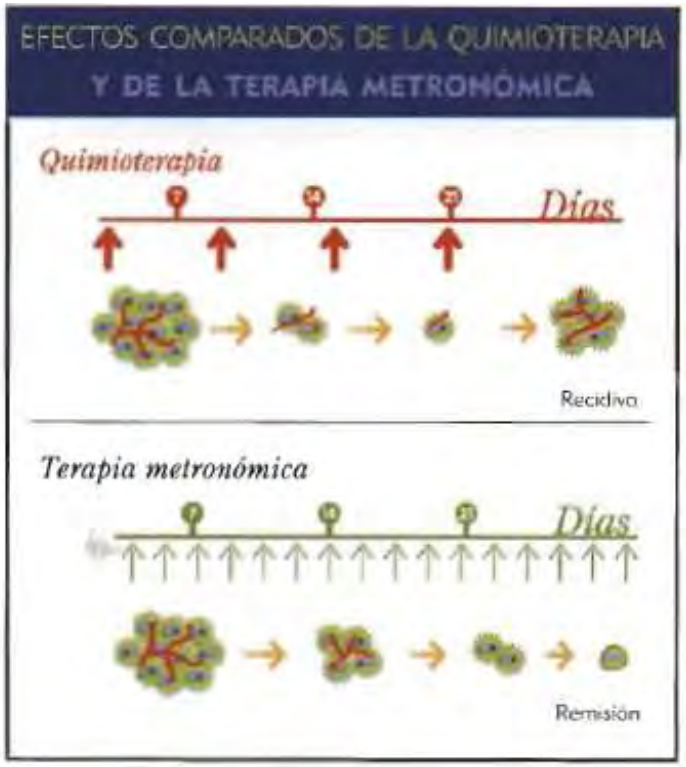
Abbreviations: $DNA^{\bullet}$ = DNA radical; $DNAO_2^{\bullet}$ = DNA peroxy radical; $DNAO_2H$ = DNA hydroperoxide; e^{-} = electron; H^{+} = hydrogen ion; $H^{\bullet}$ = hydrogen atom; OH^{-} = hydroxide ion; ${}^{\bullet}OH$ = hydroxyl radical; RSH = thiol; RS^{-} = thiolate ion; $RS^{\bullet}$ = thiyl radical.



WR-2721 (amifostine)

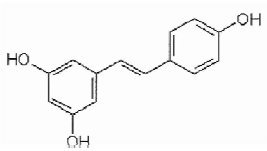


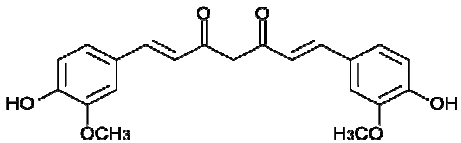




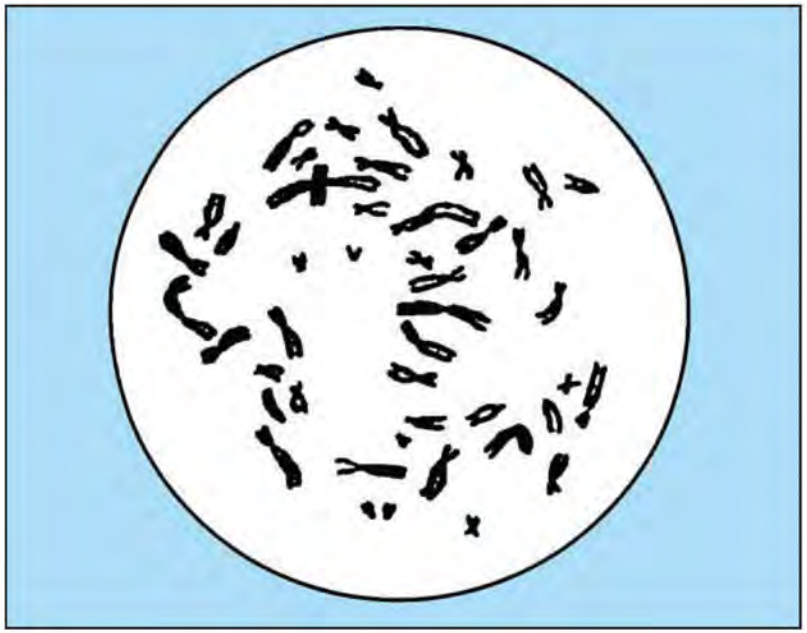
Extracto alimentario Componente biológicamente activo de los alimentos/nutrientes

Individual Colectivo





Metodología



TECHNICAL REPORTS SERIES No. **405**

Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment

A Manual

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2001

EPR-BIODOSIMETRY 2011

EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE

Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies

IAEA WHO

PUBLICATION DATE: SEPTEMBER 2011

IAEA
International Atomic Energy Agency

1. Extracción de sangre, irradiación y condiciones de cultivo

1. Recogida de muestras de sangre humana en tubos vacutainer estériles

2. Adición a la sangre de concentraciones crecientes de resveratrol (0-50µg/mL) y curcumina (0-500 µg/mL)

3. Incubar 1h en agua a 37ºC

4. Irradiación de muestras a 2Gy con una Unidad de Cobalto (IAEA)

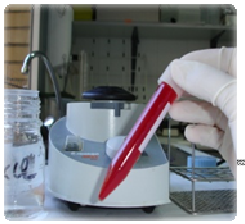
Para estudio radioprotección

5. Incubar 1h en agua a 37ºC

6. Cultivo de la sangre en un medio PB-MAX durante 48h a 37ºC.

7. A las 46 horas se añadió 150µL de Colcemid® para detener el ciclo celular en la metafase

8. A las 48 h, centrifugar y eliminar plasma



9. Choque hipotónico con KCl

10. Centrifugar y eliminar KCl

11. Lavar y fijar los linfocitos con Carnoy (MeOH/Ácido acético 1:3)

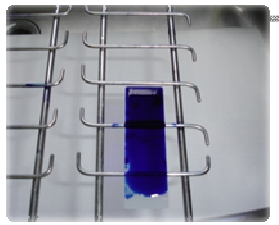
citogenética

2. Análisis citogenético para el estudio del efecto radioprotector

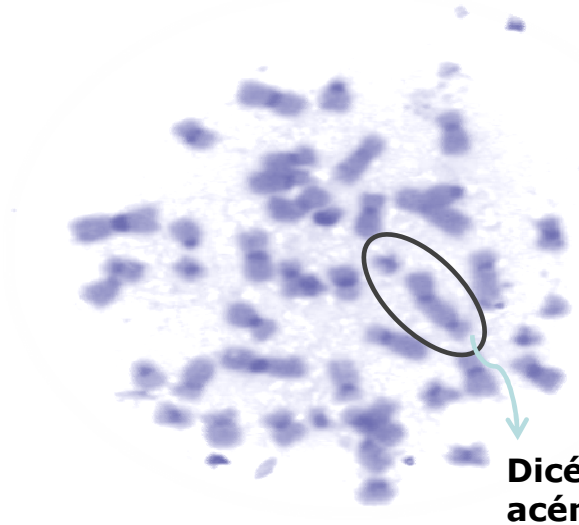
1. Extensión en los portaobjetos las metafases de los linfocitos

2. Envejecer las extensiones 48h en incubadora a 37 ºC

3. Tinción de Bandas C (tinción del centrómero del cromosoma)

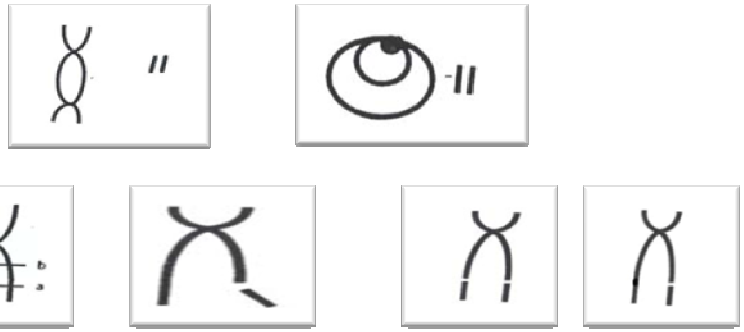


4. Análisis microscópico y clasificación de las **alteraciones:**



Dicéntrico + acéntrico

- **Cromosoma dicéntrico + acéntrico**
- Anillo
- Inversiones y translocaciones
- Roturas de cromátida
- Gap

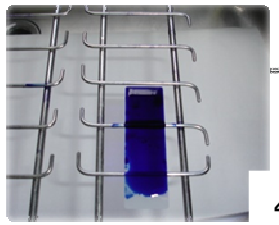


ALTERACIONES CROMOSÓMICAS

2. Análisis citogenético para el estudio de la citotoxidad y genotoxicidad de los radioprotectores

1. Extensión en los portaobjetos las metafases de los linfocitos

2. Envejecer las extensiones 48h en incubadora a 37 ºC



3. Tinción de Fluorescencia más Giemsa

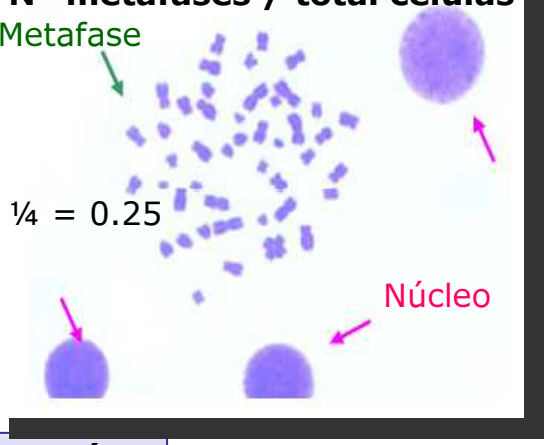
4. Análisis microscópico y clasificación de las **alteraciones cromosómicas de los índices de cito y genotoxicidad**

- Cromosomas dicéntricos
- Anillo
- Inversiones y translocaciones
- Roturas de cromátida
- Gap
- Indice Mitótico, Indice de Proliferación e Intercambio de Cromátidas Hermanas

2. Análisis citogenético para el estudio de la citotoxidad y genotoxicidad de los radioprotectores

INDICE MITÓTICO

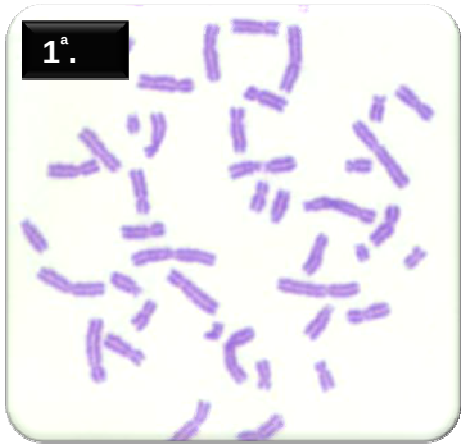
Nº metafases / total células

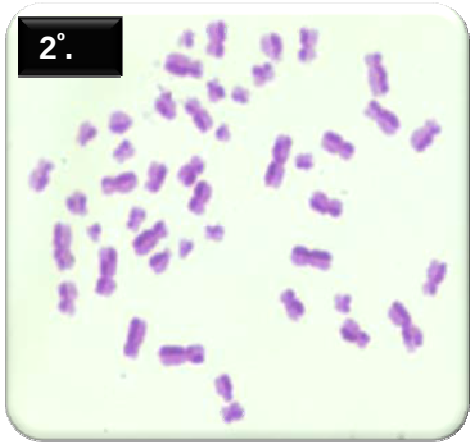


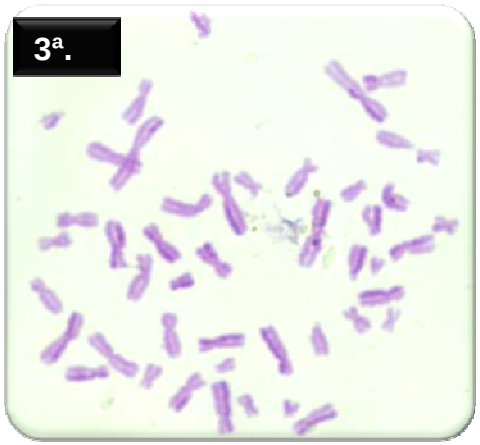
SCE

INDICE DE PROLIFERACIÓN

Nº metafases en 1ª division + 2x nº metafases en 2ª división + 3x nº metafases en 3ª división / 100 células







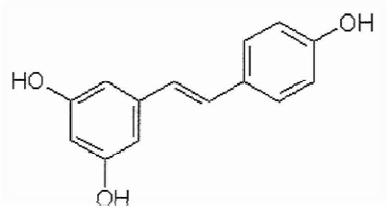
ALTERACIONES CROMOSÓMICAS

Table 1
Frequency and type of chromosomal aberrations per 100 metaphases scored in normal human lymphocyte cultures exposed to serial dilutions of ethanol extract of propolis.

EEP (μg ml⁻¹)	Frequency and type of chromosomal aberrations						
	Chromatid-type		Chromosome type				Total alterations
	Gaps	Breaks	Acentric fragments	Rings	Dicentrics	Others	
Control	0.02 ± 0.01	0	0	0	0	0	0.02 ± 0.01
0 + 95%[a]	0	0	0.04 ± 0.02	0	0	0	0.04 ± 0.02
20	0	0	0.05 ± 0.02	0	0	0	0.05 ± 0.02
40	0	0	0.08 ± 0.03	0	0	0	0.08 ± 0.03
120	0	0	0.08 ± 0.03	0	0	0	0.08 ± 0.03
250	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0	0	0	0.03 ± 0.02
500	0	0	0.02 ± 0.01	0	0	0	0.02 ± 0.01
750	0	0.01 ± 0.01	0.12 ± 0.03[b]	0	0	0.01 ± 0.01	0.14 ± 0.04[c]
1000	0	0.01 ± 0.01	0.12 ± 0.03[b]	0	0	0	0.13 ± 0.04[c]
2000	0	0	0.15 ± 0.04[b]	0	0	0	0.15 ± 0.04[c]

[a] 10 + 95% EtOH: without propolis and with 250 μL of ethanol 95%.
[b] Difference statistically significant ($p < 0.05$).
[c] Difference statistically significant ($p < 0.01$).

ALTERACIONES CROMOSÓMICAS



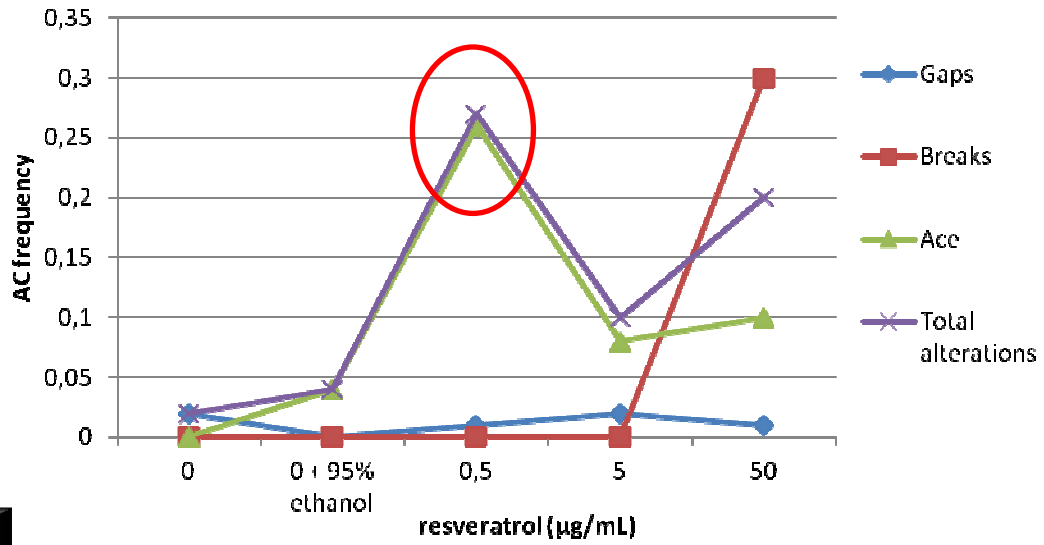
Alteraciones cromosómicas del *trans*-resveratrol

Resveratrol (µg/mL)	Chromatid-type			Chromosome type			Total alterations
	Gaps	Breaks	Others	Acentric fragments	Rings	Dicentrics	
Control	2 ± 0,01	0	0	0 ± 0,00	0	0	0,02 ± 0,01
0 + 95%[b]	0 ± 0,00	0	0	0,04 ± 0,02	0	0	0,04 ± 0,02
0,5	0,01 ± 0,01	0	0	0,26 ± 0,05*	0	0	0,27 ± 0,05*
5	0,02 ±0,01	0	0	0,08 ± 0,03	0	0	0,1 ± 0,03
50	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0	0,1 ± 0,03	0	0	0,13 ± 0,04

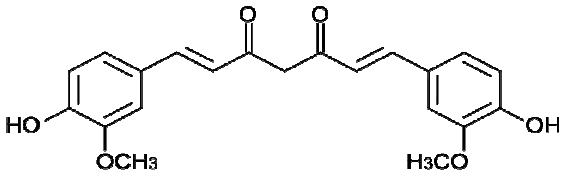
P<0.05

- Las alteraciones cromosómicas más frecuentes fueron los **cromosomas acéntricos**.

- El resveratrol, como otros polifenoles puede actuar como inhibidor de la polimerasa I y provocar inestabilidad cromosómica (Matsuoka et al. 2001)



Agente clastogénico



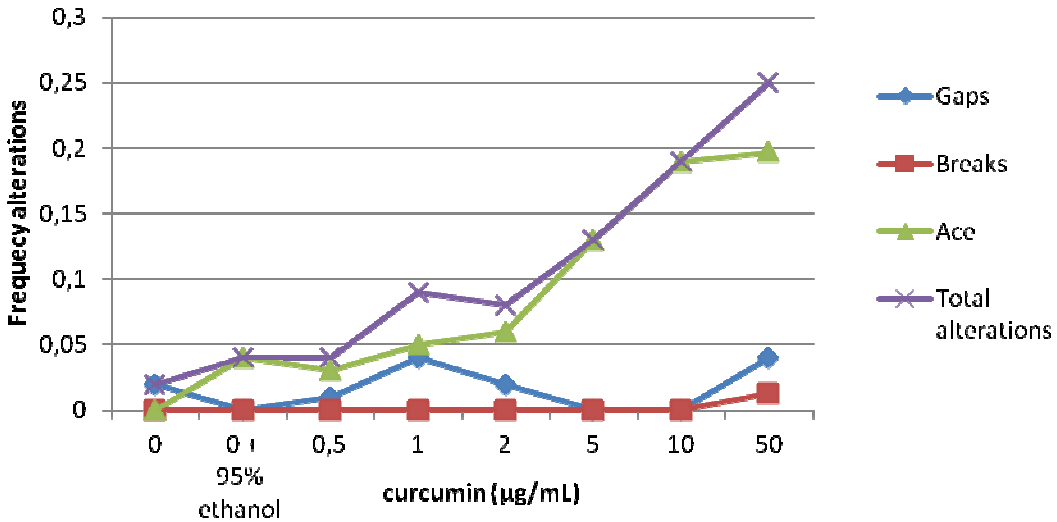
ALTERACIONES CROMOSÓMICAS

Alteraciones cromosómicas de la curcumina

Curcumin (µg/mL)	Chromatid-type			Chromosome type			Total alterations
	Gaps	Breaks	Others	Acentric fragments	Rings	Dicentrics	
0	0.02 ± 0.01	0	0	0	0	0	0.02 ± 0.01
0 + 95% ethanol	0	0	0	0.04 ± 0.02	0	0	0.04 ± 0.02
0.5	0.01± 0.01	0	0	0.03 ± 0.02	0	0	0.04 ± 0.02
1	0.04 ± 0.02	0	0	0.05 ± 0.02*	0	0	0.09 ± 0.03*
2	0.02 ± 0.01	0	0	0.06 ± 0.02*	0	0	0.08 ± 0.03*
5	0	0	0	0.13 ± 0.02*	0	0	0.13 ± 0.04*
10	0	0	0	0.19 ± 0.03*	0	0	0.19 ± 0.04*
50	0.04 ± 0.02	0,013 ± 0.1	0	0.197 ± 0.03*	0	0	0.25 ± 0.04*

P<0.05

- Las alteraciones cromosómicas más frecuentes fueron los **cromosomas acéntricos**.
- La curcumina muestra actividad prooxidante catalizando la degradación del ADN (Hadi et al. 2007).
- Inhibición de la actividad de la Topoisomerasa II por la curcumina (Cao et al. 2007).



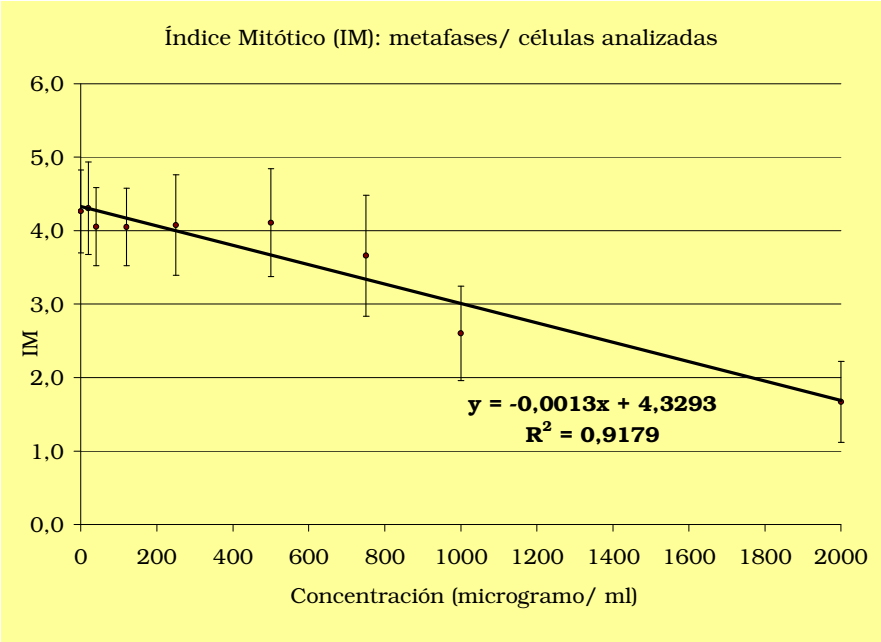
Agente clastogénico

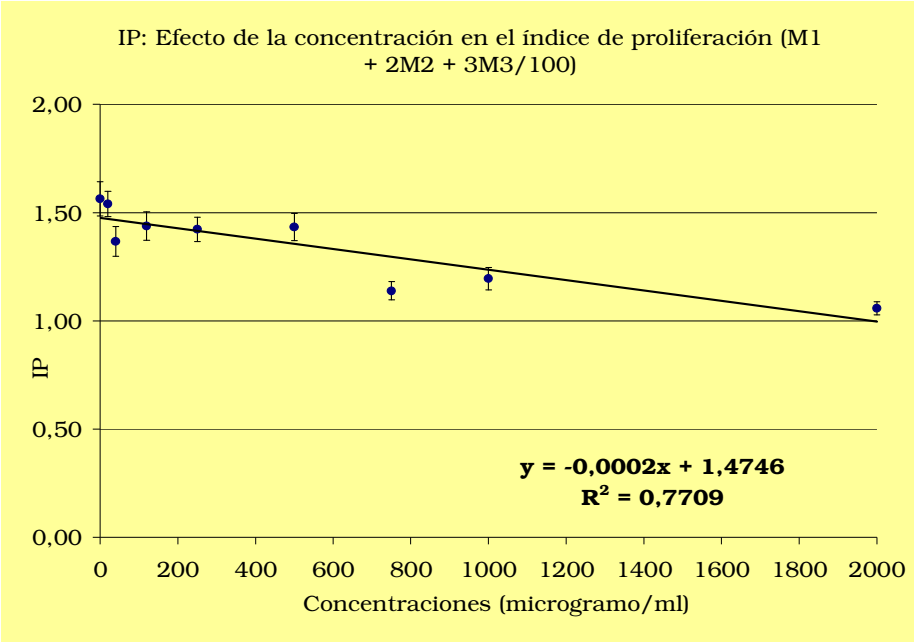
INDICE MITÓTICO

EEP [µg.ml^{-1}	N	Núc.	Meta.	IM	IMR
0	1290	55	1235	0.043 ± 0.006	100
20	1045	45	1000	0.043 ± 0.006	101
40	1381	56	1325	0.041 ± 0.005	95.11
120	1407	57	1350	0.041 ± 0.005	95.02
250	834	34	800	0.041 ± 0.007	95.62
500	730	30	700	0.041 ± 0.007	96.39
750	519	19	500	0.037 ± 0.008	85.86
1000	615	16	599	**0.026 ± 0.006**	61.02
2000	539	9	530	0.017 ± 0.006	**39.16**

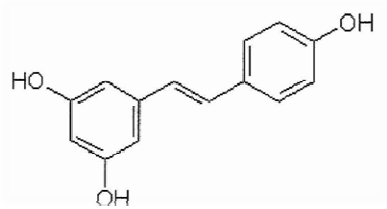
INDICE DE PROLIFERACIÓN

EEP [µg.ml^{-1}]	N	Índice de Proliferación (IP) 0 Gy				
		M1	M2	M3	IP ± SE	IPR
0	110	72	14	24	1.56 ± 0.08	100
20	139	80	43	16	1.54 ± 0.06	98.46
40	101	76	13	12	1.37 ± 0.07	87.38
120	121	84	21	16	1.44 ± 0.07	91.97
250	116	74	35	7	1.42 ± 0.06	90.97
500	141	102	17	22	1.43 ± 0.06	91.62
750	101	90	8	3	**1.14 ± 0.04**	72.82
1000	113	99	6	8	1.19 ± 0.05	76.40
2000	104	100	2	2	1.06 ± 0.03	**67.64**





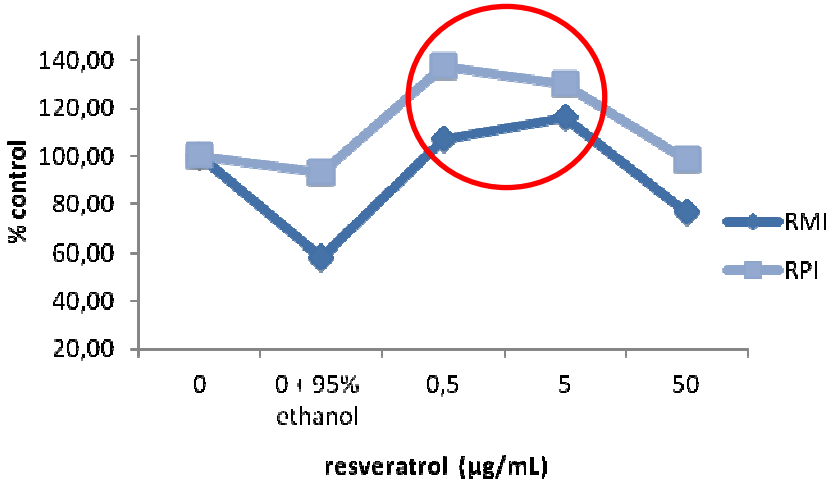
INDICE MITÓTICO **INDICE DE PROLIFERACIÓN**



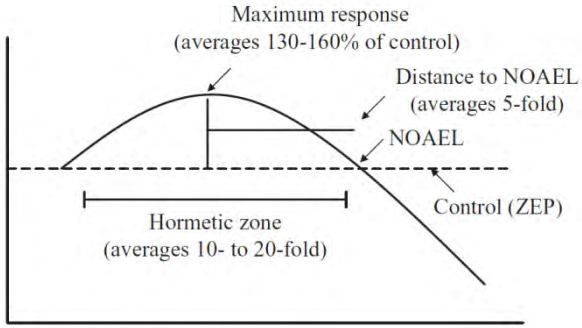
Indice Mitótico (IM) y de Proliferación (IP) del resveratrol

Resveratrol (µg/mL)	IMR	IPR	IM	IP
0	100	100	0,074±0.01	1,64±0.06
0 + 95% ethanol	58,08	93,09	0,043±0.01*	1,53±0.08
0.5	106.91	137,51	0,079±0.01	2,26±0.08*
5	116	129,88	0,086±0.01	2,13±0.07*
10	76.42	98,57	0,057±0.01	1,62±0.06

P<0.05



➢ Incremento tanto del índice mitótico como del índice de proliferación a las concentraciones inferiores.



Respuesta Hormética: el resveratrol muestra efectos opuestos a los esperdos a bajas dosis

❖ Marques et al. (2010) observó que a bajas dosis el resveratrol estimulaba la proliferación de células sanas.

Human and Experimental Toxicology
29(12) 980–1015
© The Author(s) 2010
Reprints and permission:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav

Resveratrol commonly displays hormesis: Occurrence and biomedical significance

Edward J Calabrese[1], Mark P Mattson[2] and Vittorio Calabrese[3]

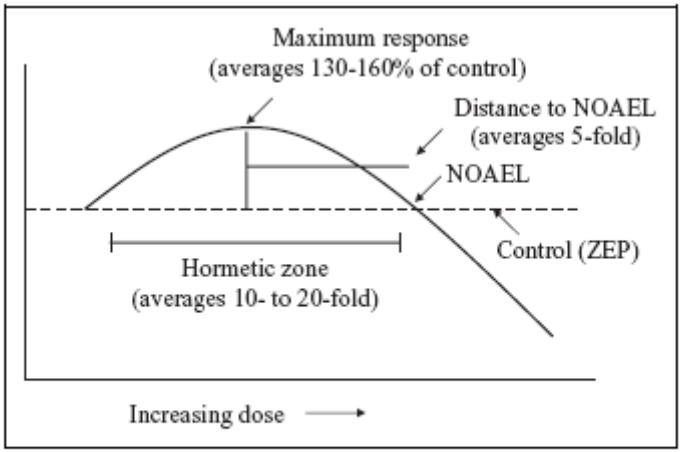
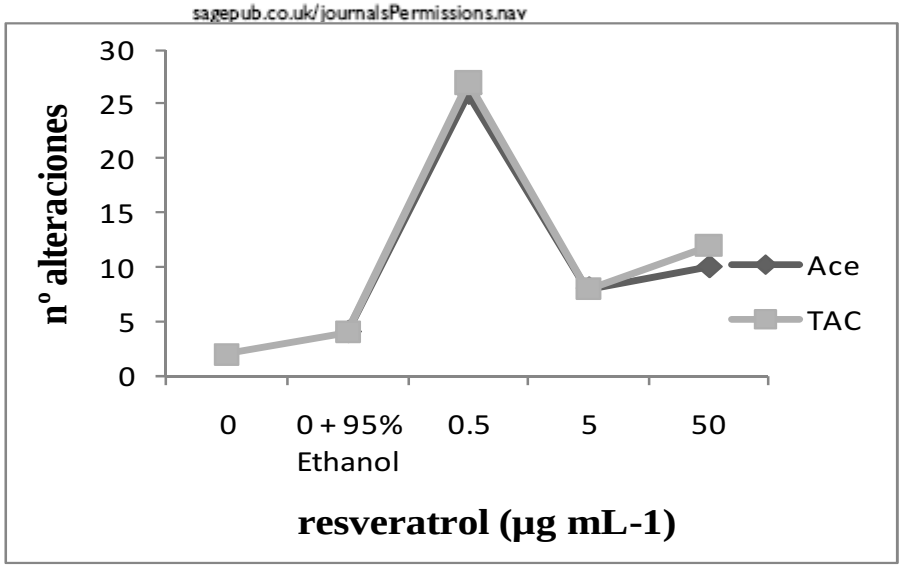
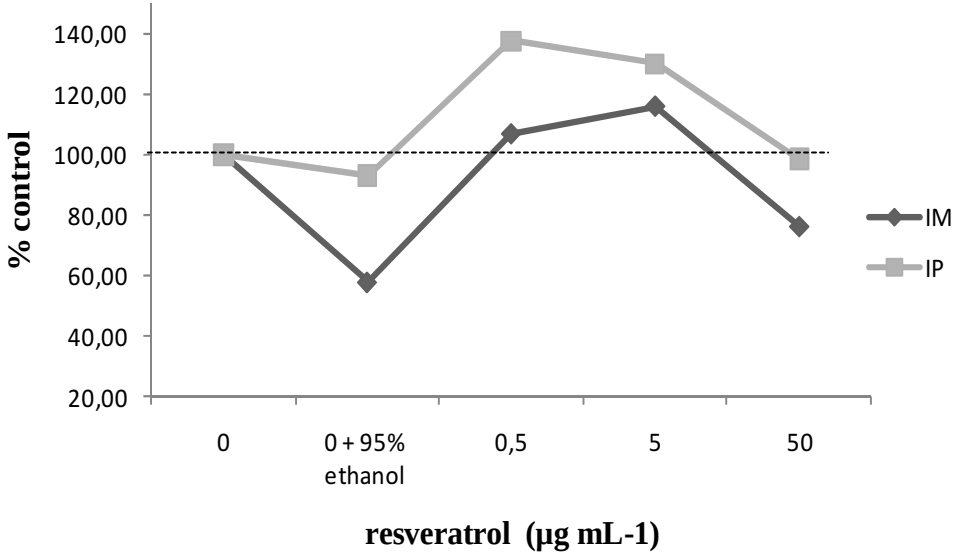
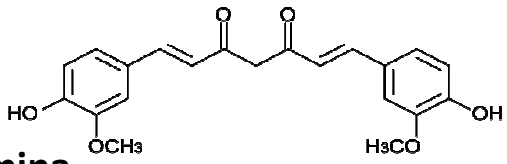


Figure 1. Dose-response curve depicting the quantitative features of hormesis.





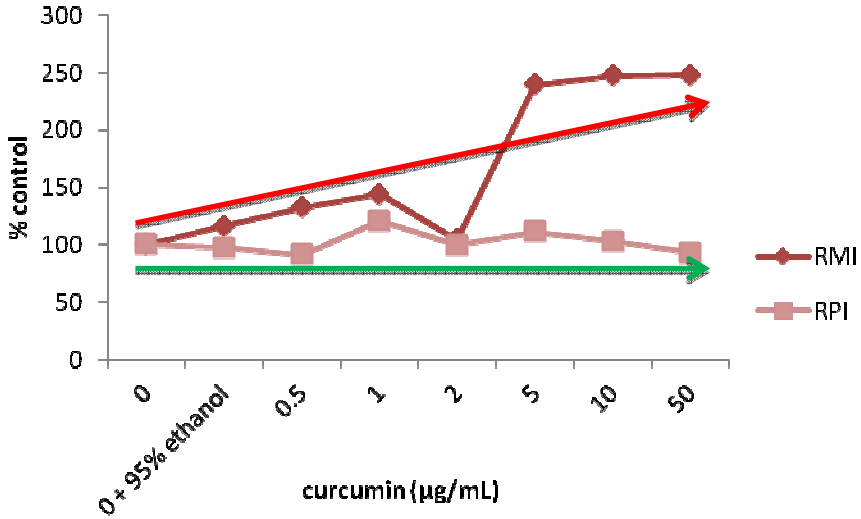
INDICE MITÓTICO **INDICE DE PROLIFERACIÓN**



Indice Mitótico (IM) y de Proliferación (IP) de la curcumina

Curcumin treatment (µg/mL)	IMR	IPR	IM	IP
0	100	100	0,037±0.01	1,56±0.08
0 + 95% ethanol	116,28	97,74	0,043±0.01	1,53±0.08
0.5	132,45	91,09	0,056±0.01	1,39±0.06
1	144,62	120,68	0,082±0.01	1,68±0.08
2	104,61	99,4	0,085±0.01	1,67±0.08
5	239,74	111,28	0,087±0.01*	1,74±0.08
10	247,48	102,97	0,091±0.01*	1,61±0.07
50	248,48	92,73	0,091±0.01*	1,45±0.06

P<0.05



- Aumento estadísticamente significativo del IM en 5, 10 y 50 µg/mL. El índice mitótico evalúa los efectos citotóxicos o mitogénicos de una sustancia (Kocaman et al. 2011); posible actividad mitogénica a 5, 10 y 50 µg/mL de curcumina.

- El índice de proliferación no se modificó en ninguna concentración estudiada.

SCE

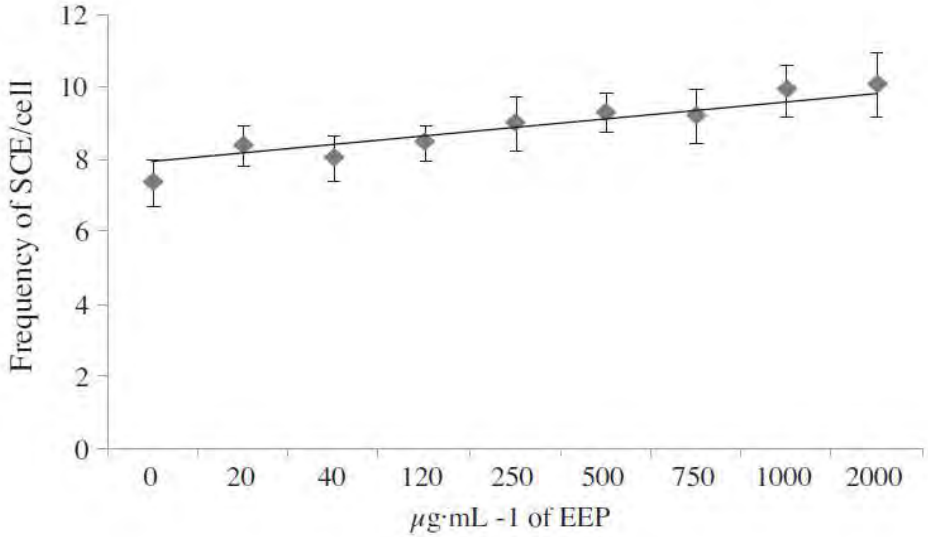
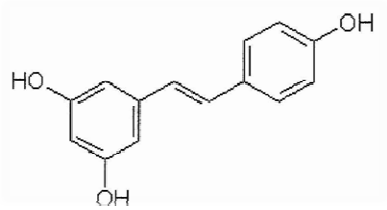


Fig. 1. Effect of different concentrations of EEP in the frequency of SCE on cultured human lymphocytes.

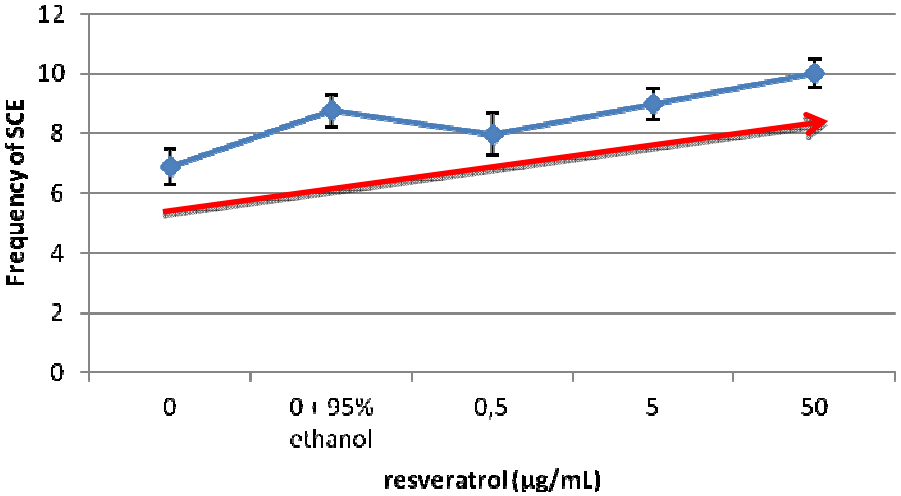
SCE



Intercambio de cromátidas hermanas (SCE) en el resveratrol

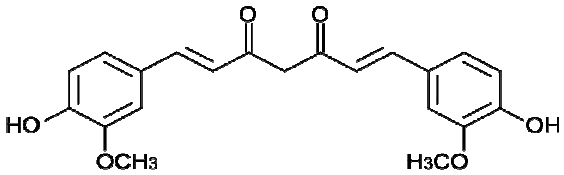
Resveratrol (µg/mL)	Y_{SCE} (±SE)
0	6,9 ± 0,60
0 + 95% ethanol	8,75± 0,53*
0,5	7,96 ± 0,71
5	8,98 ± 0,51*
50	10,02 ± 0,47*

P<0.05



➢ La frecuencia de SCE aumentó en todas las concentraciones de resveratrol estudiadas; la diferencia respecto al control no fue estadísticamente significativa en 0,5 µg/mL.

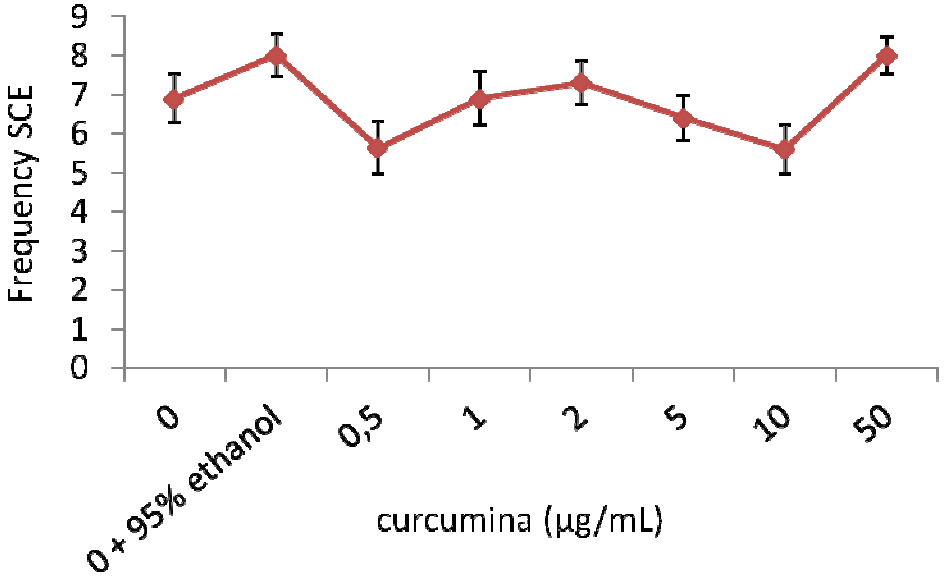
➢ Matsuoka et al. (2001) sugirió que el resveratrol podría detener el ciclo celular en la fase S, condición preferencial para la formación del intercambio entre cromátidas.



SCE

Intercambio de cromátidas hermanas (SCE) en la curcumina

Curcumin (µg/mL)	Y_{SCE} (±SE)
0	6.9 ± 0.60
0 + 95% ethanol	8 ± 0. 53
0.5	5.6 ± 0.67
1	6.88 ± 0.70
2	7.16 ± 0.56
5	6.44 ± 0.41
10	5.56 ± 0.59
50	8 ± 0.65



➢ La frecuencia de SCE no fue diferente de forma estadísticamente significativa en ninguna concentración de curcumina estudiada.

➢ Las pequeñas variaciones que se observan respecto a la frecuencia control puede ser debido a factores endógenos como el estrés oxidativo (Stanimirovic et al. 2005).

Nutrition and Cancer, 61(4), 544–553
Copyright © 2009, Taylor & Francis Group, LLC
ISSN: 0163-5581 print / 1532-7914 online
DOI: 10.1080/01635580902752262

Routledge
Taylor & Francis Group

Curcumin Synergizes With Resveratrol to Inhibit Colon Cancer

Adhip P. N. Majumdar
John D. Dingell VA Medical Center, Karmanos Cancer Center, and Wayne State University, Detroit, Michigan, USA

Sanjeev Banerjee and Jyoti Nautiyal
Karmanos Cancer Center, Detroit, Michigan, USA

Bhaumik B. Patel
John D. Dingell VA Medical Center and Karmanos Cancer Center, Detroit, Michigan, USA

Eur J Cancer Prev. 2011 May 30. [Epub ahead of print]

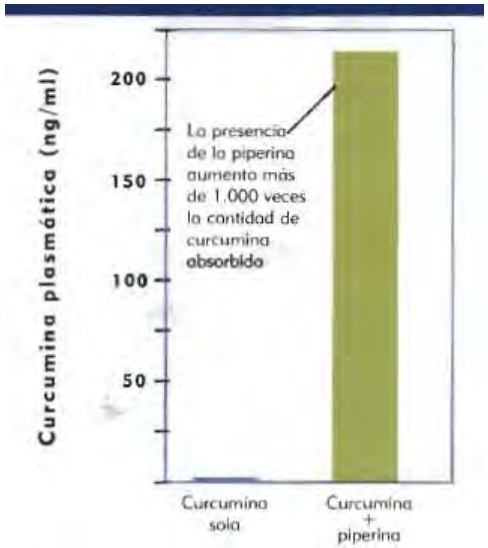
Curcumin and resveratrol synergistically stimulate p21 and regulate cox-2 by maintaining adequate zinc levels during lung carcinogenesis.

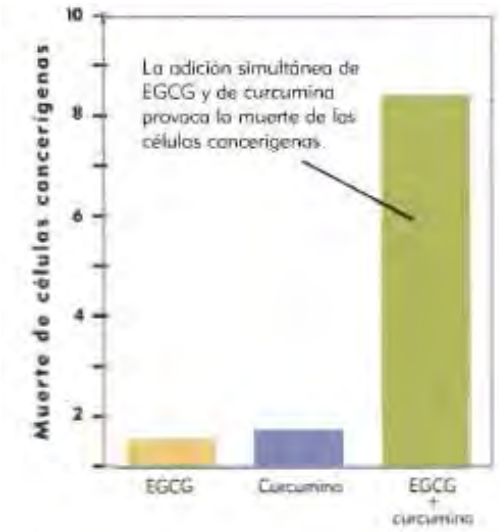
Malhotra A, Nair P, Dhawan DK.

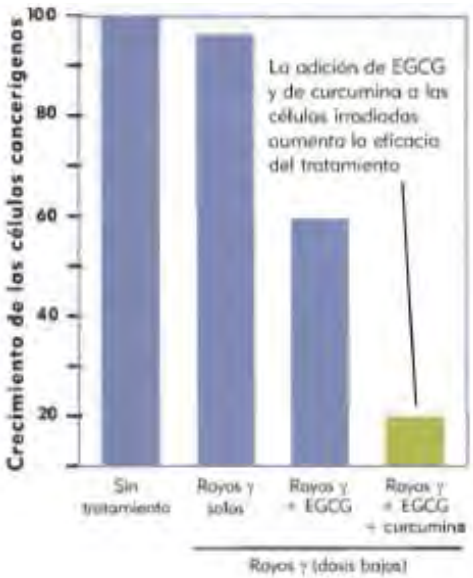
Department of Biophysics, Panjab University, Chandigarh, India.

Abstract

This study explored the efficacy of curcumin and resveratrol in maintaining adequate zinc levels to regulate p21 and cyclooxygenase-2 (cox-2) during benzo[a]pyrene (BP)-induced lung carcinogenesis. The mice were segregated into five groups, which included normal control, BP treated, BP plus curcumin treated, BP plus resveratrol treated, and BP plus curcumin plus resveratrol-treated groups. BP treatment resulted in a significant decrease in the zinc levels and protein expression of p21. On the contrary, the enzyme activity of cox-2 showed a significant increase in the BP-treated mice. Interestingly, combined supplementation of curcumin and resveratrol to BP-treated mice resulted in an appreciable improvement in the zinc levels and protein expression of p21. In contrast, synergistic supplementation with phytochemicals resulted in a significant decrease in the enzyme activities of cox-2 in BP-treated mice. This study, therefore, concludes that combined treatment with curcumin and resveratrol maintains adequate zinc levels and regulates inflammation by cox-2 and cell cycle arrest by p21 during lung carcinogenesis in mice.







Actividad 1. Evaluación de la citotoxicidad y genotoxicidad de los radioprotectores 100%

Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados

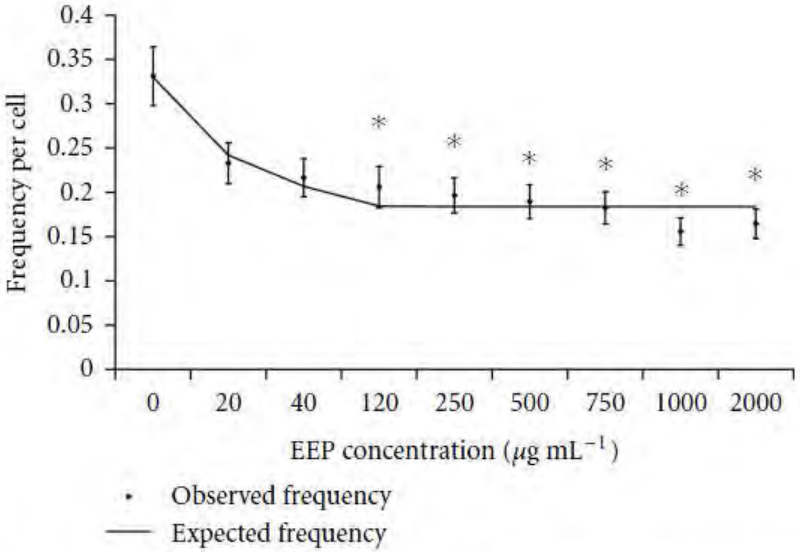


FIGURE 2: For each concentration of EEP, there observed frequencies of dicentrics (±SE) after 2 Gy irradiation. Solid line represents the expected frequency by the negative exponential function obtained. (*) Concentrations with values significantly different from the results obtained in the blood irradiated without any treatment.

44%

Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados

Resveratrol. Frecuencia de cromosomas dicéntricos en 100 células

Cromosomas dicéntricos		Frecuencia
2Gy (sin resveratrol)		0.29
Resveratrol (µg/mL)	0,5	0.16
	5	0.27
	50	0.22

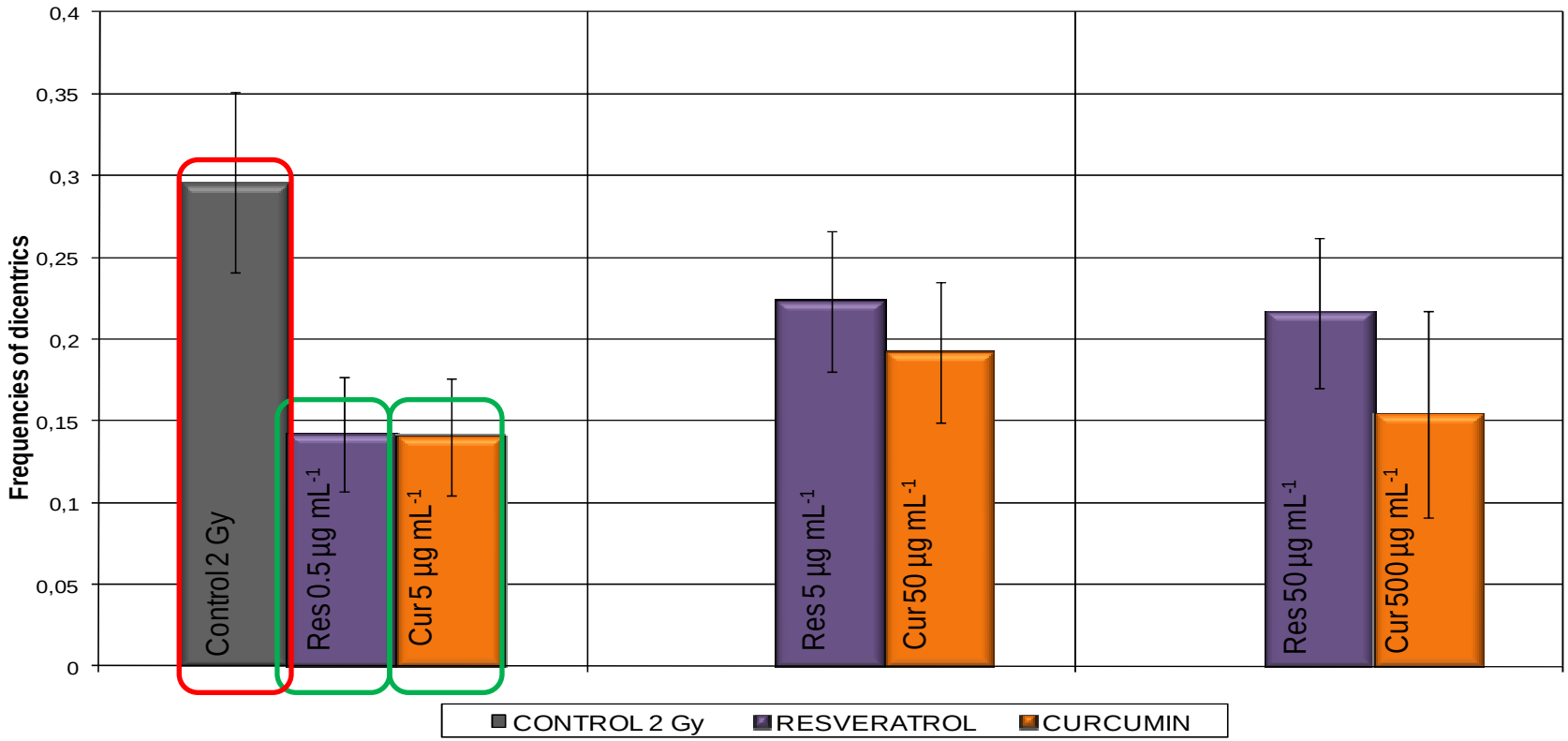
µg/mL resveratrol	% reducción
0.5	52.03
5	24.66
50	27.03

Curcumina. Frecuencia de cromosomas dicéntricos en 100 células

Cromosomas dicéntricos		Frecuencia
2Gy (sin curcumina)		0.29
Curcumina (µg/mL)	5	0.14
	50	0.19
	500	0.15

µg/mL curcumina	% reducción
5	52.7
50	35.14
500	47.9

Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados

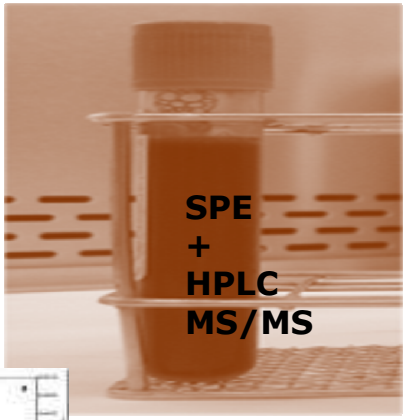


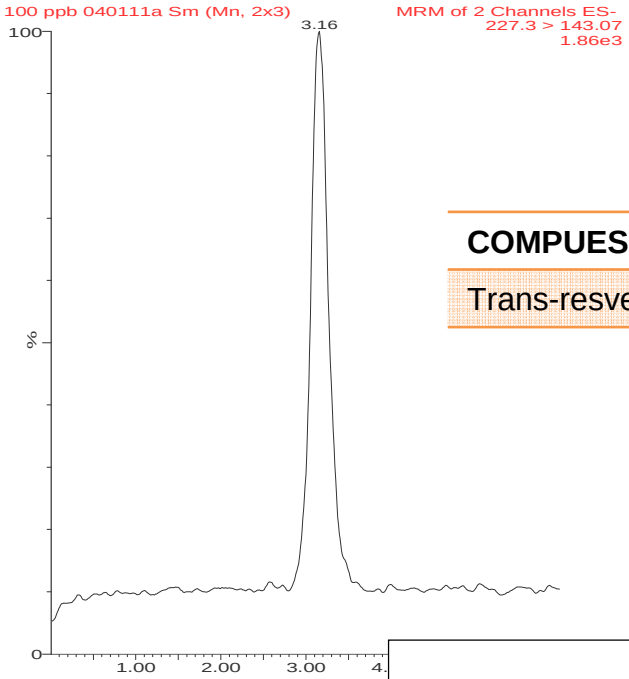
1. Todas las concentraciones de resveratrol mostraron reducción de la frecuencia de cromosomas dicéntricos respecto a la frecuencia control

2. Para las 2 sustancias evaluadas, la menor concentración estudiada (0.5 µg/mL en resveratrol y 5 µg/mL en curcumina) fue la que mayor reducción proporcionó.

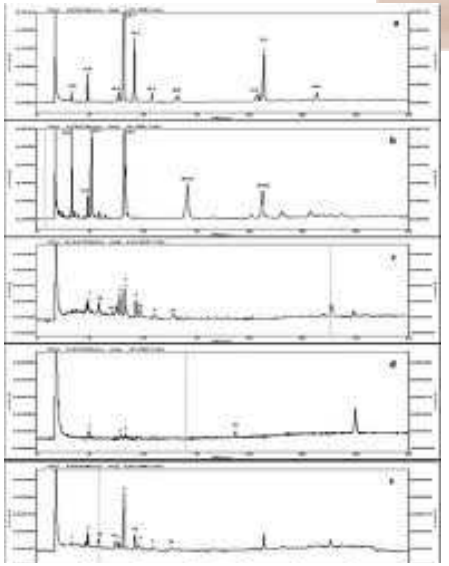
Actividad 2. Evaluación de la radioprotección de los compuestos estudiados

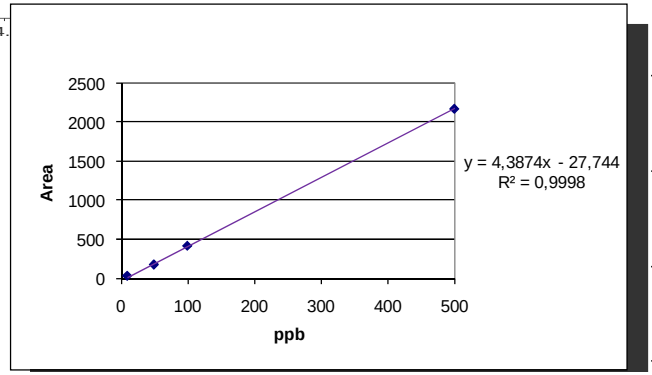
ANÁLISIS POR HPLC-ESPECTOMETRIA DE MASAS EN TANDEM DE RESVERATROL EN ORINA

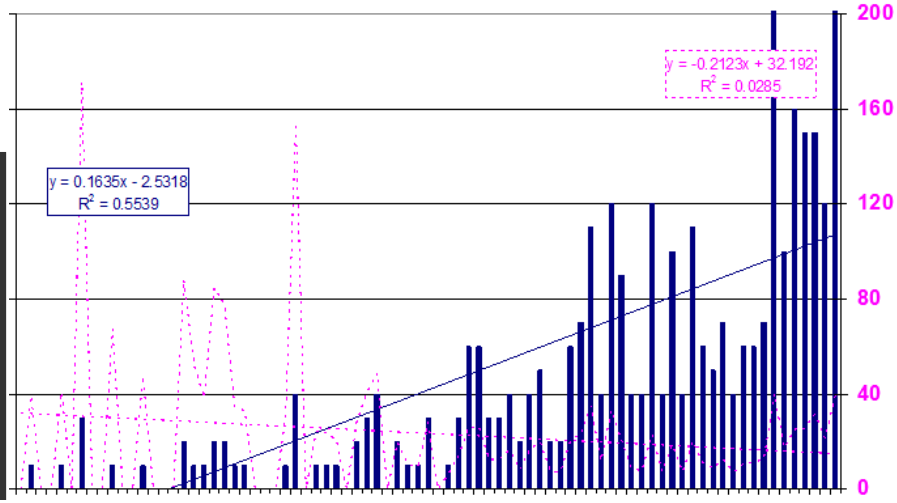




COMPUESTO	Mr	m/z
Trans-resveratrol	228	227/143







Journal of BUON **15:** 577-582, 2010
© 2010 *Zerbinis Medical Publications. Printed in Greece*

ORIGINAL ARTICLE

The preventive effect of *N*-acetylcysteine on radiation-induced dermatitis in a rat model

C. Demirel[1], S. Kilciksiz[2], S. Evirgen-Ayhan[3], S. Gurgul[4], N. Erdal[4]
[1] *Department of Biophysics, and* [2] *Department of Radiation Oncology, Faculty of Medicine, Gaziantep University, Gaziantep;* [3] *Department of Pathology, Faculty of Medicine, Celal Bayar University, Manisa;* [4] *Department of Biophysics, Faculty of Medicine, Mersin University, Mersin, Turkey*

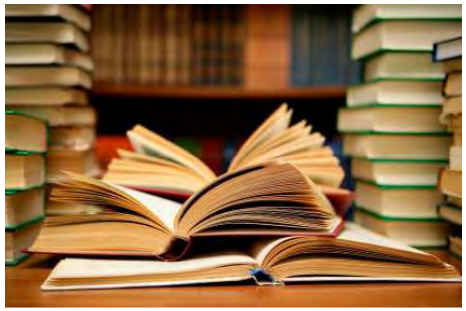
22.12.2009 ES Diario Oficial de la Unión Europea

REGLAMENTO (CE) Nº 1223/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
de 30 de noviembre de 2009
sobre los productos cosméticos

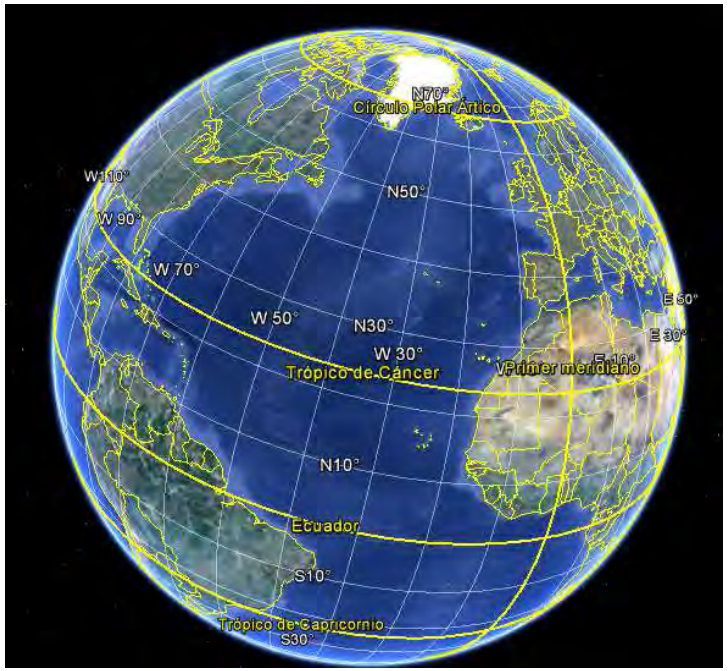
Ensayos de seguridad **Ensayos clínicos (BPC)** **Ensayos de eficacia**

CERTIFICADO DE TOXICIDAD (SAFETY ASSESSMENT) **50%**

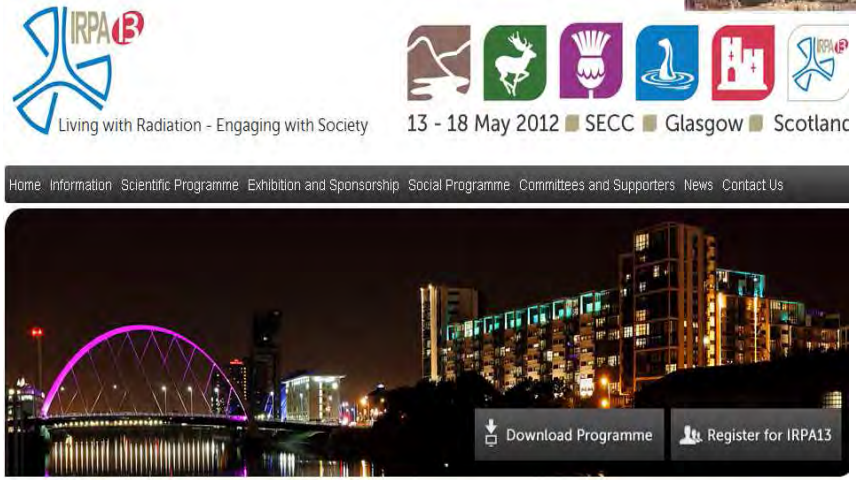
Actividad 3. Elaboración del libro "Últimos avances en radioprotectores de origen alimentario"



50%


N70°
Círculo Polar Ártico
W 110°
N50°
W 90°
W 70°
W 50°
N30°
W 30°
Trópico de Cáncer
Primer meridiano
E 50°
E 30°
N10°
Ecuador
S10°
Trópico de Capricornio
S30°

EPRBioDose 2010
October 10-14, 2010 - Mandelieu-La-Napoule (France)
IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE


IRPA 13
Living with Radiation - Engaging with Society
13 - 18 May 2012 SECC Glasgow Scotland
Home Information Scientific Programme Exhibition and Sponsorship Social Programme Committees and Supporters News Contact Us
Download Programme
Register for IRPA13

Nevada Section of the American Nuclear Society
2010 Joint Topical Meeting
AMERICAN NUCLEAR SOCIETY

Calidad y Seguridad
CONGRESO CONJUNTO
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
SEVILLA
10-13 | MAYO | 2011
I CONGRESO DE ESTUDIANTES
DE FARMACIA UV
14 Y 15 MARZO 2011
FACULTAT DE FARMÀCIA, BURJASSOT
VALLADOLID201
6-8 de octubr
Centro Cultural Miguel Delibe
V Congreso
INVESTIGACIÓN Y PRÁCTICA: CLAVES DE FUTURO EN DIETÉTICA Y NUTRICIÓN

Nu.Me.D.
Home
Slides
Board of Directors
Publications
News
Events
5th-8th November 2011
Sorrento (NA) Italy
FROM DOSIMETRY TO BIOLOGICAL EFFECT: RADIOBIOLOGY AS GUIDE TO CLINICAL PRACTICE IN NUCLEAR MEDICINE
5-8 November 2011 - Sorrento (NA), Italy

SEVILLA
20-22 de mayo de 2010
Jornadas Nacionales
Alimentación2010
El farmacéutico alimenta tu salud

CONGRESO
NTERNACIONAL
UNIVERSITARIO DE NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA
VALENCIA
7-8-9 ABRIL

Impact Factor: 1.019

Impact Factor 2.964

Impact Factor: 2.602

Impact Factor: 2.938

Radiation Measurements 46 (2011) 962–966

Contents lists available at ScienceDirect

Radiation Measurements

journal homepage: www.elsevier.com/locate/radmeas

Assessment in vitro of radioprotective efficacy of curcumin and resveratrol

Natividad Sebastià [a,*], Alegria Montoro [b], Amparo Montoro [a], Miguel Almonacid [b], Juan Ignacio Villaescusa [b], José Cervera [c], Esperanza Such [c], Mª Angeles Silla [c], Jose Miguel Soriano [a]

[a] Área de Nutrición y Bromatología, Facultat de Farmàcia, Universitat de València, Av. Vicent Andrés Estellés s/n, 46100 Burjassot, Spain
[b] Servicio de Protección Radiológica, Hospital Universitario La Fe, 46009, Valencia, Spain
[c] Servicio de Hematología, Hospital Universitario La Fe, 46009, Valencia, Spain

Food and Chemical Toxicology 50 (2012) 216–221

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Food and Chemical Toxicology

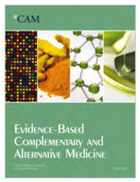
journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Assessment *in vitro* of cytogenetic and genotoxic effects of propolis on human lymphocytes

A. Montoro [a], J.M. Soriano [b,*], J.F. Barquinero [c], M. Almonacid [a], A. Montoro [b], G. Verdú [d], V. Sahuquillo [a], J.I. Villaescusa [a], N. Sebastià [b]

[a] Servicio de Protección Radiológica, Hospital Universitario La Fe, Valencia, Spain
[b] Department of Preventive Medicine and Public Health, Faculty of Pharmacy, University of Valencia, Burjassot, Spain
[c] Antropología Biológica, Dpt. Biología Animal, Biología Vegetal i Ecología, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain
[d] Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain

Hindawi Publishing Corporation
Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine
Volume 2011, Article ID 174853, 7 pages
doi:10.1155/2011/174853



Research Article

Concentration-Dependent Protection by Ethanol Extract of Propolis against γ-Ray-Induced Chromosome Damage in Human Blood Lymphocytes

A. Montoro,[1] J. F. Barquinero,[2] M. Almonacid,[1] A. Montoro,[3] N. Sebastià,[3] G. Verdú,[4] V. Sahuquillo,[1] J. Serrano,[5] M. Saiz,[5] J. I. Villaescusa,[1] and J. M. Soriano[3]

Elsevier Editorial System(tm) for Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: RADIOPROTECTIVE ACTIVITY AND CYTOGENETIC EFFECTS OF RESVERATROL IN HUMAN LYMPHOCYTES IN VITRO

Acknowledgements

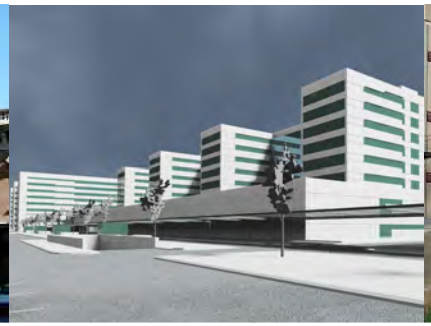
This research was supported by the Consejo de Seguridad Nuclear (2696/SRO).

JORNADA TÉCNICA SOBRE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL CSN

ESTUDIO DE RADIOPROTECTORES DE ORIGEN ALIMENTARIO PARA PACIENTES Y TRABAJADORES EN PROCEDIMIENTOS DE TRATAMIENTO O DIAGNÓSTICO MÉDICO CON RADIACIONES (2696/SRO)

Dr. Jose Miguel Soriano del Castillo
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública-Universidad de Valencia

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Estudio de la problemática existente en la determinación del índice de actividad alfa total en aguas potables

Antonio Baeza

Director del Laboratorio de Radiactividad Ambiental, Universidad de Extremadura

ÍNDICE

Propuesta de procedimientos

Objetivos y resultados

Desarrollo del proyecto. Informe

Método de desecación

Método de coprecipitación

Método de evaporación y medida por centelleo líquido

Estudio de la Problemática existente en la Determinación del Índice de Actividad ALFA TOTAL en Aguas Potables. Propuesta de Procedimientos.

CSN

INTE (UPC)

- Montserrat Montaña
- Antonia Camacho
- Isabel Serrano
- Isabel Vallés

LARUEX(UEx)

- Antonio Baeza
- José Ángel Corbacho
- Javier Guillén

LRA(UB)

- Jordi Fons
- Montserrat Llauradó
- Daniel Zapata
- Joana Tent

Estudio de la Problemática existente en la Determinación del Índice de Actividad ALFA TOTAL en Aguas Potables. Propuesta de Procedimientos.

¿Qué problema hay?

Figura II.1. Datos reportados por los laboratorios para el índice alfa total.

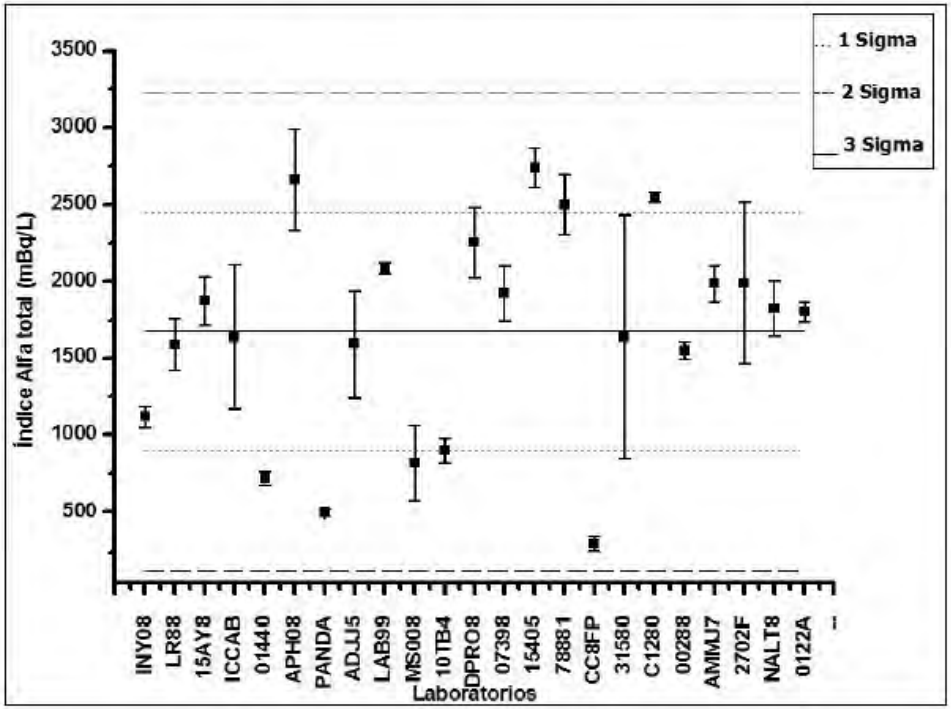
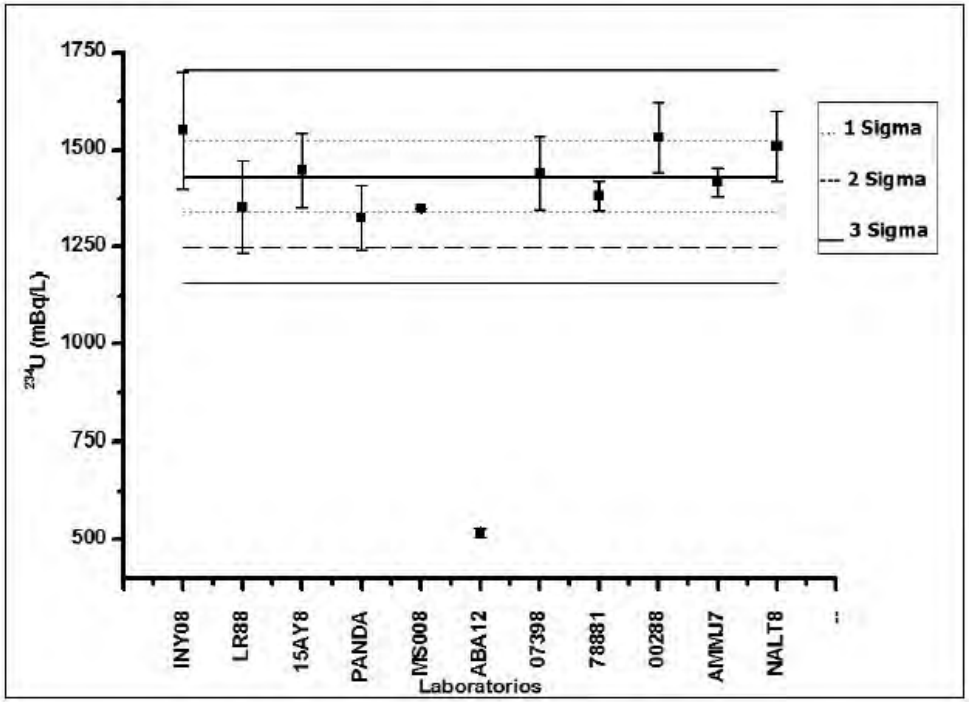


Figura V.1. Datos reportados por los laboratorios para el radionucleido ^{234}U.



- **DESASTROSA predicción de la Act. α-Total en una agua Real que posee uranio y radio**
- **ACEPTABLE, salvo excepciones, predicción del la Act. del uranio-234 en la misma agua**

- **A raiz del R.D. 140/2003, la medida de la Act. α-Total es un parámetro determinante en la calificación de potabilidad de un agua de consumo**

El Consejo de Seguridad Nuclear Financia un Proyecto de I+D (2009 – 2011)

OBJETIVOS:

Para los procedimientos mas frecuentemente usados en la medida de la Act. α-Total

a) Determinar y cuantificar los factores que mas influyen en la variabilidad de los resultados que se obtienen

b) Analizar en su integridad todos los procedimientos considerados: desde la preparación de las muestras hasta su medida; desde el uso de los patrones a la medida de los fondos; etc.

c) Determinar para los tres tipos de procedimientos / técnicas seleccionados, sus rangos de validez, ventajas e inconvenientes, y repercusión que supondría su modificación.

RESULTADOS:

Proponer unos Procedimientos suficientemente detallados que permitan

I. Garantizar que el resultado que se obtenga es el mas representativo de la actividad alfa total que realmente posee la muestra

II. Que están aquejados de la mínima variabilidad técnicamente posible

III. Que la citada variabilidad remanente, es correctamente tenida en cuenta, en la determinación de la incertidumbre asociable al resultado obtenido.

DESARROLLO DEL PROYECTO ⇄ INFORME:

"Estudio de la Problemática existente en la Determinación del Índice de Actividad ALFA TOTAL en Aguas Potables. Propuesta de Procedimientos."

I. **ANTECEDENTES.**

II. **DESCRIPCIÓN DE LAS EXPERIENCIAS LLEVADAS A CABO PARA LA PUESTA A PUNTO DE CADA METODOLOGÍA (*Análisis de variabilidades*):**

   a.- Método de desecación (LARUEX)

   b.- Método de coprecipitación (INTE)

   c.- Método de evaporación y medida por centelleo líquido (LRA)

I. **OPTIMIZACIÓN DE CADA METODOLOGÍA CON AGUAS SINTÉTICAS.**

II. **APLICACIÓN DE CADA METODOLOGÍA A AGUAS NATURALES (*8 aguas*).**

III. **ESTUDIOS COMPARATIVOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TRES METODOLOGÍAS (*por los 3 laboratorios*).**

IV. **CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.**

V. **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA UNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS**

Método de desecación

(VENTAJAS: método sencillo, ampliamente utilizado y que permite la medida simultánea alfa / beta-beta resto)

Metodología

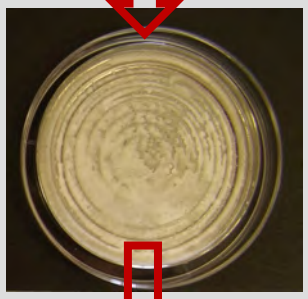
Agua (vol. variable)

- Residuo ≈ 100 mg
- LIMITACIÓN: Para aguas muy salinas:
  Vol.(desecación) << → AMD >>>

Concentración térmica (Acondicionamiento ácido)

- TIEMPO EMPLEADO VARIABLE: (pocas horas a varios días
- 1er PROBLEMA: El sustrato final de patrones y muestras
- 2º PROBLEMA: La homogeneidad del sustrato
- 3er PROBLEMA: La estabilidad temporal del sustrato

Desecación total en plancheta



- 4º PROBLEMA: Posible pérdida de alguno de los componentes radiactivos de la muestra

Medida:

- **SZn**
- **Proporcional**

- 5º PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado
- 6º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida de la plancheta

SOLUCIÓN: Tenerlos en cuenta, acotarlos y tomar decisiones acordes con los objetivos planteados (mínima variabilidad, variabilidad acotada y nivel representativo del contenido)

Método de Coprecipitación

(VENTAJAS: gran volumen de partida independientemente de la salinidad del agua ⇨ pequeño AMD ≈ 0,03 Bq/L)

Metodología

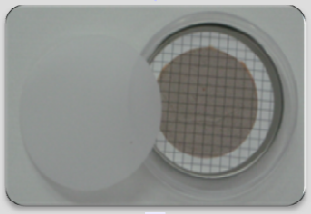
Agua (0,5 L)

➢ LIMITACIÓN: Sólo proporciona niveles de actividad alfa total

Adición de portador
- **Ba^{2+}**
- **Fe^{3+}**

Ajuste pH, calentar, agitar y filtrar

- 1er PROBLEMA: Condiciones óptimas de la reacción y la cuantificación de las pérdidas
- 2º PROBLEMA: La homogeneidad y la estabilidad temporal del precipitado



Medida
- **SZn**
- **Proporcional**

- 3er PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado
- 4º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida de la plancheta

SOLUCIÓN: Tenerlos en cuenta, acotarlos y tomar decisiones acordes con los objetivos planteados (mínima variabilidad, variabilidad acotada y nivel representativo del contenido)

Método de evaporación / centelleo líquido

(VENTAJAS: método relativamente simple y rápido, independiente de la salinidad del agua y que permite la medida simultánea alfa / beta-beta resto)

Metodología

- 1er PROBLEMA: Selección del agente ácido y del pH de trabajo
- 2º PROBLEMA: Dependencia con la formulación del cóctel de centelleo

NUEVA VENTAJA: Eliminación del radón, mejora de la sensibilidad

- 3er PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado
- 4º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida del vial

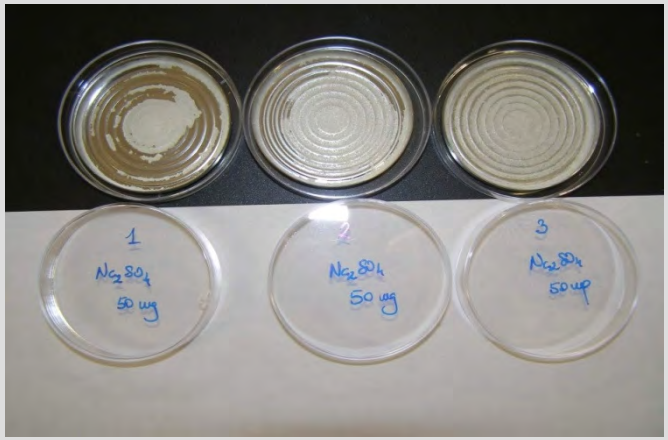
➢ LIMITACIÓN: Requiere de un equipamiento de medida relativamente costoso

SOLUCIÓN: Tenerlos en cuenta, acotarlos y tomar decisiones acordes con los objetivos planteados (mínima variabilidad, variabilidad acotada y nivel representativo del contenido)

Método de desecación:

Método de desecación
Análisis de los principales problemas -1-

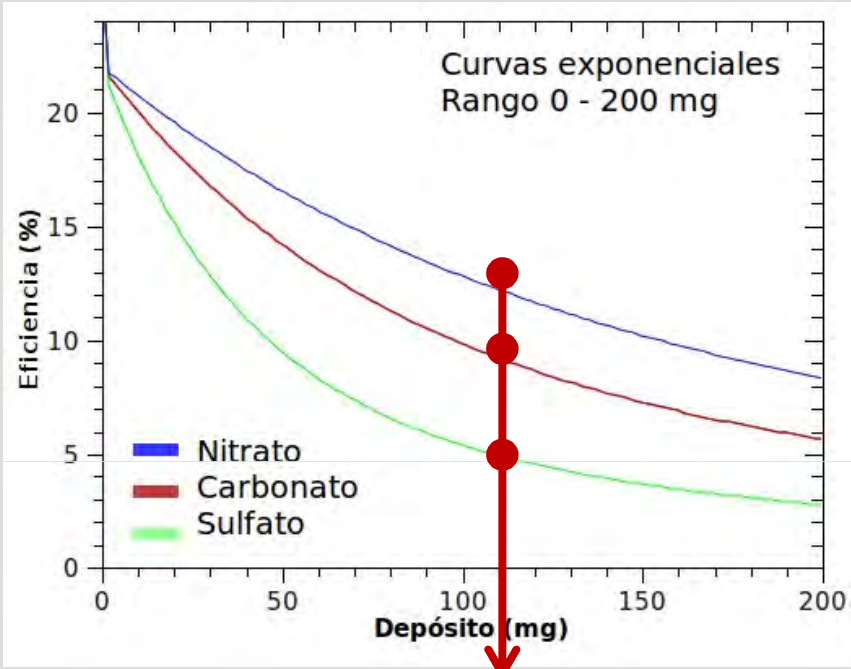
✓ **1er PROBLEMA: El sustrato final de patrones** debe ser representativo del que se obtiene en la desecación de las **muestras**



Planchetas base de sulfato

"Rara" presencia mayoritaria de los sulfatos en las aguas naturales.

Curvas de eficiencia de detección en función de la matriz salina

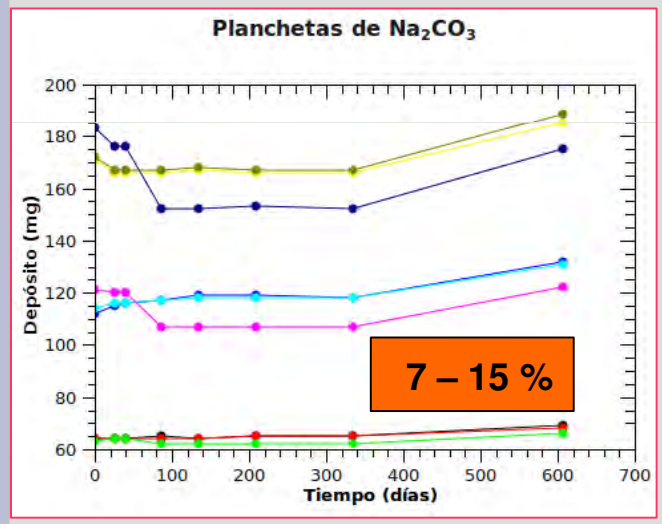


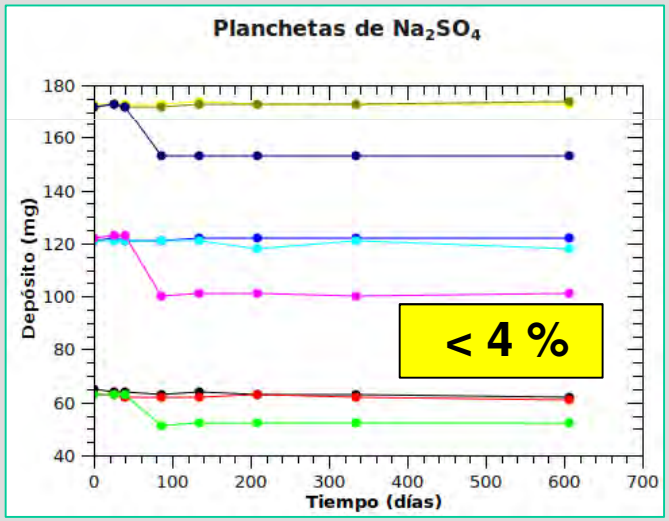
Matriz	A total (mBq/L)	AMD (mBq/L)
Carbonato	62 ± 14	26
Nitrato	50 ± 10	20
Sulfato	**120 ± 30**	**49**

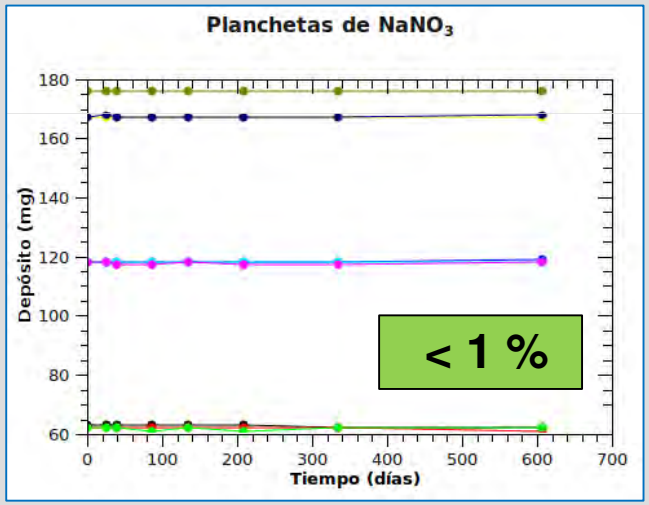
✓**2º PROBLEMA: La (in)homogeneidad del sustrato**

Método de desecación
Análisis de los principales problemas -2-

✓ **3er PROBLEMA: La estabilidad temporal del sustrato**



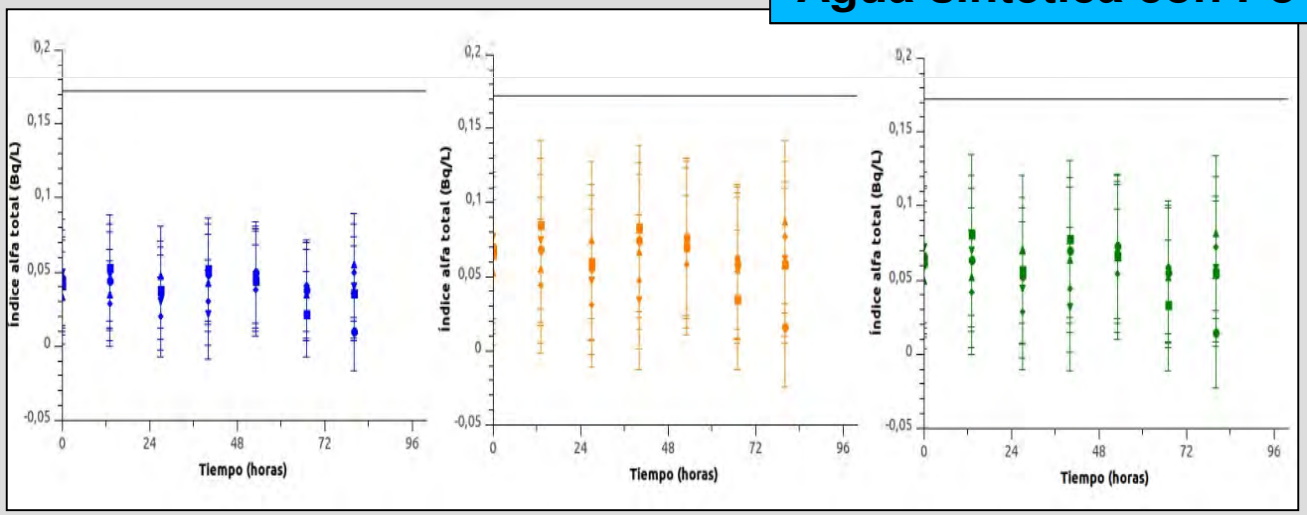




✓ **4º PROBLEMA: Posible pérdida de alguno de los componentes radiactivos de la muestra**

Independientemente del patrón utilizado, el índice de actividad alfa total **subestima** el contenido en Po

Agua sintética con Po

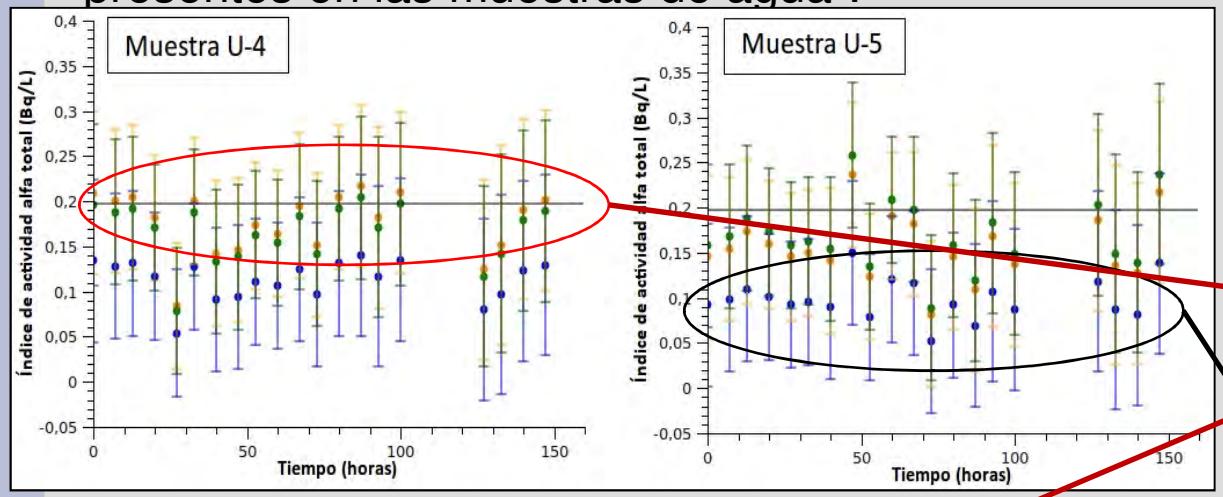


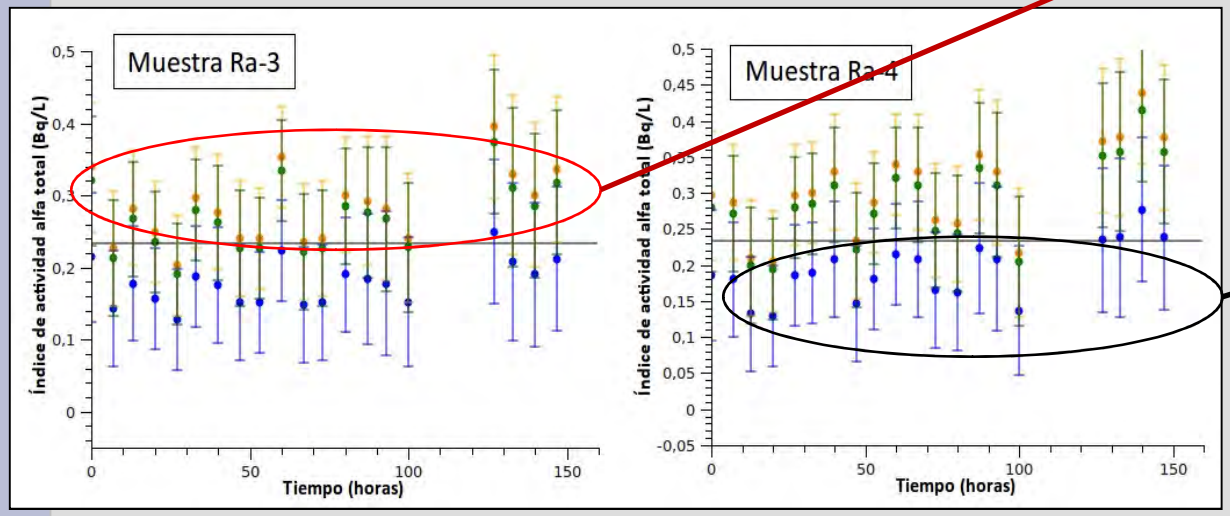
Método de desecación
Análisis de los principales problemas -3-

✓**5º PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado.**

"Las energías de emisión alfa del patrón deben ser lo mas similares posibles a las de los emisores alfa presentes en las muestras de agua".

	^{224}Ra	^{226}Ra	^{234}U	^{238}U	^{210}Po
E(MeV)	5.69	4.78	4.77 4.72	4.20 4.15	5.30
	^{230}Th	^{241}Am	^{nat}U		
E(MeV)	4.69 4.62	5.49 5.44	4.45		





Patrón de ^{nat}U o ^{230}Th:
Reproduce las aguas con uranio y sobrestima las aguas con radio

Patrón de ^{241}Am:
Subestima las aguas con uranio y casi reproduce las aguas con radio

Método de desecación
Análisis de los principales problemas -4-

✓**5º PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado.**

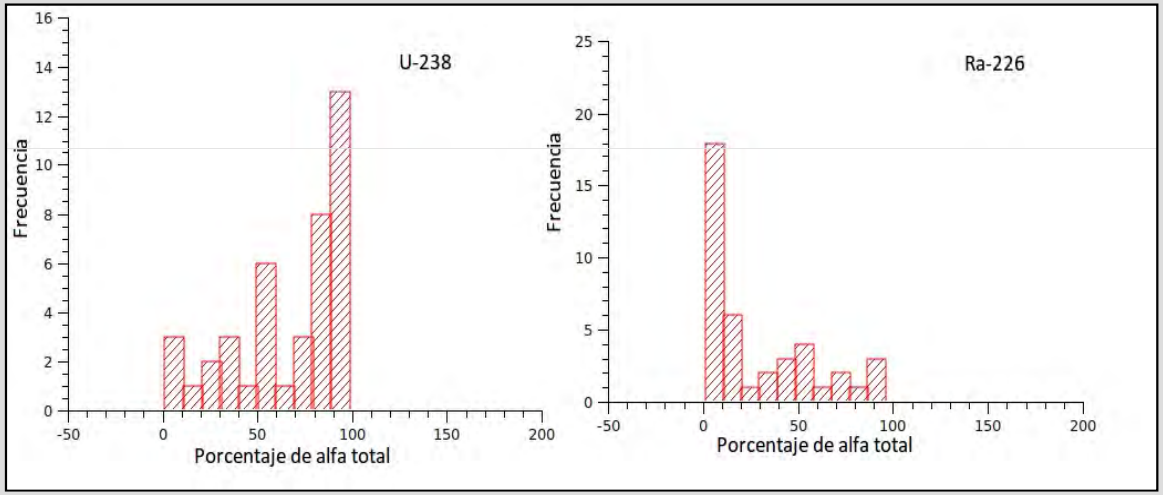
AYUDA A LA DECISIÓN: ¿Cuál es el contenido radiactivo mas probable de las aguas en España?

Resultados de un estudio de concentración de radionucleidos naturales en 75 aguas potables de España:

1) Ninguna de las aguas analizadas tienen presencia **significativa de 241Am y/o 239/240Pu**
2) El 85% de las aguas analizadas tienen niveles de actividad mesurables para radionucleidos naturales

3) El 80% del contenido radiactivo natural es debido al ^{nat}U, el 15% es debido al ^{226}Ra, resto contribuyen de forma minoritaria

Patrón más adecuado:
Th-230



✓ **6º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida de la plancheta:** 48-120 horas tras la preparación de la plancheta

Método de coprecipitación:

Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -1-

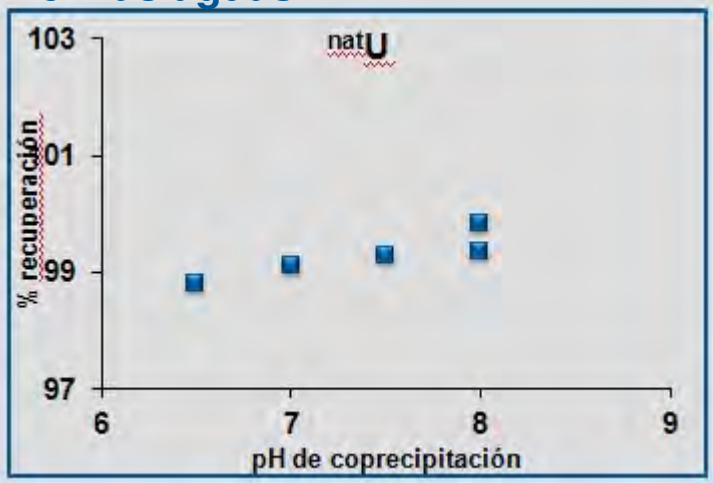
✓**1er PROBLEMA: Condiciones óptimas de la reacción y la cuantificación de las pérdidas**

- **Comprobación de las condiciones de precipitación: pH, temperatura**

Parámetro	pH	Temperatura (ºC)
Media ± σ (n)	7,4 ± 0,2 (10)	44 ± 4 (10)
Rango experimental	7,1 - 7,7	38-51
Condiciones recomendadas	**7,5 ± 0,5**	**45 ± 10**

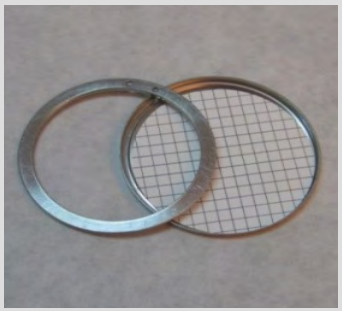
- **Minimización de las pérdidas de precipitado (≈ 1,6%): 10 min adicionales de filtrado**

- **Precipitación total de los emisores alfa presentes en las aguas**



Espectrometría alfa

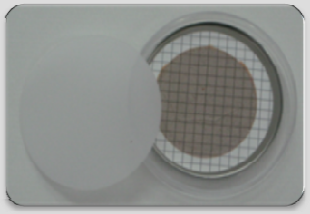
Muestra	Recuperación ^{210}Po (%)
1	98,31
2	99,23
3	98,48



- **Temperatura secado (estufa 1 h, 105ºC) hasta** Peso constante del residuo

Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -2-

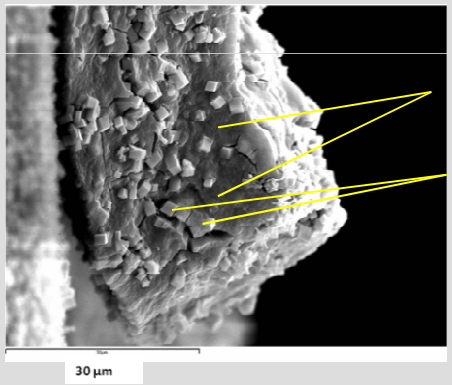
✓**2º PROBLEMA:** **La homogeneidad y la estabilidad temporal del precipitado**



Visión global "aparentemente" homogénea

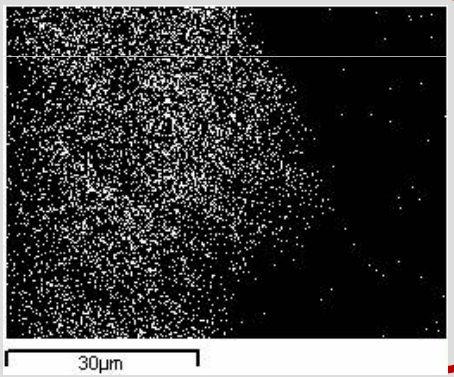
Homogéneo en superficie

Homogéneo en perfil

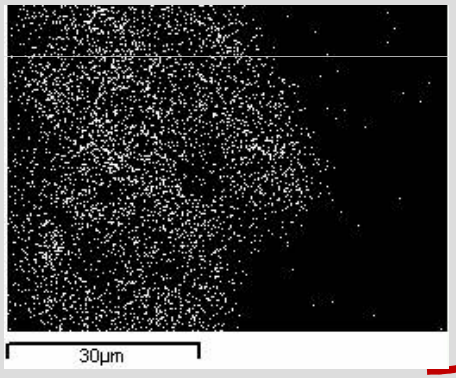


$Fe(OH)_3$

$BaSO_4$



Fe



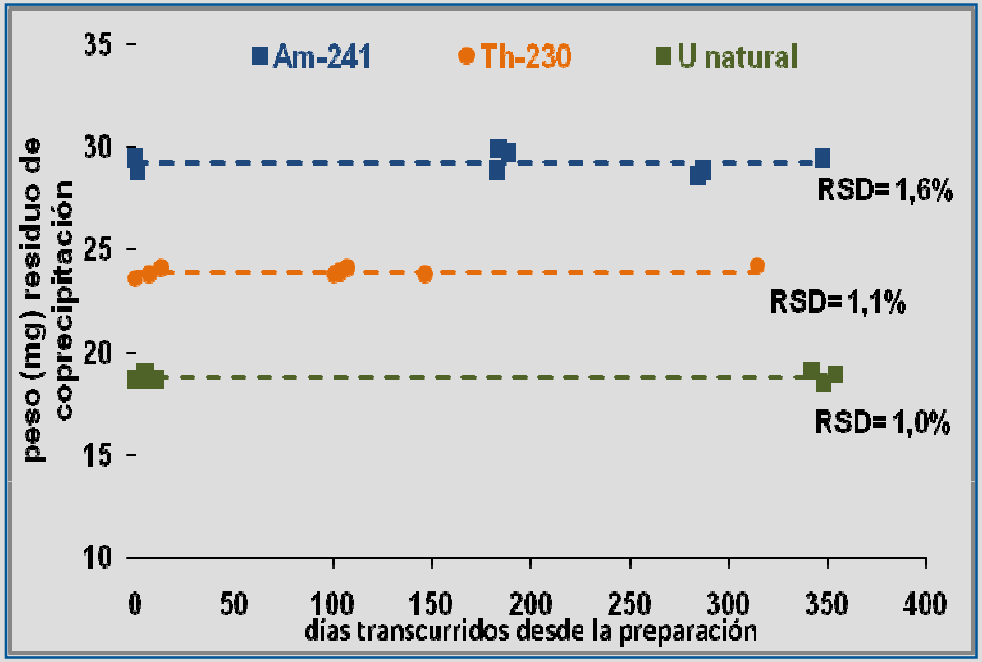
Ba

Distribución homogénea de los precipitados

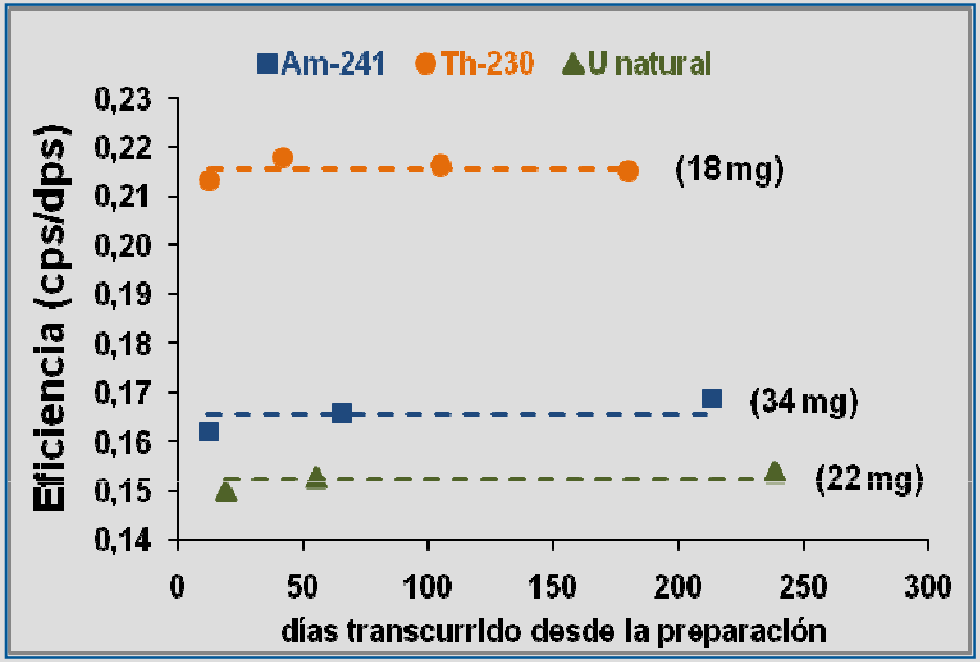
Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -3-

✓**2º PROBLEMA:** ~~La homogeneidad y~~ la estabilidad temporal del precipitado

Estabilidad del peso



Estabilidad en eficiencia



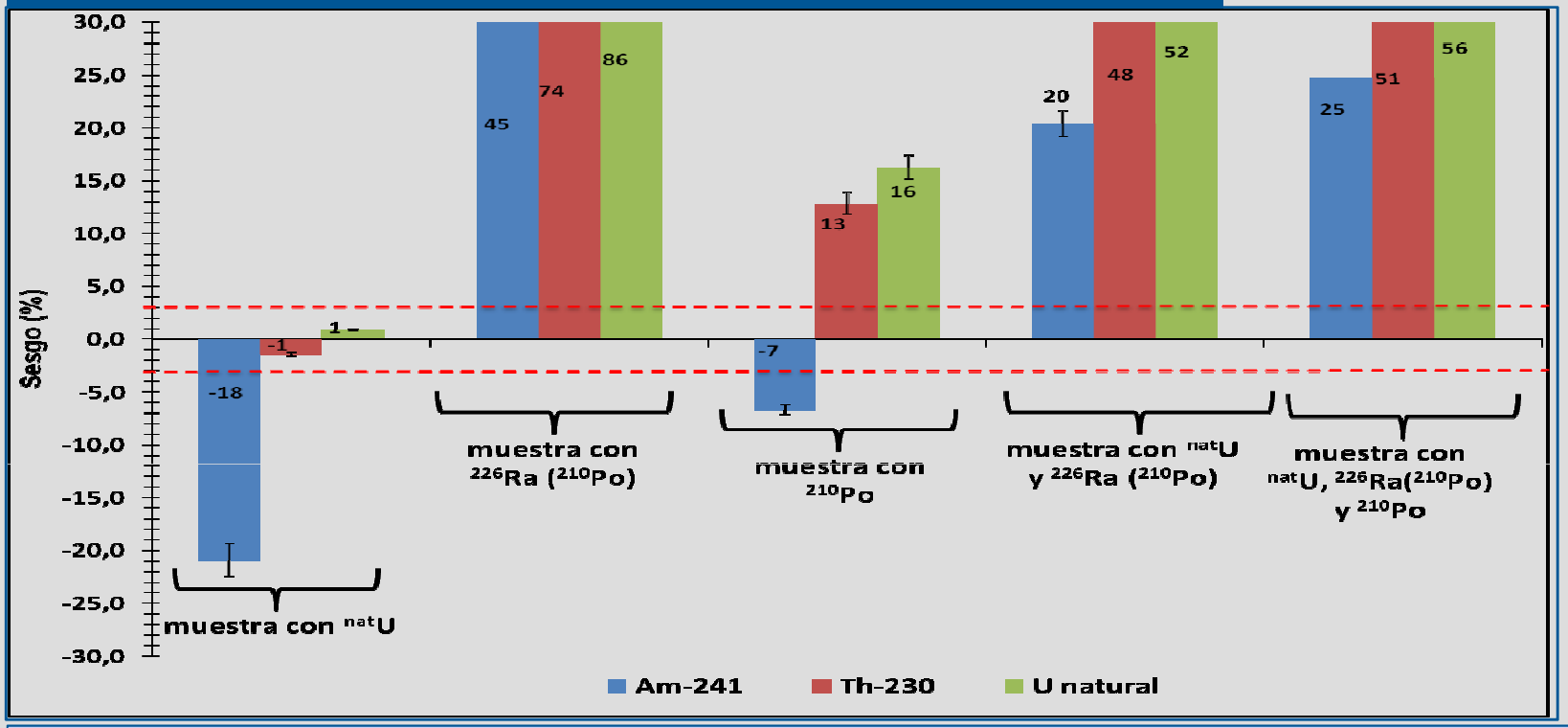
El peso y la eficiencia de los patrones de ^{nat}U, ^{241}Am y ^{230}Th son estables durante un año y no es necesario secarlos antes de la medida. Se recomienda guardar en desecador para su conservación.

Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -4-

✓ **3er PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado**

Optimización: Muestras sintéticas

Exactitud en función del patrón de calibración: sesgo



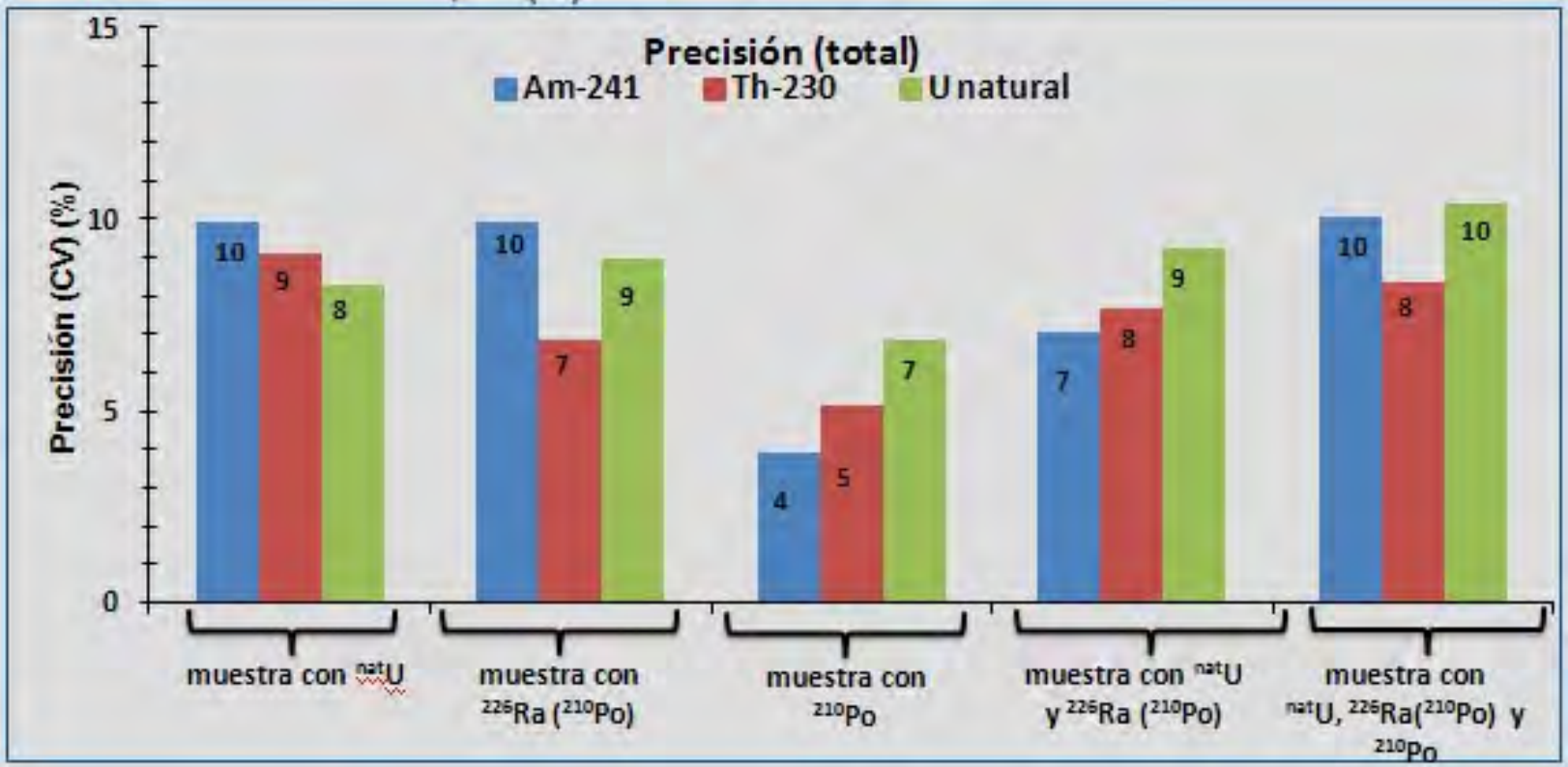
- **Para una actividad de 0,2 Bq/L de uranio, la calibración realizada con ^{241}Am subestima el resultado del índice de actividad alfa total.**
- **En presencia de ^{226}Ra los valores del índice alfa total están significativamente sobreestimados (> 40 %) si se utilizan ^{230}Th y ^{nat}U como patrones de calibración.**

Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -5-

✓ **3er PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado**

Optimización: Muestras sintéticas

Precisión en función del patrón de calibración



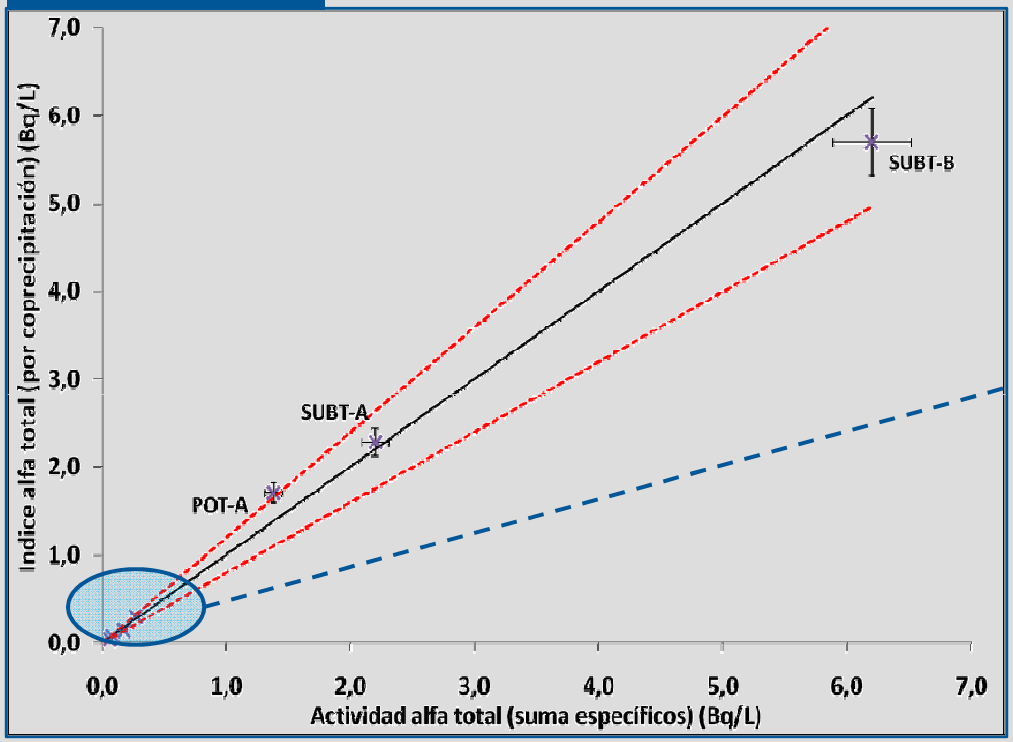
Se obtienen resultados reproducibles con una precisión inferior al 10% (6 réplicas) medidas en detectores de ZnS y proporcionales.

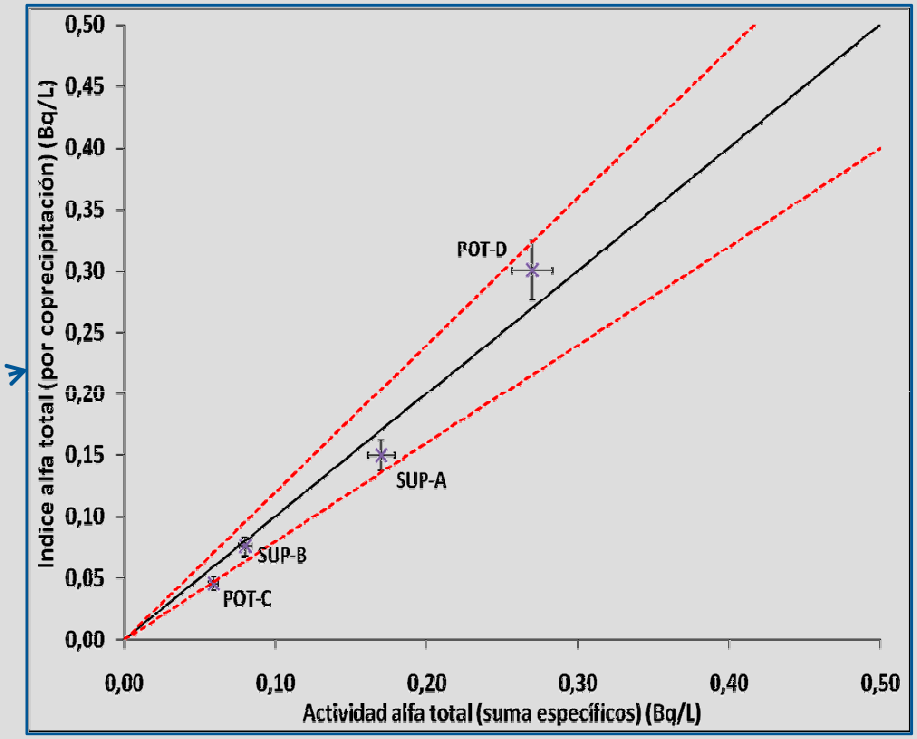
Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -6-

✓ **3er PROBLEMA: Selección del patrón de calibrado**

Optimización: Muestras naturales

Exactitud: Índice de actividad alfa total versus actividad suma de emisores alfa específicos





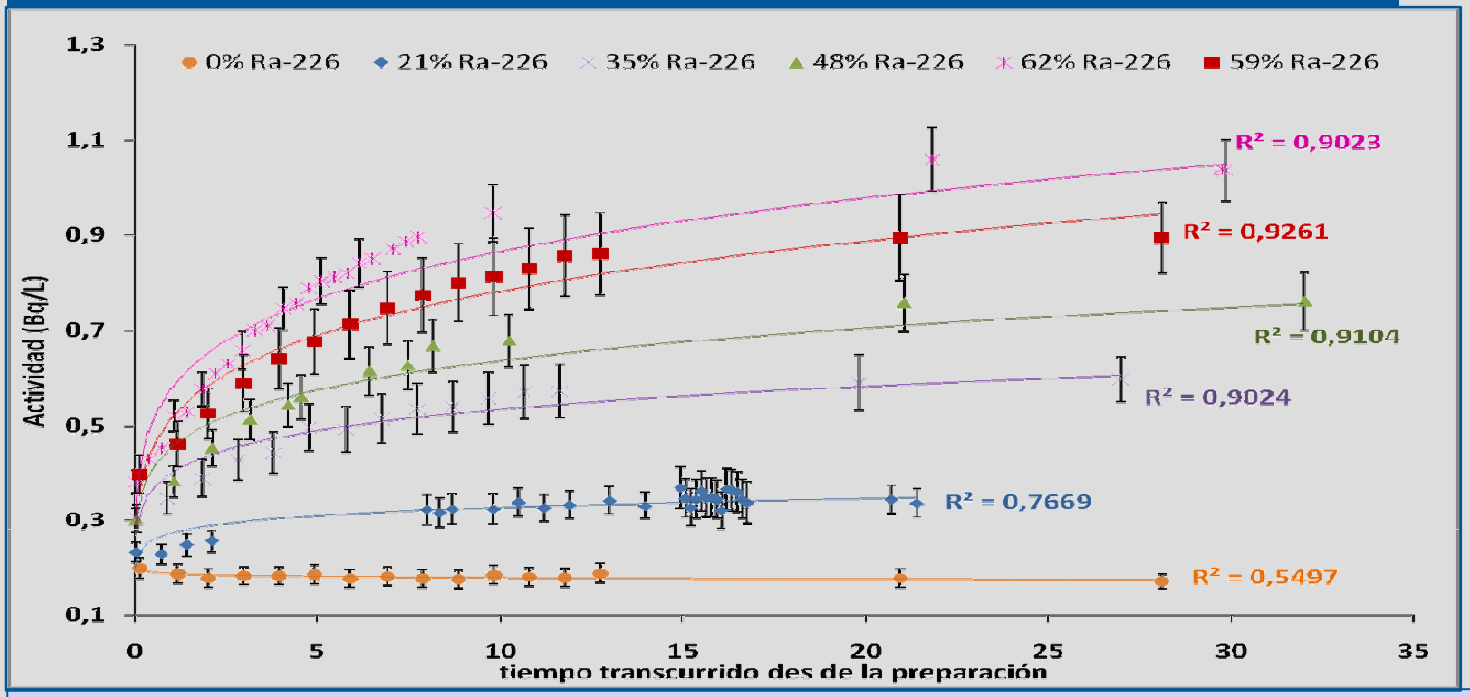
Las desviaciones entre el índice de actividad alfa total, referido al ^{230}Th y el valor real, es en todos los casos inferior al 20% en ambos tipos de detectores.

Método de coprecipitación
Análisis de los principales problemas -7-

✓ **4º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida de la plancheta**

Influencia del porcentaje de ^{226}Ra en la variación temporal

Optimización: Muestras sintéticas



Muestras con mezclas de diferentes proporciones de ^{nat}U + $^{226}Ra(^{210}Po)$

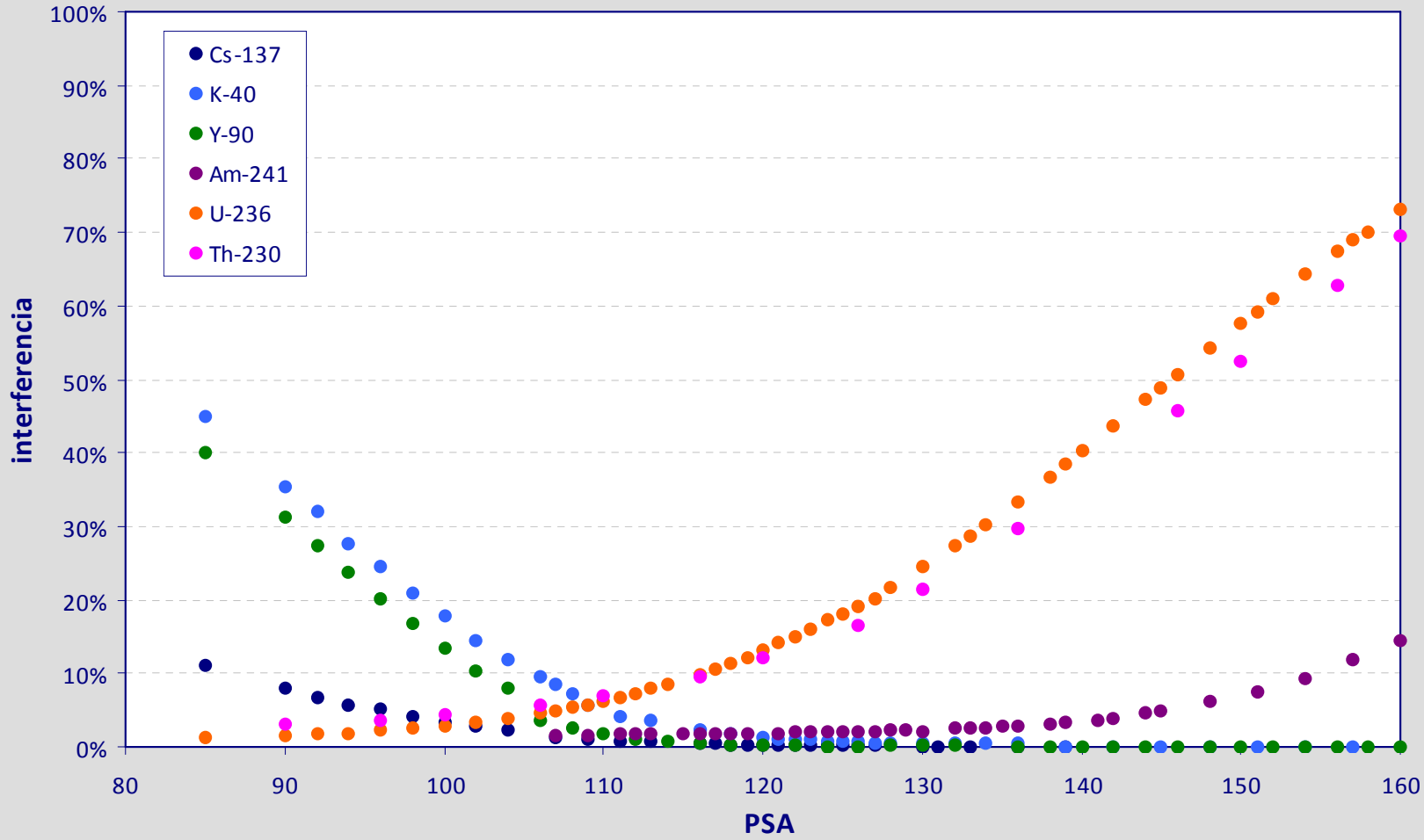
1.- Los puntos de evolución de la actividad pueden ajustarse a curvas de crecimiento que son paralelas entre sí y con un mayor crecimiento radiactivo cuando mayor es la proporción de ^{226}Ra en la mezcla.

2.- Para las muestras que contienen ^{226}Ra, se han establecido curvas de ajuste que permiten estimar la actividad de ^{226}Ra. En este caso será necesario realizar dos medidas (a los 2 y 10 días).

Método de evaporación / centelleo líquido:

Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas - 1-

✓ **1er PROBLEMA: Selección de patrones alfa / beta para el calibrado**



PSA = 110

PATRONES

^{236}U

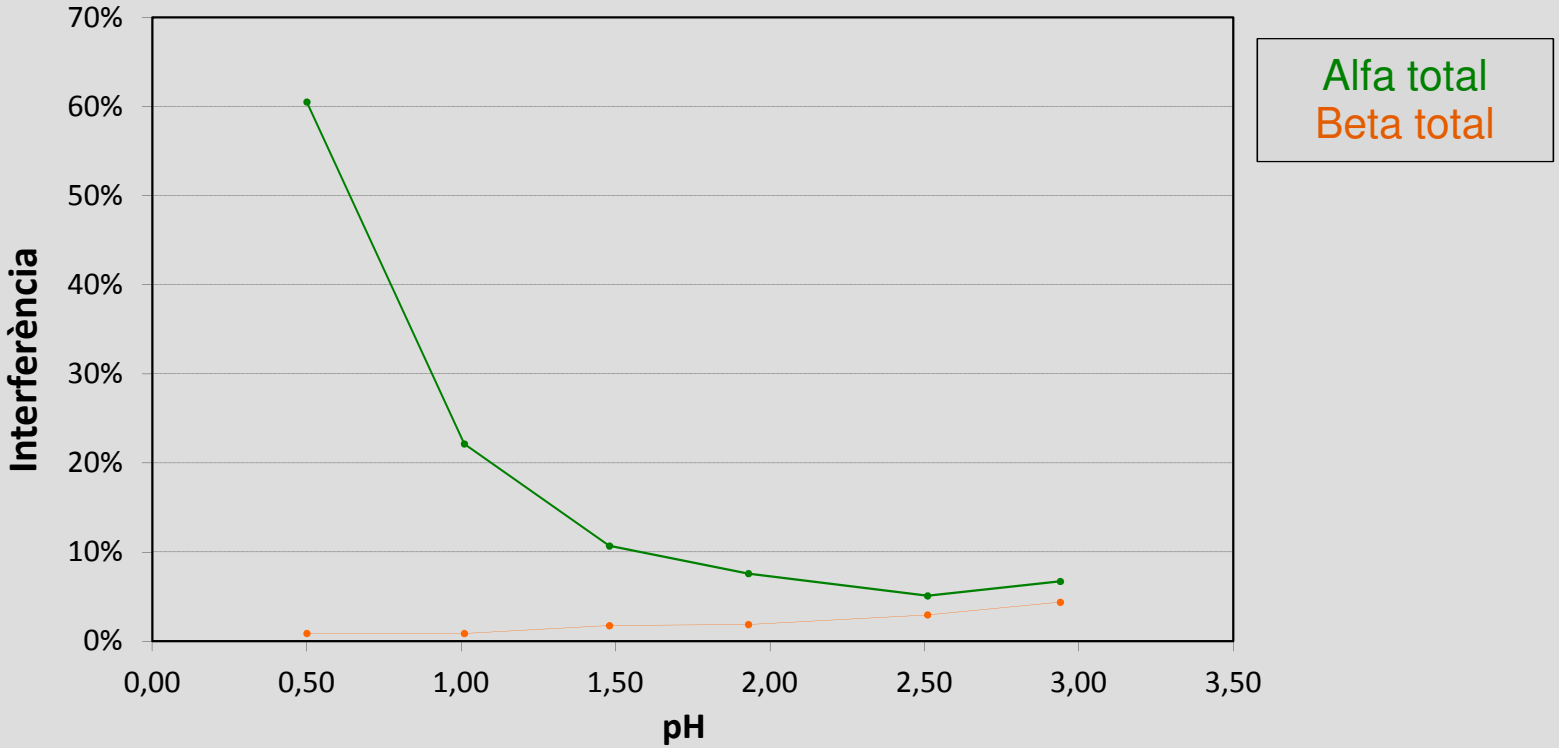
$^{90}Sr/^{90}Y$

- Curvas similares para los distintos emisores (excepto ^{137}Cs).
- Pese a que la ventana beta es mayor que la alfa, el valor de PSA óptimo **no** varía con la energía del emisor beta y **sí** lo hace con la energía del emisor alfa.

Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -2-

✓ **2º PROBLEMA: Selección del agente ácido y del pH de trabajo**

- Estudio del efecto de pequeñas variaciones de pH con HNO_3
- Emisores empleados: ^{236}U y $^{90}Sr/^{90}Y$

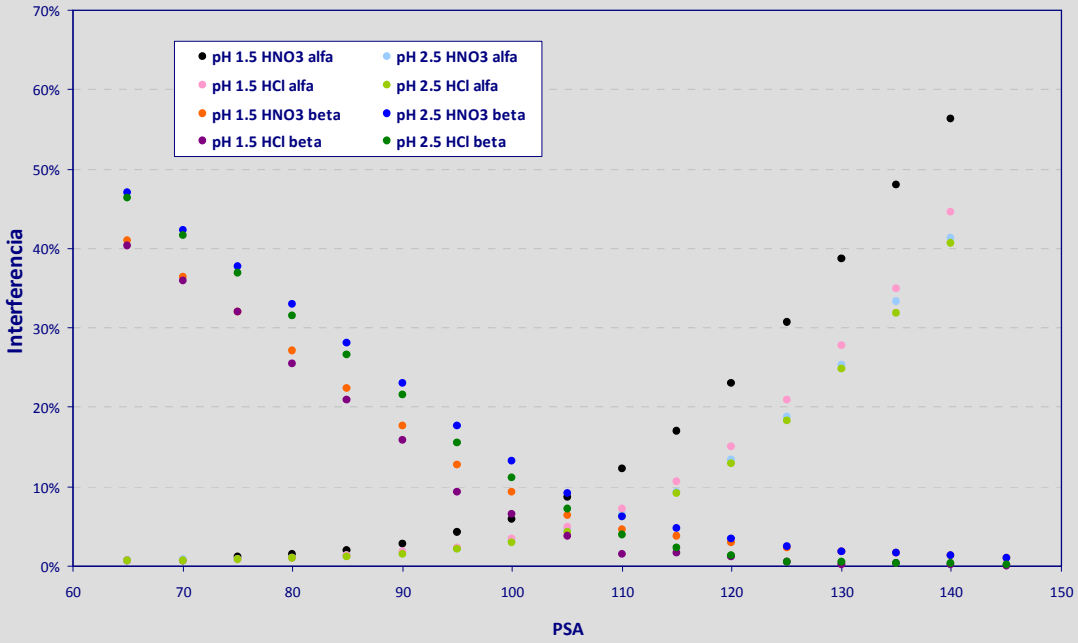


- El valor final de pH afecta a la interferencia
- Incremento de la interferencia a partir de pH < 2
- La interferencia beta se mantiene más constante

Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -3-

✓ **2º PROBLEMA: Selección del agente ácido y del pH de trabajo**

PRIMERA PRUEBA:



- El PSA óptimo se mantiene en todos los casos en 110
- Máxima interferencia con HNO_3, pH = 1,5

SEGUNDA PRUEBA:

Actividad mínima detectable
HNO_3; pH 2,5 Alfa total: 0,033 Bq/l
HCl; pH 1,5 Alfa total: 0,025 Bq/l

TERCERA PRUEBA:

- Evalución mas favorable para el HCl a pH 1,5 de la exactitud y de la repetibilidad

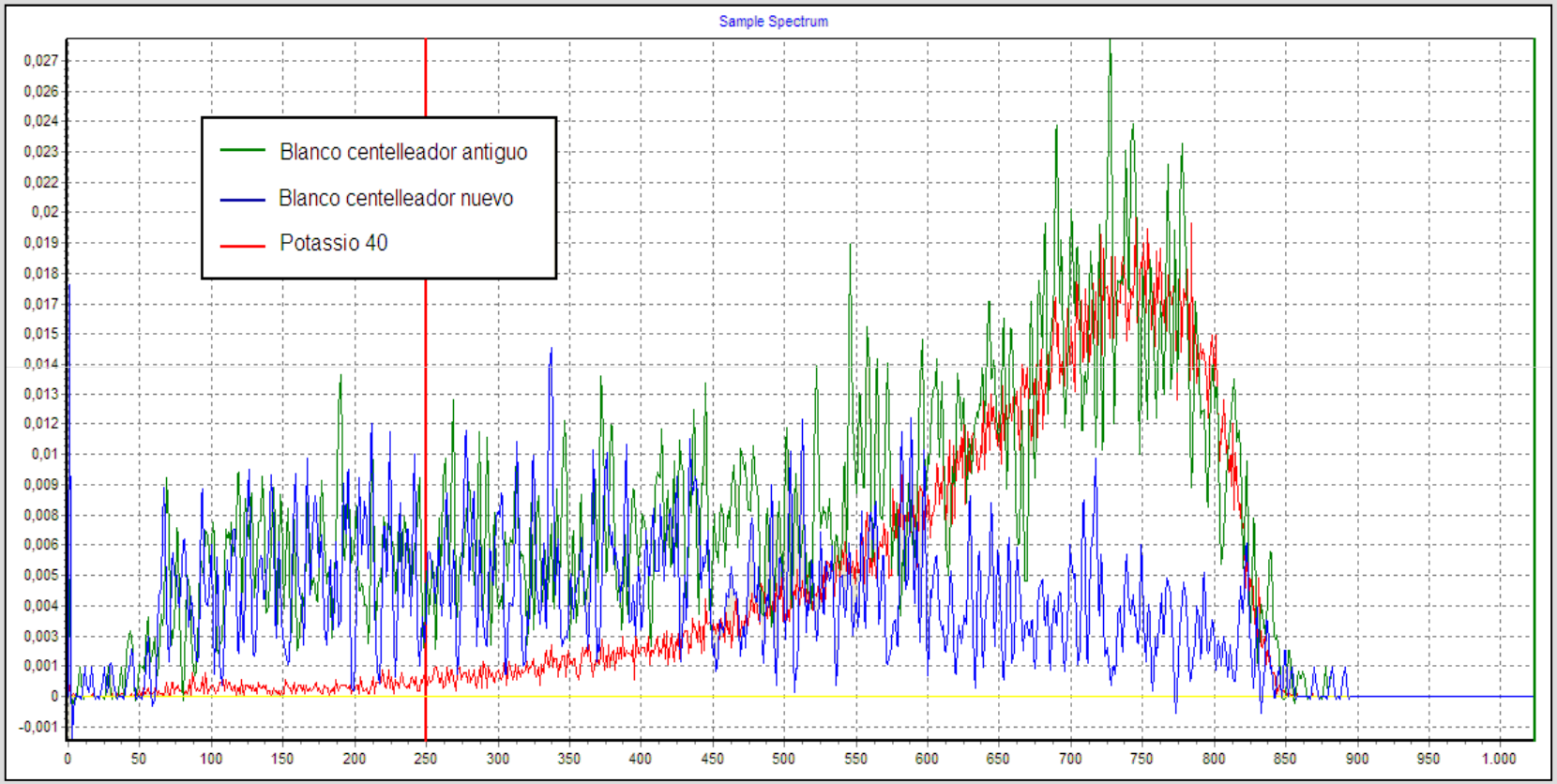
CONCLUSIÓN: Selección final de HCl a pH 1,5

Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -4-

✓ **3er PROBLEMA: Dependencia con la formulación del cóctel de centelleo**

"Ultima Gold AB" de Perkin Elmer

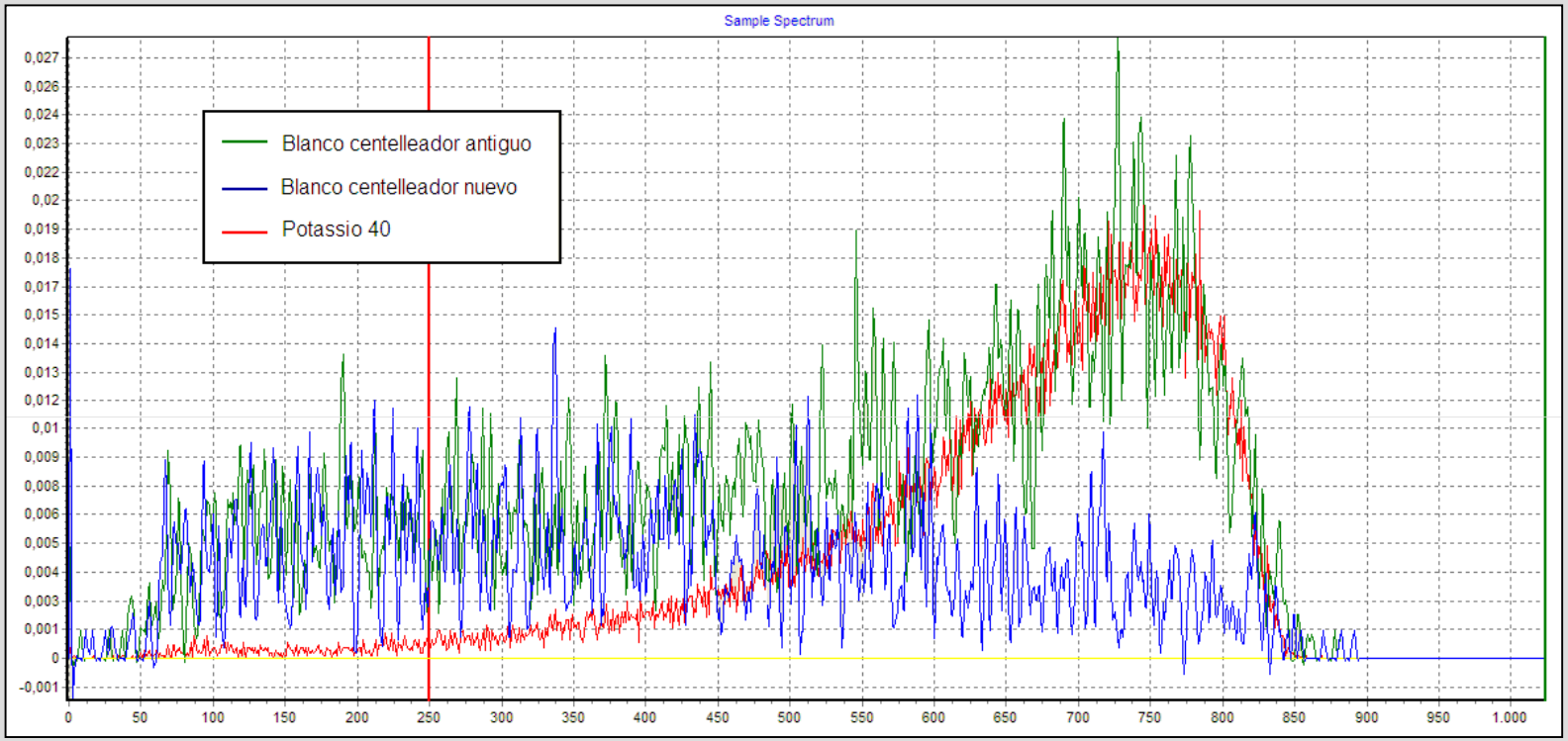
Variaciones cóctel de centelleo



Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -5-

✓ **3er PROBLEMA: Dependencia con la formulación del cóctel de centelleo**

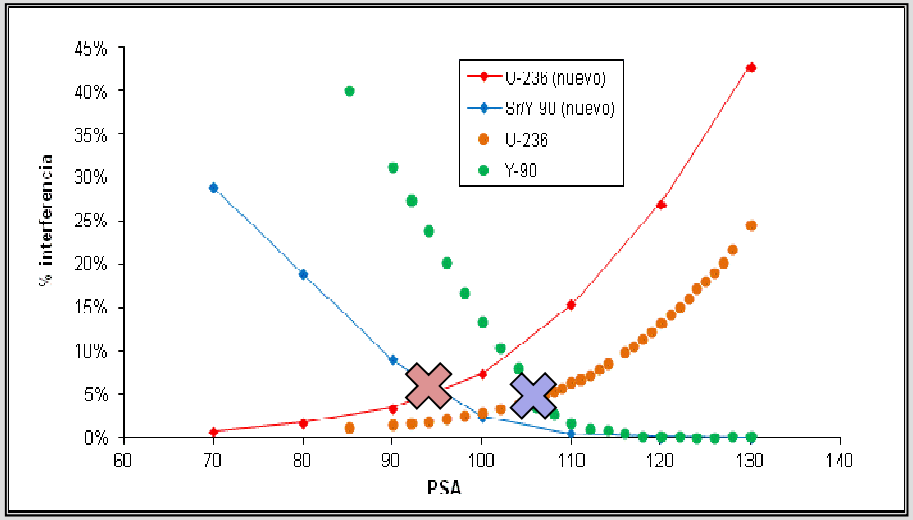
Variaciones cóctel de centelleo



Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -6-

✓ **3er PROBLEMA: Dependencia con la formulación del cóctel de centelleo**

Consecuencias sobre el calibrado



Condiciones establecidas

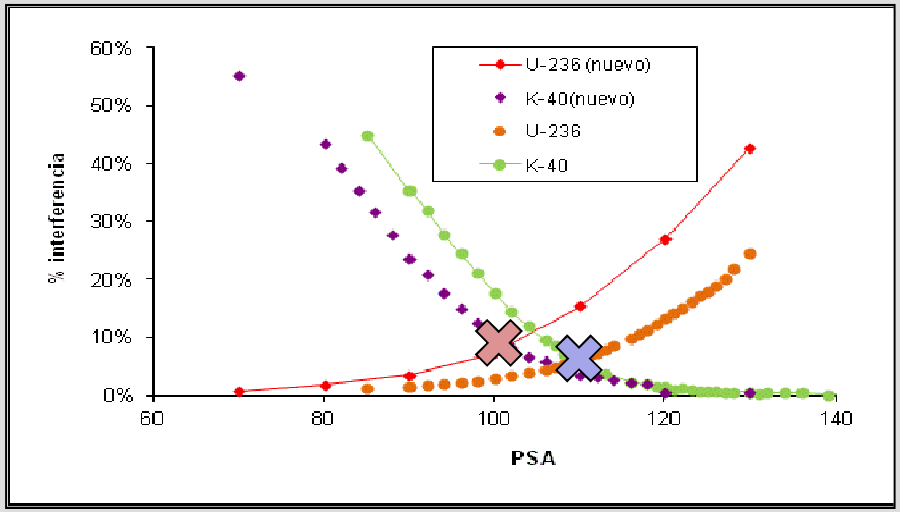
^{236}U-^{90}Sr/^{90}Y

PSA óptimo = 95

Nuevas condiciones

^{236}U-^{40}K

PSA óptimo = 100



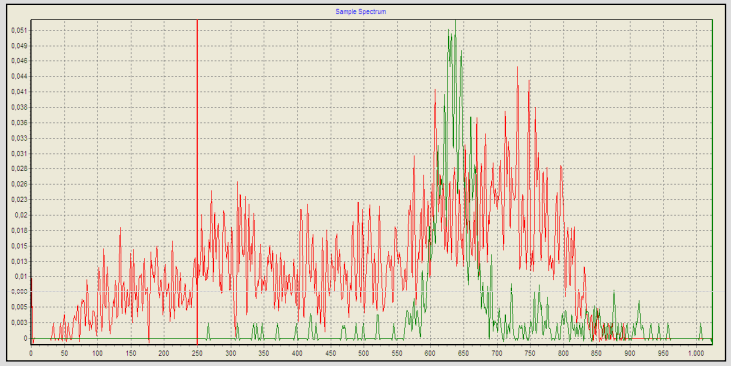
Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -6-

✓ **4º PROBLEMA: Selección del momento mas adecuado para efectuar la medida del vial**

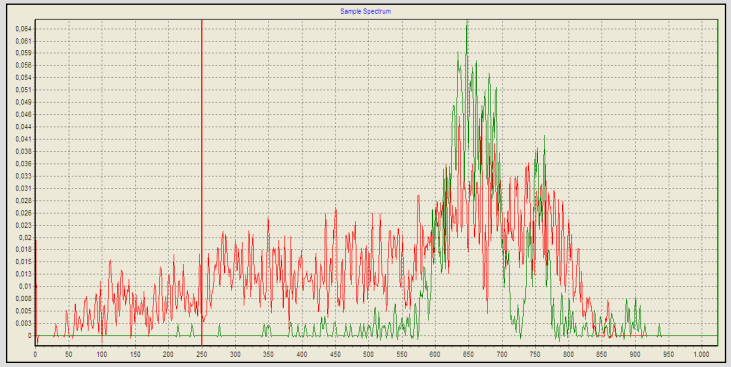
PROBLEMA: Cuando en la muestra existe una contribución importante de ^{226}Ra debido a sus descendientes

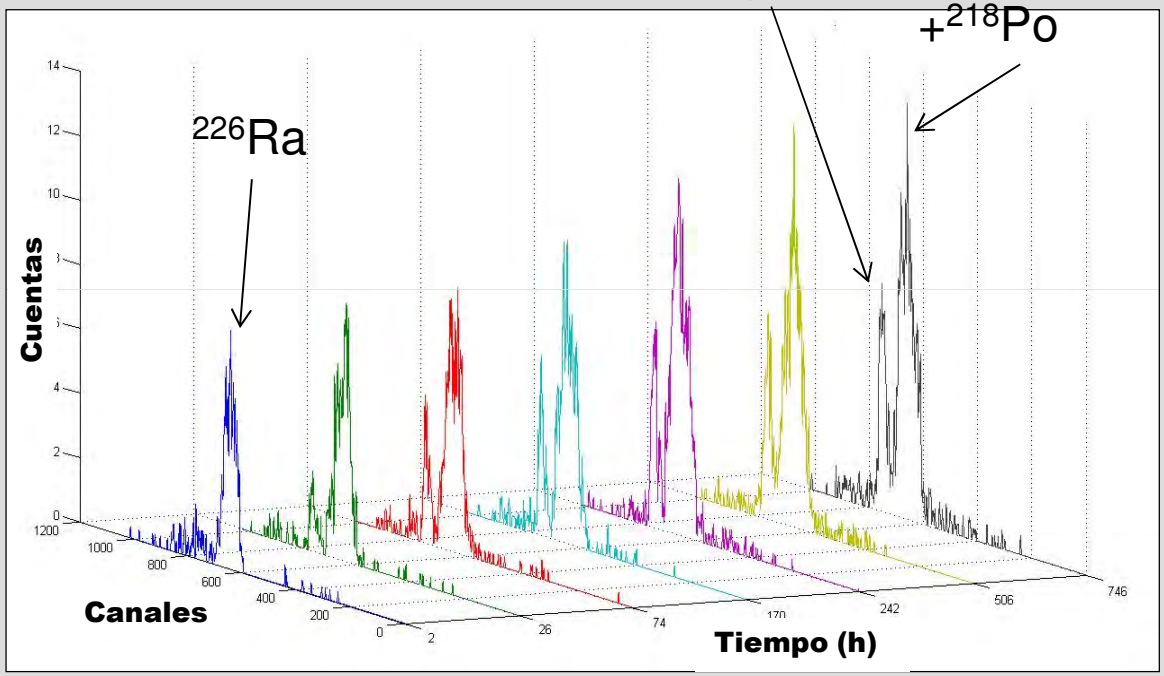
Muestra sintética: efecto radionucleidos, tiempo de espera

2 horas



30 días

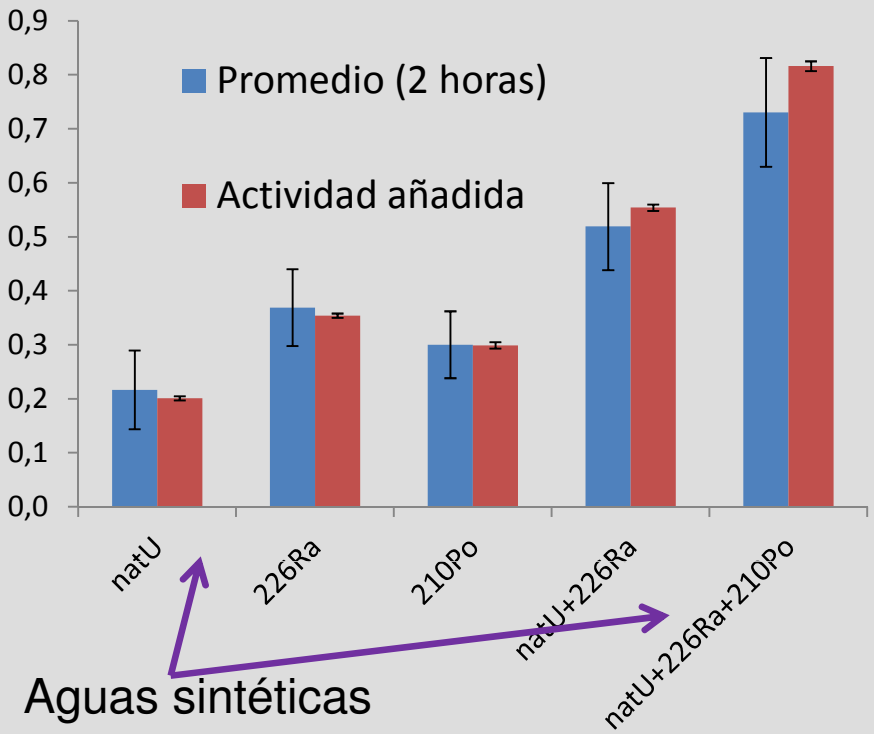




Momento óptimo: 2 horas tras preparación

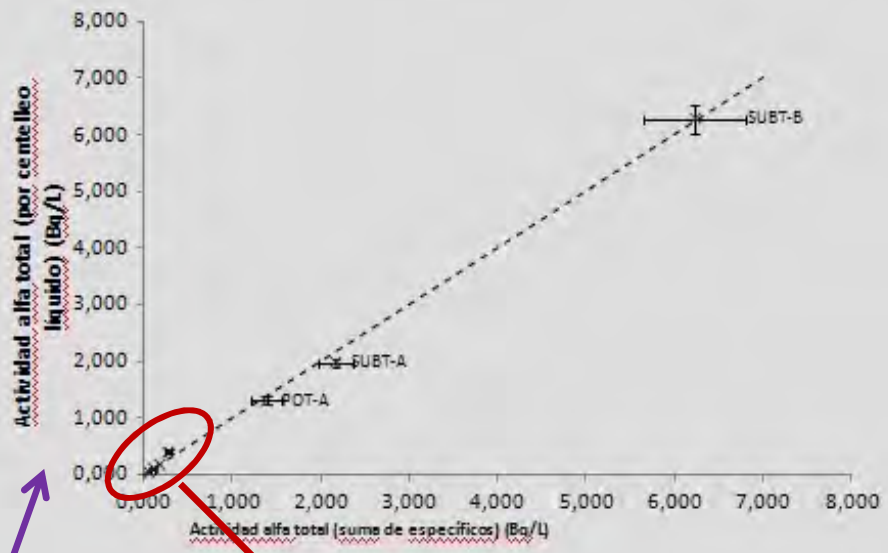
Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -6-

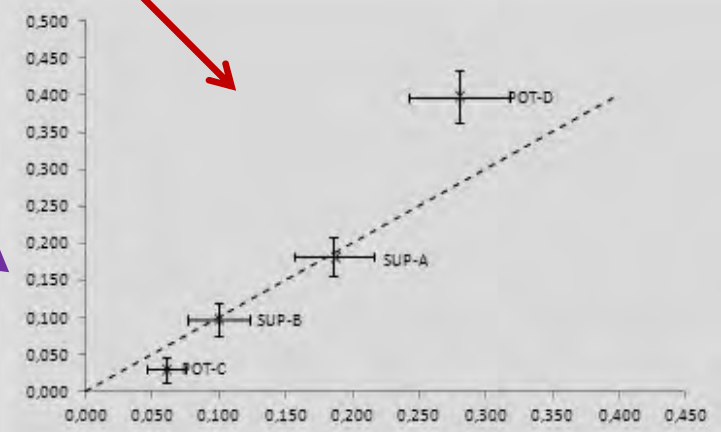
Test sobre la validez de los resultados



Aguas sintéticas

Aguas reales



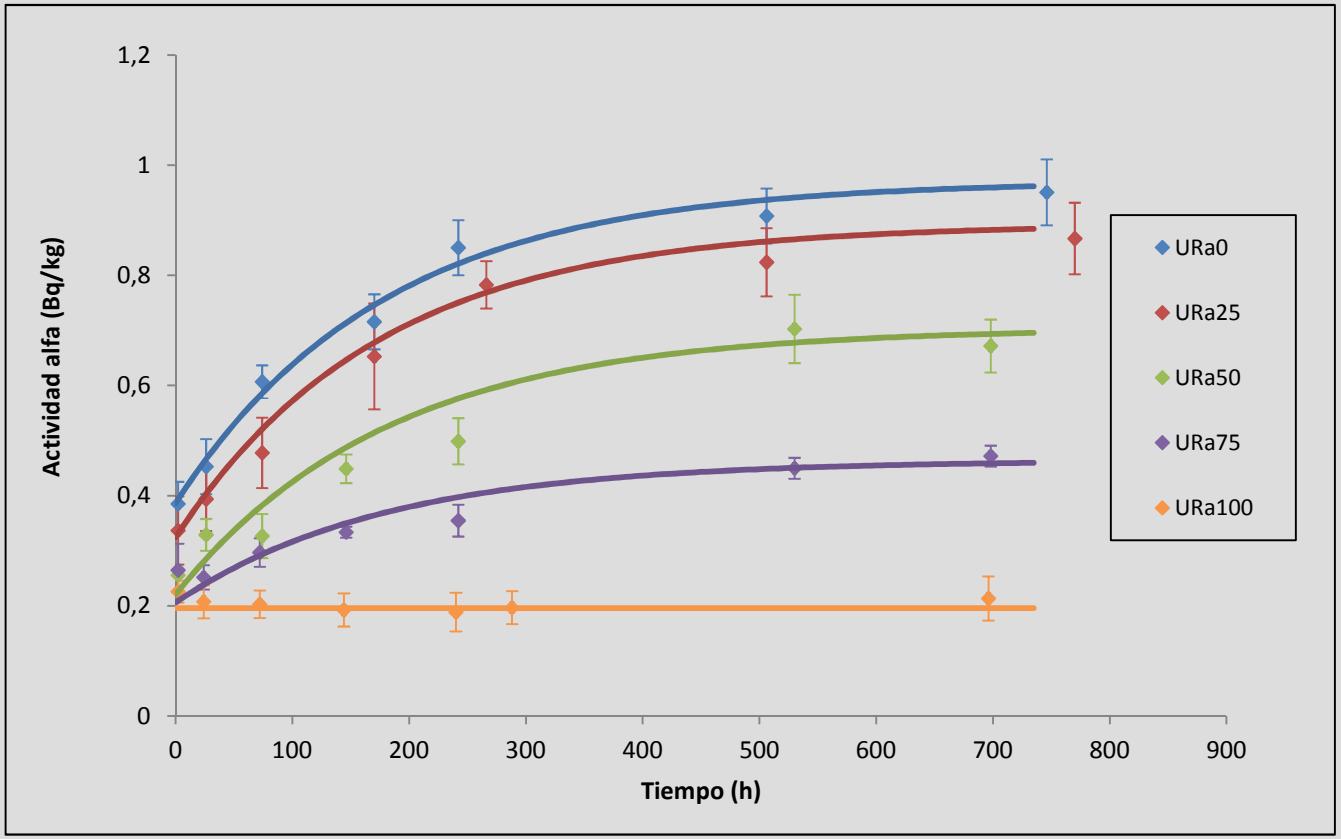


Los resultados experimentales de la actividad alfa total concuerdan con la suma de las actividades alfa presentes en las aguas

Método de evaporación / centelleo líquido
Análisis de los principales problemas -6-

Capacidad adicional: a partir de dos medidas de la misma muestra se puede determinar la actividad alfa total y su contenido en ^{226}Ra

$$Act_{\alpha}(t) = A * (1 - e^{-b*t}) + C$$



Muchas gracias, por su atención.