



Comisión Nacional
de Energía Atómica



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Valor agregado de la ionización de alimentos en productos de la pesca

Celina I. Horak



Comisión Nacional
de Energía Atómica



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com

Desarrollo de la disertación

- ✿ La ionización y como se estudió la seguridad del proceso
- ✿ Instalaciones y fuentes aprobadas en el mundo
- ✿ Acción de la radiación sobre ADN
- ✿ Objetivos buscados en productos de mar
- ✿ Control de flora deteriorante y extensión de vida útil
- ✿ Control de patógenos y su metodología
- ✿ Países que aplican esta tecnología
- ✿ Actualización del código

En qué consiste la Ionización de alimentos?

Exponer un alimento a la acción de las radiaciones ionizantes durante un cierto tiempo...

...proporcional a la cantidad de energía que deseamos que el alimento absorba para lograr un objetivo.



Tratado por radiaciones ionizantes

La energía absorbida por
unidad de masa de
producto

**Dosis
(D)**

$$D = \frac{E \text{ (Joule)}}{m \text{ (kg)}} = \text{Gy} \quad (\text{SI})$$

Quiénes avalan la inocuidad de los alimentos ionizados



Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

Estudiada desde hace más de 60 años en todo el mundo.

OMS y FAO consideran que los datos disponibles sobre **química de radiaciones, toxicología, microbiología y propiedades nutricionales** de alimentos irradiados aseguran que, cualquiera sea la dosis aplicada, no hay dudas sobre la inocuidad de los alimentos irradiados.

- ✓ No genera radiactividad en el alimento.
- ✓ No genera mutagenicidad, carcinogenicidad, ni teratogenicidad.
- ✓ No hay pérdidas nutricionales significativas.
- ✓ Ausencia de patógenos y sus toxinas



Comisión Nacional
de Energía Atómica



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com

2011 EFSA
57 Páginas

2011 EFSA
88 Páginas

1999 OMS, FAO, OIEA
103 Páginas

SCIENTIFIC OPINION

Scientific Opinion on the Chemical Safety of Irradiation of Food¹

EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes,
Flavourings and Processing Aids (CEF)^{2,3}

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

ABSTRACT

irradiation (gamma rays, electrons or X-rays) is applied to foods for improving food safety and removing micro-organisms that are harmful to human health or plant products. As concerning selection passes through food, it creates a trail of chemical transformations by primary and secondary radiolysis effects. The main reported radiolytic products are certain hydrocarbons and 2-alkylcyclobutanones produced from major fatty acids in food, and some cholesterol derivatives and furans. Most of these substances are also formed in food that has been subjected to other processing treatments and are thus not exclusively formed by irradiation. Furthermore, the quantities in which they occur in irradiated food are not significantly higher than those being formed in heat treatments. Since the last SFOP opinion in 2003, several *in vitro* genotoxicity studies on irradiated foods have been published. The available data indicate that at least one of the radiolysis products, 2-alkylcyclobutanones, may induce DNA damage *in vitro*. No data are available, however, a genotoxic hazard in humans is considered unlikely by the Panel in view of the plausible indirect mechanism underlying the genotoxicity of alkylcyclobutanones *in vitro*. Concerning other radiolytic products no relevant toxicological studies have been reported. The weight of evidence from recent literature regarding biological effects supports the food classes and radiation doses specified in previous SFOP opinion in 2003. The only new contrary evidence was indicated in publication on leukoencephalomyelopathy in cats which have been fed mainly or exclusively with highly irradiate feed. However, a clear mechanistic explanation in terms of radiation dose has not been established. Considering that only a very limited number of studies have been published currently, the Panel is of the view that there is not enough data to change the existing opinion. The absence of the cats studies have been taken into account.

SCIENTIFIC OPINION

Scientific Opinion on the efficacy and microbiological safety of irradiation
of food¹
EFSA Panel on Biological Hazards
European Commission

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)²
European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

ABSTRACT

[illegible]

Key words

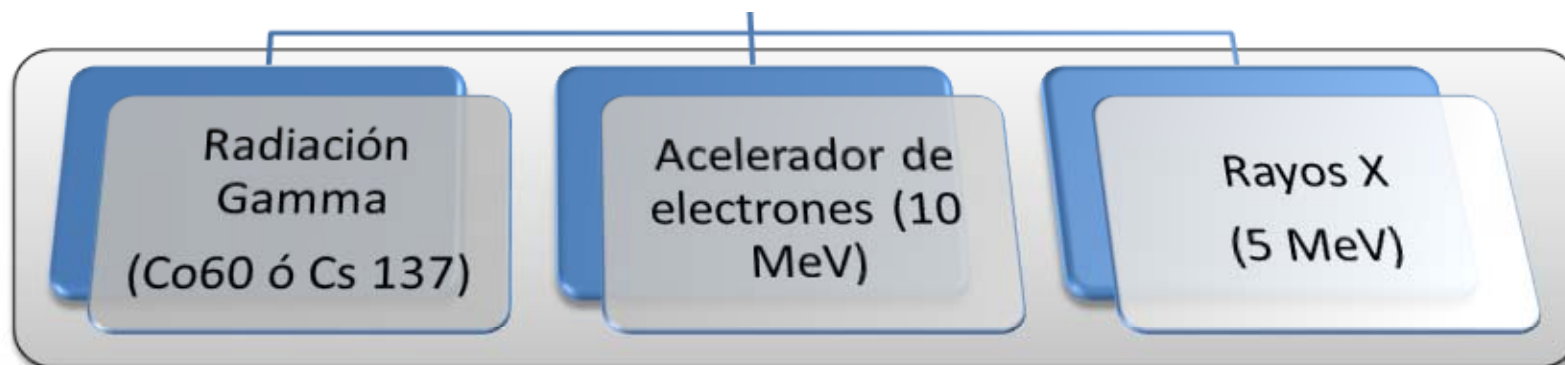
Food irradiation, efficacy, microbiological safety, food-borne pathogens

[illegible]

Scientific Opinion on Irradiation of Food Efficacy and
Food Safety Authority, 2011

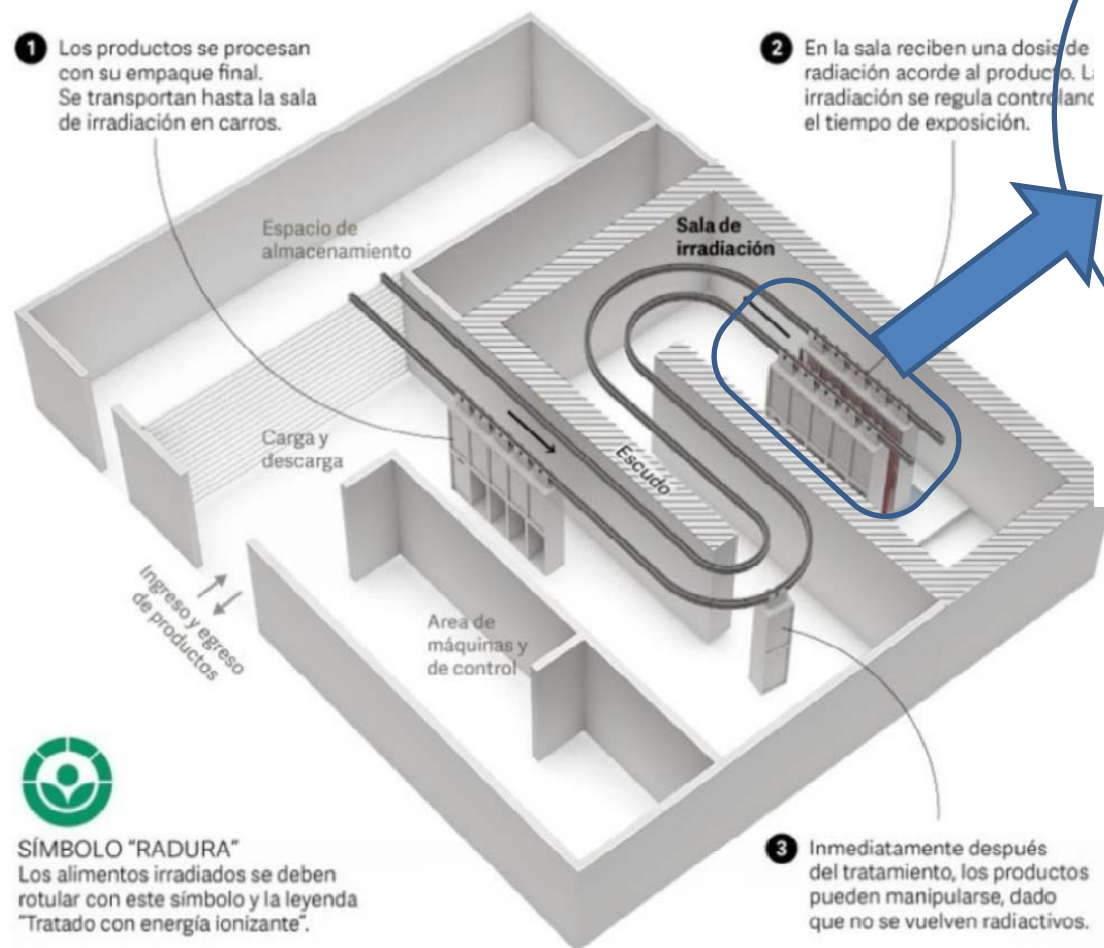
Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com

Instalaciones y fuentes aprobadas en el mundo

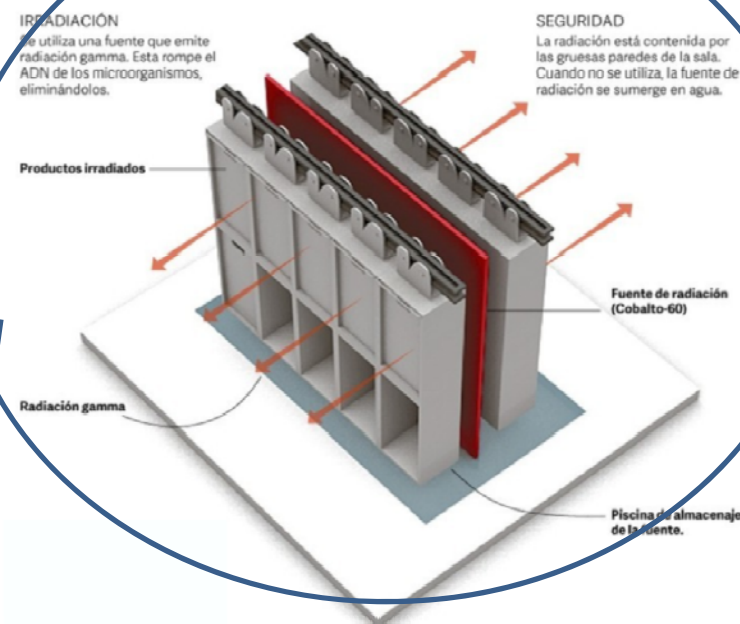


	Radiación gamma/ Rayos X (5MeV)	Electrones acelerados (100kEV – 10MeV)
Compuesto por	fotones	Electrones (partículas)
Masa	NO	SI
Carga eléctrica	NO	SI
Penetración	Buena/muy buena	Limitada

Diseño básico instalaciones gamma argentinas



SÍMBOLO "RADURA"
Los alimentos irradiados se deben rotular con este símbolo y la leyenda "Tratado con energía ionizante".



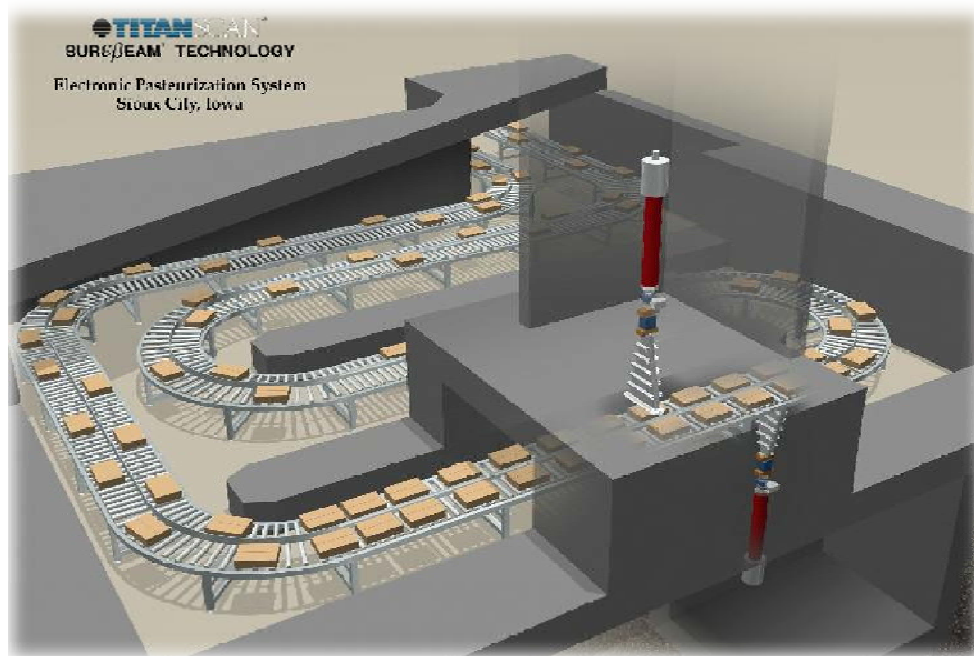
Comisión Nacional
de Energía Atómica



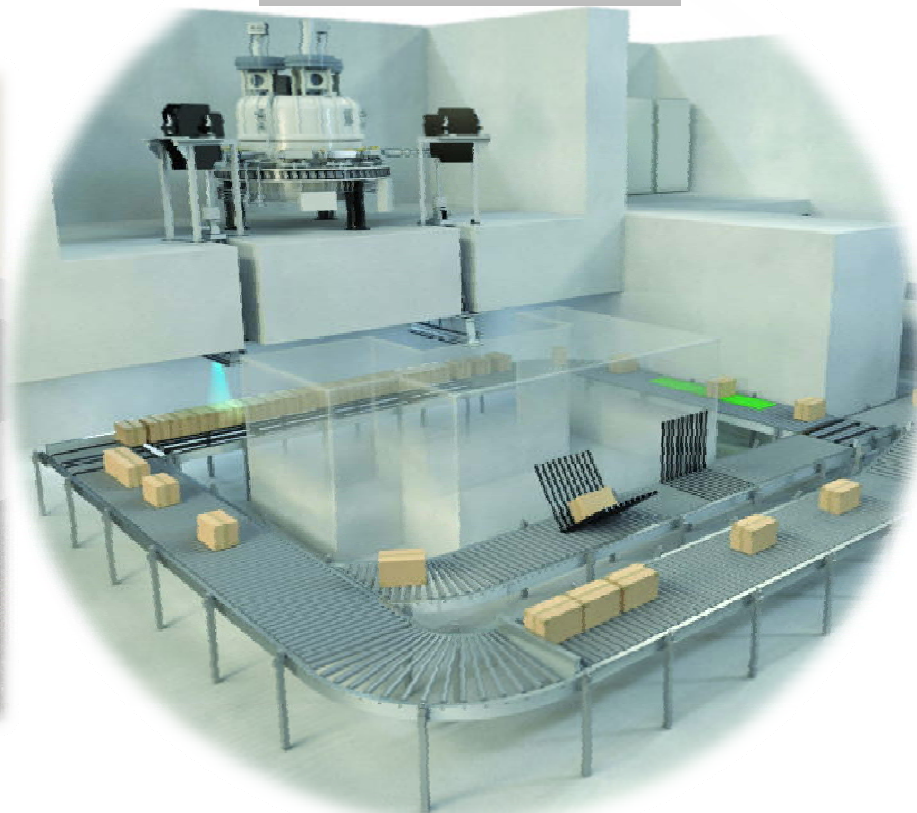
RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

ak
ail.com

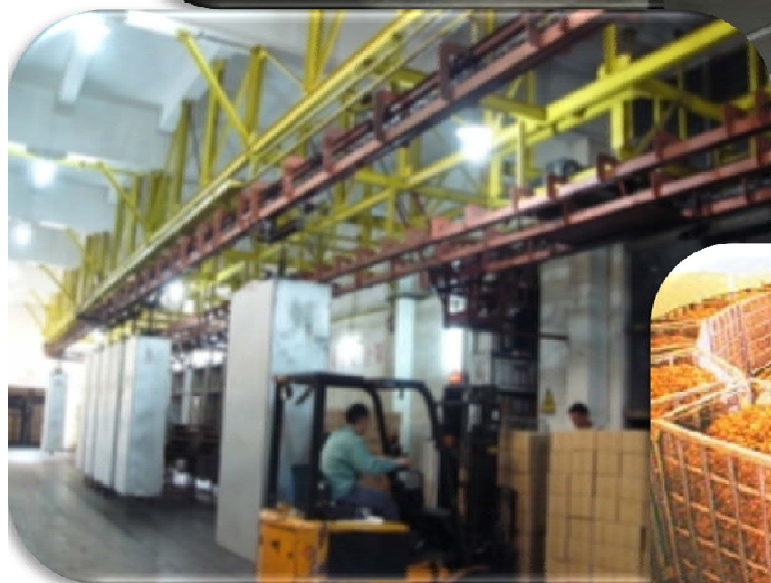
Electrones



Electrones y Rayos X



EJEMPLOS DEL SISTEMA DE CARGA Y PROCESO



Comisión Nacional
de Energía Atómica



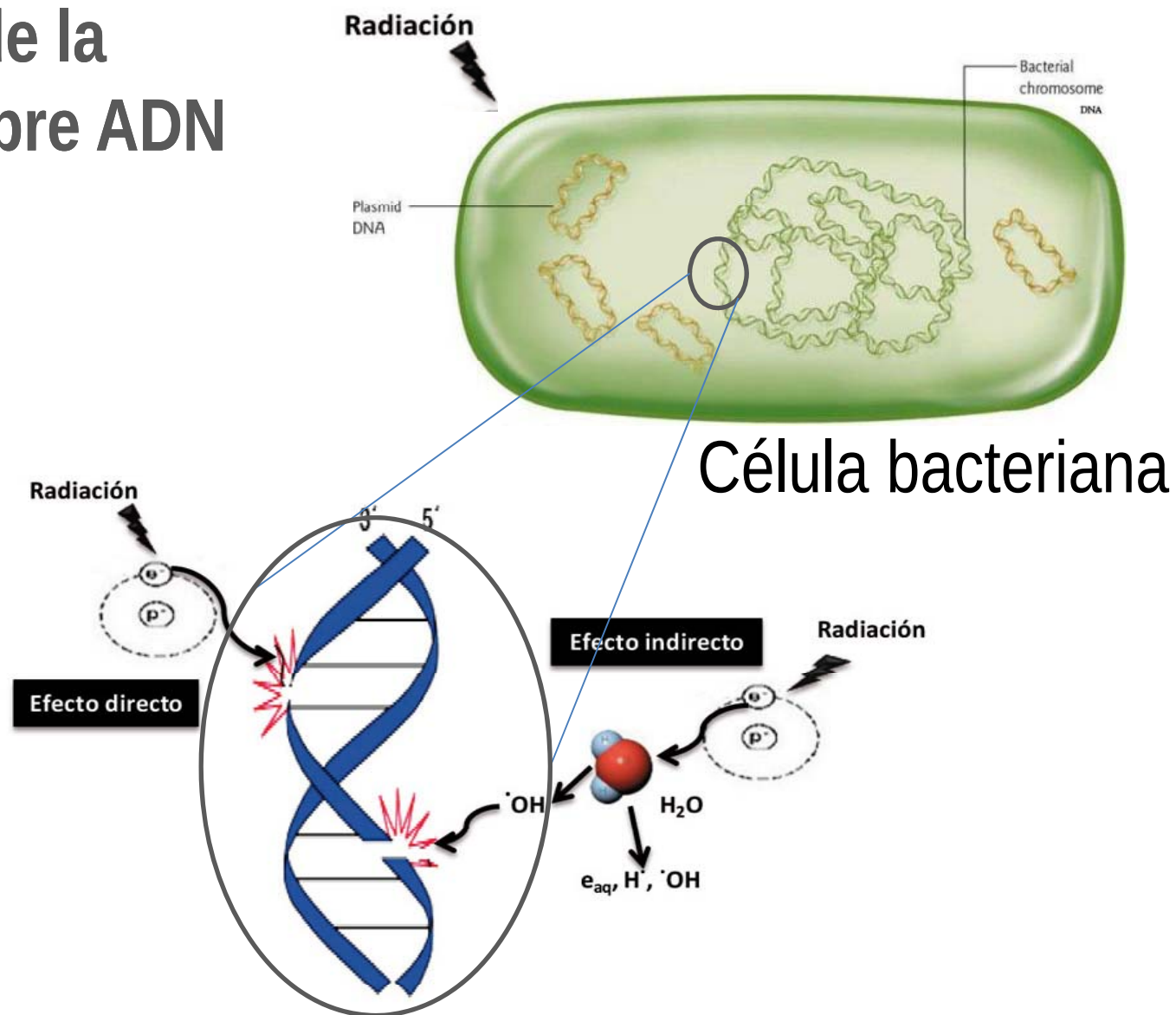
RSA-CO
Red de Seguridad

celmamorante@gmail.com

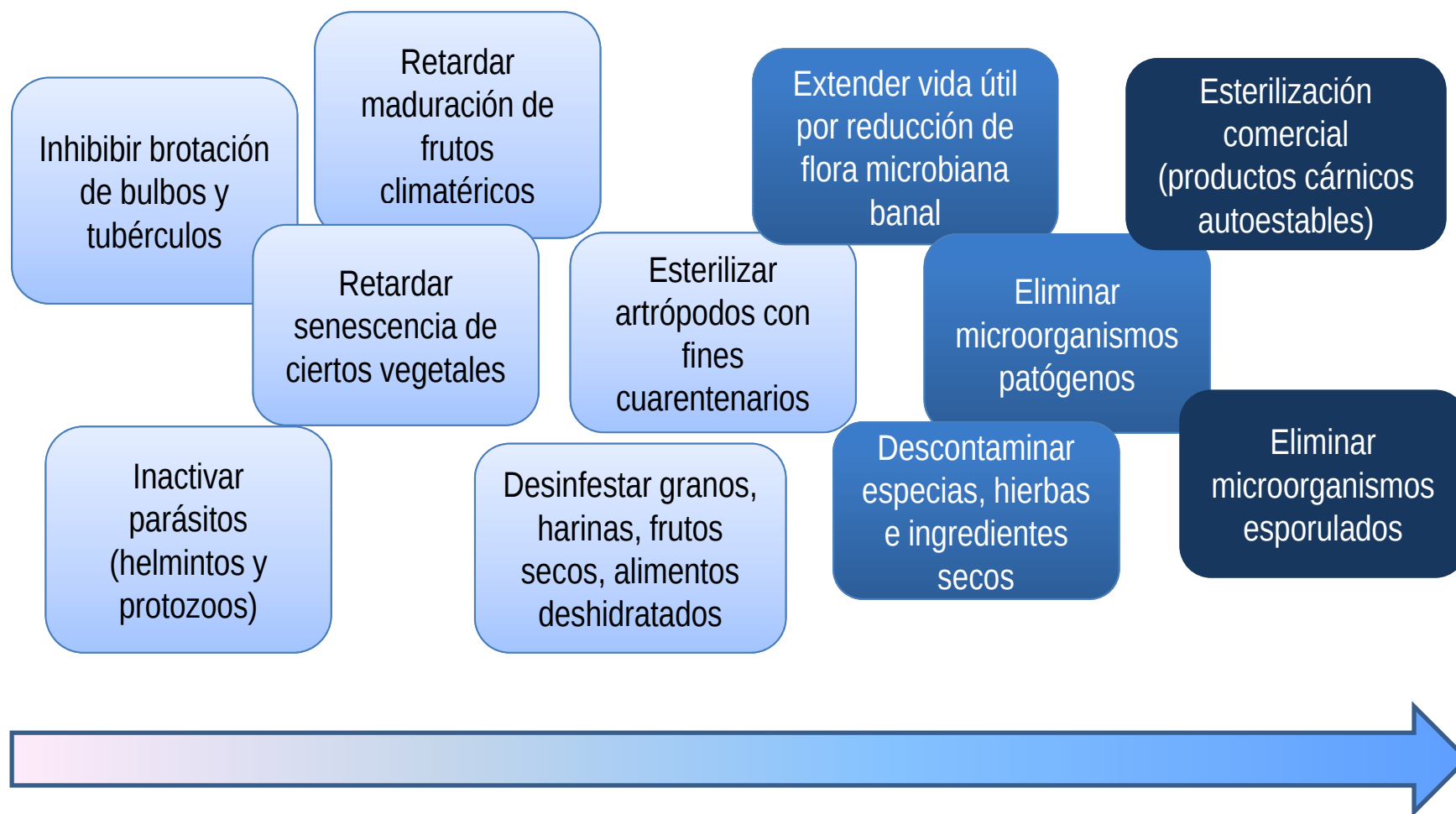
Argentina - Irradiadores

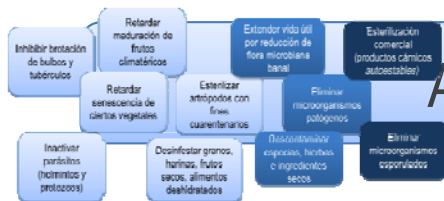
- 1964 – Irradiador de laboratorio autoblandado (Co-60), CNEA (investigación)
- **1970 – Planta de Irradiación Semi-Industrial (^{60}Co) , CAE – CNEA (multipropósito)**
- 1971 – Irradiador Móvil, IMO (^{60}Co) – CNEA (investigación)
- **1989 – Planta de irradiación multipropósito (^{60}Co) – IONICS I**
- 1991 – Irradiador Móvil IMCO-20 (^{60}Co) – ISCAMEN
- Irradiadores haces de electrones autoblandados, Industria del plástico termocontraíble (3).
- **2017 - Planta de irradiación multipropósito (^{60}Co) – IONICS II**
- **????? – Planta acelerador de electrones/Rayos X, CAE - CNEA**

Acción de la radiación sobre ADN



Para qué se irradian los alimentos?





APLICACIÓN EN PRODUCTOS de la PESCA Y DERIVADOS



Inactivar parásitos
(helminthos y
protozoos)



Extender la vida
comercial por
reducción de flora
microbiana banal



Esterilización comercial
(productos autoestables,
especias)

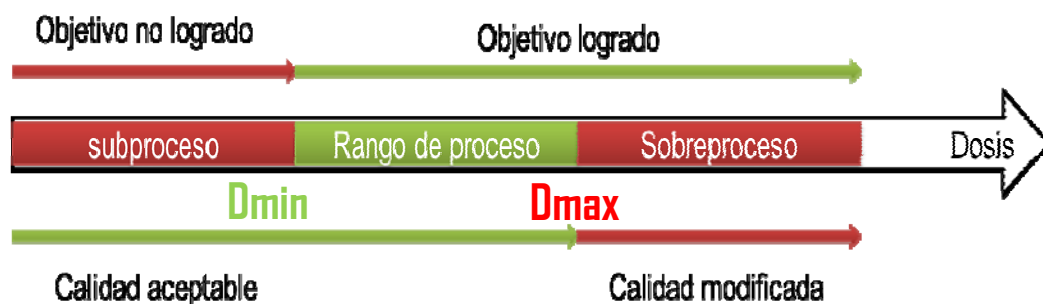
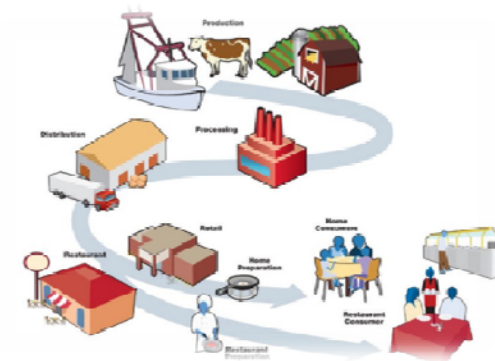


Eliminar
microorganismos
patógenos



Pasos a cumplir para asegurar el agregado de valor

1. Diseñar o adecuar el producto y el proceso que permita (mediante la implementación de un Sistema de **Gestión**), **controlar puntos críticos**
2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado
3. Definir la **dosis máxima** que tolera el alimento sin perjudicar sus atributos de calidad, la calidad nutricional y sensorial



Instalación de Irradiación

4. Validación del proceso de irradiación
5. Irradiación de rutina

1. Optimización del proceso: controlar puntos críticos



2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado

Extensión vida comercial

Ejemplo 1: pescados de agua dulce

Pescado agua dulce	Dosis (kGy)	Almacenamiento °C	Extensión en días
Carpa	1,5	0 -2	15 - 30
Siluro de canal	1 – 2	0	4 - 20
Trucha de lago	3	0,5	8 - 26
Trucha arco iris	1	0	14 – 28 (vacío)

2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado

Extensión vida comercial

Ejemplo 2: pescados de agua salada

Pescado agua dulce	Dosis (kGy)	Almacenamiento °C	Extensión en días
Bacalo	1,5	0,5	8 – 30
Abadejo	1,5 – 2,5	0,5	12 – 30
Halibut	2 – 3	0,5	8 – 30
Caballa	1,5	0,5	12 – 25
Lenguado	2,5	0,5	10 – 28

2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado

Extensión vida comercial

Ejemplo 3: mariscos

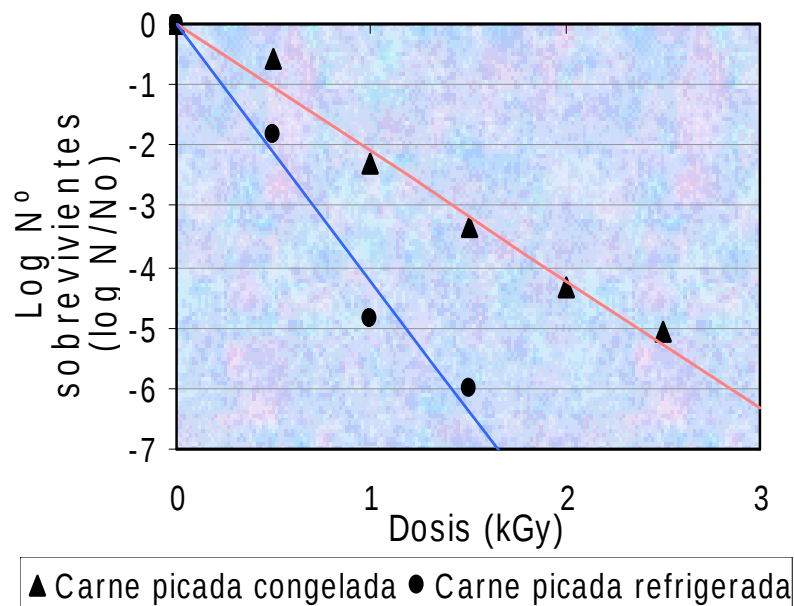
Producto	Dosis mínimas (kGy)	Vida comercial (semanas)
Ostras (descascaradas)	2	3 - 4
Camarón	1.5	4
Carne de cangrejo real (cocida)	2	4 - 6
Carne de cangrejo Dungeness (cocida)	2	3 - 6
Carnes de almeja blanda	4.5	4
Carne de langosta (cocida)	1,5	--

2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado

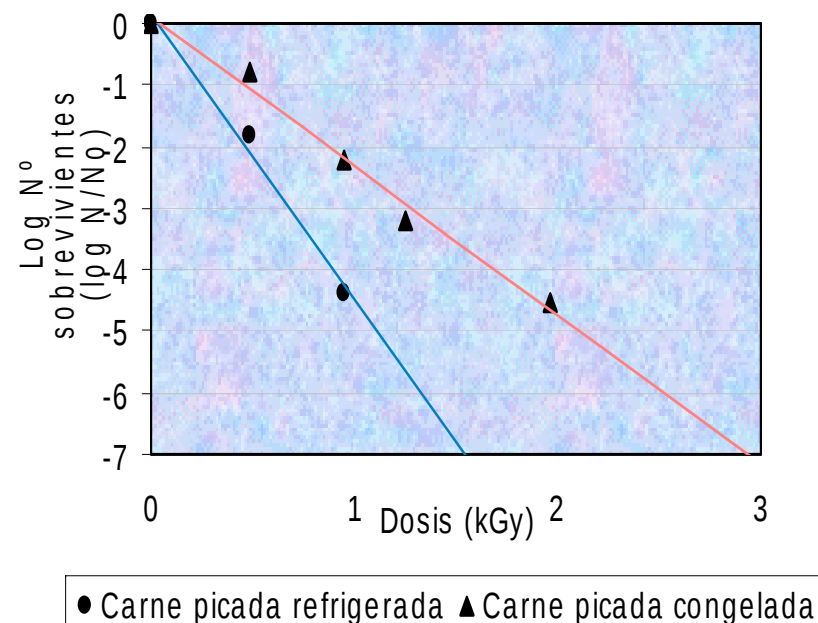
Eliminación de microorganismos patógenos

- Evaluar las **fuentes de contaminación** en las etapas de producción e identificar los posibles microorganismos patógenos que podrían estar presentes
- Seleccionar el/los microorganismo/s patógeno/s más resistente/s en la matriz y condición analizada.
- Determinar la calidad higiénica de acuerdo a los criterios normativos.
- Calcular la dosis considerando el D_{10} del microorganismo más resistente, y aplicando el criterio de dosis de desinfección: **reducción de 6 órdenes de magnitud (público general) ó más, si se quisiera utilizar para poblaciones inmunocomprometidas.**
- Verificar que luego de la irradiación el producto cumple con las exigencias microbiológicas del CAA.

Radiosensibilidad de E. coli 0157VT1



Radiosensibilidad de E. coli 0157:H7 VT2



D_{10} muestras **refrigeradas**: 0,22 y 0,24 kGy ➡ Dosis de desinfección (5 log) = 1,2 kGy

D_{10} muestras **congeladas**: 0,41 y 0,45 kGy ➡ Dosis de desinfección (5 log) = 2,3 kGy

2. Determinar la **dosis mínima** según el objetivo buscado

Eliminación de microorganismos patógenos:

Parásitos	Dosis mínima efectiva
<i>Clonorchis spp larvae</i>	0,15 kGy
<i>Opisthorchis viverrini</i>	0,10 kGy
<i>Anisakis simplex (mortalidad larvas)</i>	2 a 10 kGy
<i>A. cantonensis</i>	2 kGy
<i>A. costaricensis</i>	4 kGy
<i>Paragonimus westermani arvae</i>	0,1 kGy

3. Definir la **dosis máxima** para controlar los atributos de calidad, la calidad nutricional y sensorial: AMINOACIDOS

TABLE III. EFFECTS OF ELECTRON RADIATION (53 kGy) ON SELECT AMINO ACIDS IN HADDOCK FILLETS

	Amino acid content (parts of amino acid per 16 parts of nitrogen)	
Amino acid	Non-irradiated	Irradiated
Phenylalaine	3.93	3.63
Tryptophan	1.16	1.08
Methionine	2.99	2.85
Cystine	1.04	1.04
Valine	6.29	6.69
Leucine	8.03	8.25
Histidine	1.85	2.00
Arginine	5.34	5.56
Lysine	9.70	9.29
Threonine	4.87	4.58

Source: Proctor and Bhatia, 1950

3. Definir la **dosis máxima** para controlar los atributos de calidad, la calidad nutricional y sensorial: VITAMINAS

TABLE IV. THE EFFECT OF RADIATION (6 kGy) AND COOKING (4 min AT 15lb/in²) ON SOME B-COMPLEX VITAMINS IN COD (95% CONFIDENCE LIMITS IN PARENTHESES)

Vitamin	Unirradiated, raw (control)	Irradiated, raw		Unirradiated, cooked		Irradiated, cooked	
		Potency, mg/g*	% of control	Potency, mg/g*	% of control	Potency, mg/g*	% of control
Nicotinic acid	166 (164–168)	165 (162–168)	99 (97–101)	160 (158–162)	96 (94–98)	161 (159–163)	97 (95–98)
Riboflavin	1.98 (1.93–2.03)	1.87 (1.81–1.93)	94 (90–98)	1.80 (1.73–1.87)	91 (87–95)	1.67 (1.60–1.73)	84 (80–88)
Thiamin	2.67 (2.49–2.85)	1.41 (1.26–1.56)	53 (45–60)	2.40 (2.27–2.43)	90 (85–95)	1.22 (1.15–1.29)	46 (38–53)

Source: Kennedy and Ley, 1971

3. Definir la **dosis máxima** para controlar los atributos de calidad, la calidad nutricional y sensorial: VITAMINAS

TABLE V. THE THIAMIN, PYRIDOXINE, NIACIN AND A-TOCOPHEROL CONTENT OF NON-IRRADIATED COD AND COD IRRADIATED AT DIFFERENT DOSE LEVELS (mg /kg fish muscle)

Dose (kGy)	Thiamin	Pyridoxine	Niacin	a-tocopherol
0	0.51	1.75	16.8	7.0
1	0.57	1.46	16.4	6.0
3	0.87	1.64	17.9	7.0
6	0.07	1.54	16.5	6.5
10	0.07	0.95	18.2	5.5
25	0.02	0.81	15.4	5.0
45	0.02	0.46	13.5	4.5

Source: Underdal *et al.*, 1973)

3. Definir la **dosis máxima** para controlar los atributos de calidad, la calidad nutricional y sensorial: ACIDOS GRASOS

TABLE VI. FATTY ACID COMPOSITION (g/100g OIL) OF UNIRRADIATED (RELATIVE ERROR = $\pm 8.5\%$) AND IRRADIATED (RELATIVE ERROR = $\pm 18.5\%$) HERRING| OIL/WATER (40:60 W/V) EMULSION AND DEPENDENCE ON THE POST-IRRADIATION STORAGE TIME. RADIATION DOSE = 50 kGy

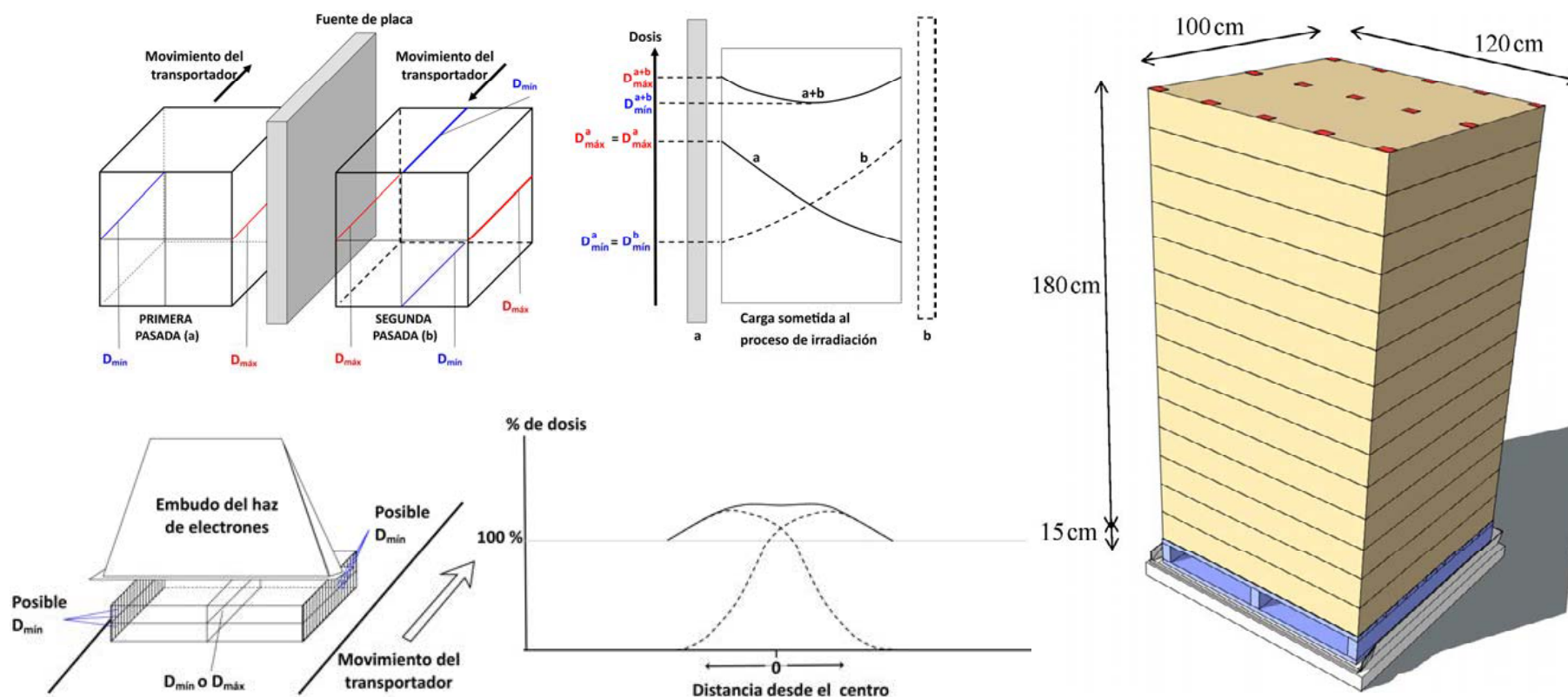
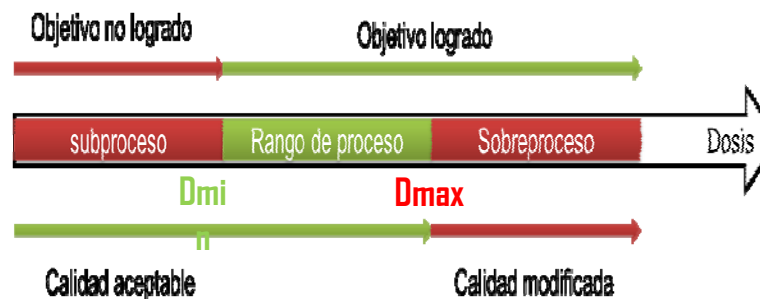
Fatty acid	Day 1		Day 28	
	Unirradiated	Irradiated	Unirradiated	Irradiated
14:0	3.8	3.6	4.0	4.0
16:0	19.8	19.0	18.5	18.1
16:1	6.0	4.7	4.6	4.3
18:0	2.4	2.4	1.7	1.9
18:1D9	29.1	27.5	27.9	27.4
18:1D11	3.4	3.1	3.6	3.7
18:2	1.2	1.1	1.3	1.2
18:3	0.5	0.4	0.6	0.5
20:1	2.3	1.9	2.9	2.7
20:5	5.9	3.9	6.0	4.2
22:1	5.1	4.9	5.3	5.3
22:6	6.3	4.2	5.3	3.9

Source: Adam *et al.*, 1982



Instalación de Irradiación

4. Validación del proceso de irradiación
5. Irradiación de rutina



Últimos desarrollos

Viandas o alimentos complejos para grupos de riesgo y público general



Últimos desarrollos

Alimentos para situaciones de emergencia, desnutrición, fortificación de dietas



Ingredientes alimentarios, miel, modificación funcional (alérgenos)



Legislaciones en el mundo y en Argentina



Código Alimentario Argentino
Art. 174 (1988)

5/10/2017

- Papa (Artículo 832 bis)
- Ajos (Artículo 842 bis)
- Cebollas (Artículo 843 bis)
- Espárragos (Artículo 845 bis)
- Frutillas (Artículo 889)
- Especies y Condimentos vegetales desecados y/o sus mezclas (Artículo 1201bis)
- Hongos de cultivo comestibles (Artículo 1249 bis)



Código Alimentario Argentino 6/10/2017



Clase 1

Bulbos, tubérculos y raíces



Clase 2

Frutas y vegetales frescos (distintos de los de la clase 1)



Clase 3

Cereales y sus harinas, legumbres, semillas oleaginosas, frutas secas



Clase 4

Vegetales y frutas desecados o deshidratados, condimentos vegetales, Té, y hierbas para infusiones



Clase 5

Hongos de cultivo comestibles, frescos



Clase 6

Pescados y mariscos, y sus productos (frescos y congelados)



Clase 7

Aves, carnes bovina, porcina, caprina, otros y sus productos (frescos y congelados)



Clase 8

Alimentos de origen animal desecados



Comisión Nacional
de Energía Atómica



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com

Clase 6

Pescados, mariscos,
ancas de rana,
camarones,
langostinos y sus
productos (frescos y
congelados)



ALEMANIA
ARABIA SAUDITA
ARGELIA
BANGLADESH
BRASIL
BELGICA
CHILE
COSTA RICA
CROACIA
CUBA
EGIPTO
ESTADOS UNIDOS
FILIPINAS
FRANCIA
GHANA
ZAMBIA
EEUU

GRAN BRETAÑA
HOLANDA
INDIA
INDONESIA
MALASIA
MEXICO
PAQUISTAN
PARAGUAY
PERU
REPUBLICA CHECA
SIRIA
SUDAFRICA
TAILANDIA
TURQUIA
URUGUAY
VIETNAM
ARGENTINA

<http://nucleus.iaea.org/ifa/FoodAuthorisationDisplay.aspx>



Comisión Nacional
de Energía Atómica

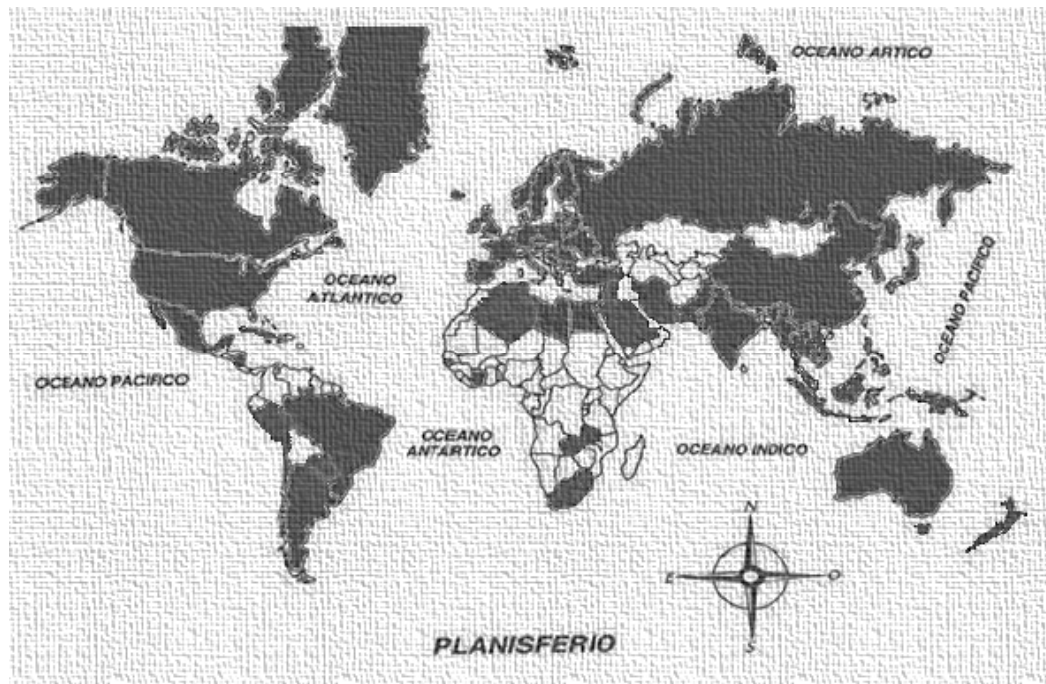


RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com

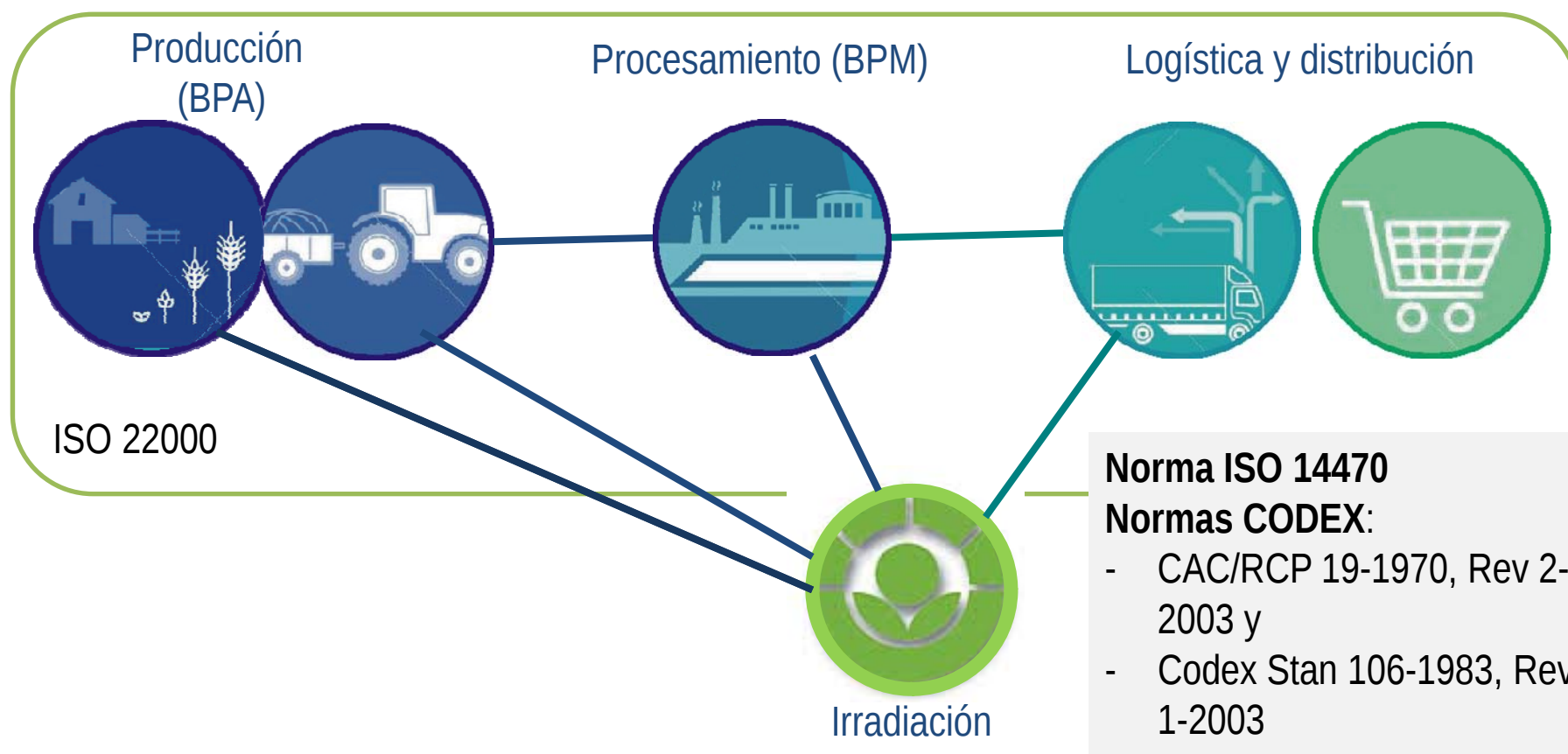
Conclusiones

- La irradiación está siendo utilizada por más de 55 países en el mundo
- En la actualidad Alrededor de 700.000 toneladas de productos alimenticios son comercializados cada año

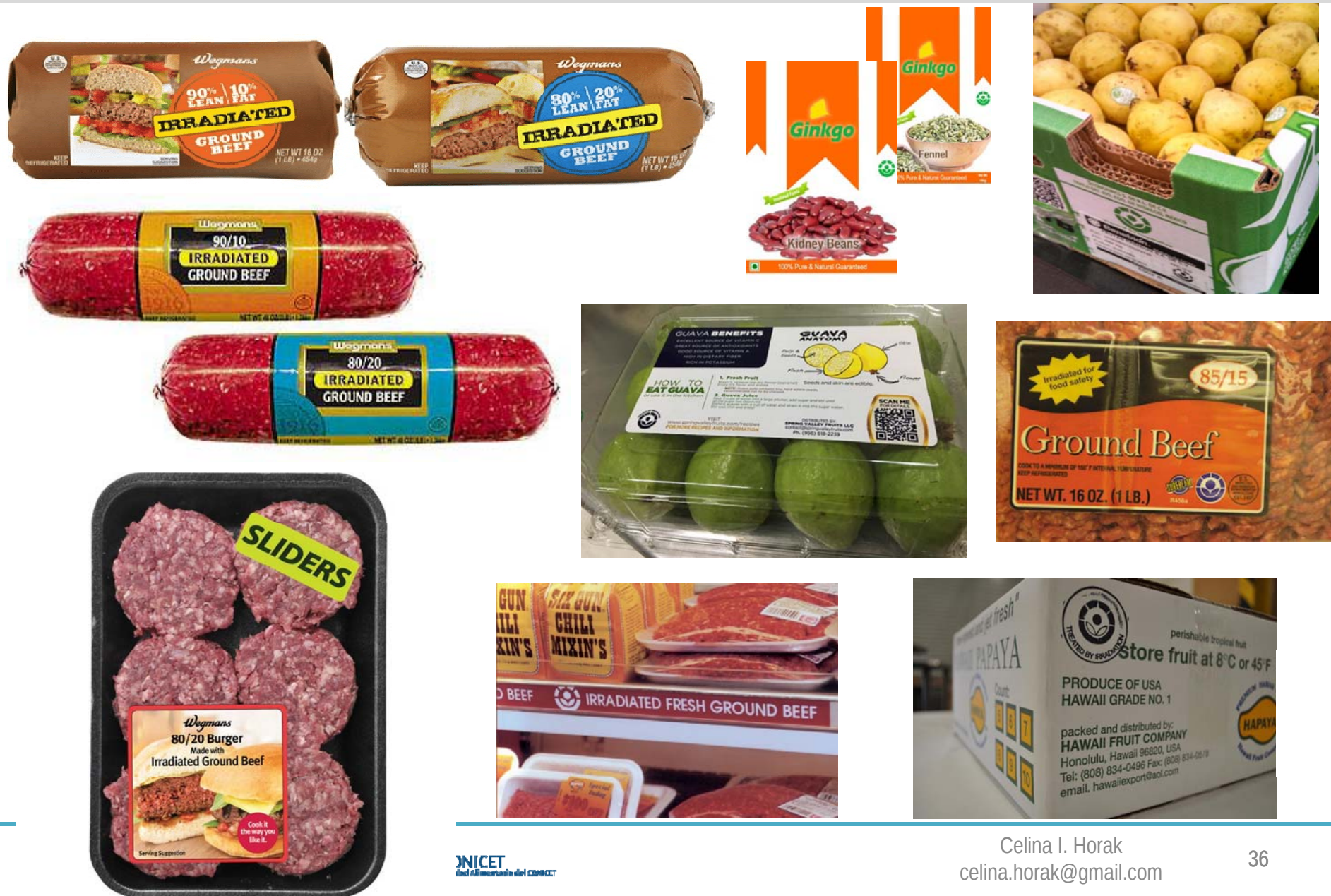


Conclusiones

La irradiación tiene la potencialidad de reducir significativamente las pérdidas de producción, favorece la accesibilidad (extiende la vida comercial), mantiene las propiedades nutricionales y reduce el riesgo de transmisión de enfermedades

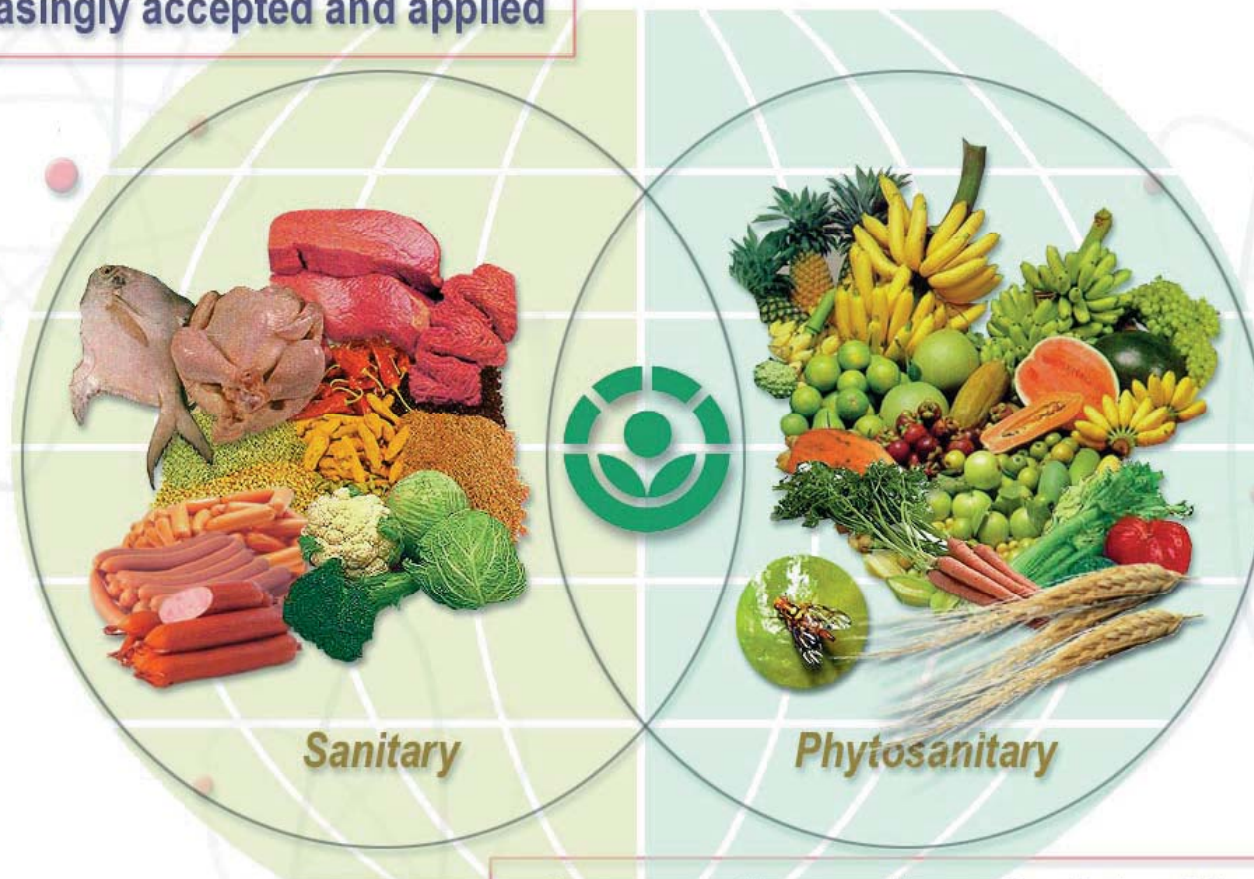


EJEMPLOS DE PRODUCTOS EN GONDOLA



Muchas gracias!

● Increasingly accepted and applied



● to ensure the quality and safety of food in trade



Comisión Nacional
de Energía Atómica



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Celina I. Horak
celina.horak@gmail.com