

# Metodología para la identificación de áreas de riesgo de radón basada en información geológica y mapas de radiación gamma terrestre en las Islas Canarias.

C. Briones<sup>1</sup>, H. Alonso<sup>2</sup>, A. Arriola-Velásquez<sup>2</sup>, N. Miquel<sup>2</sup>, A. Tejera<sup>2</sup>, P. Martel<sup>2</sup>, J. Olaiz<sup>3</sup>, J.T. Santana<sup>3</sup>, N. Rodríguez-Brito<sup>3</sup>, J. Jubera<sup>3</sup>, E. González-Díaz<sup>1</sup>, J. G. Rubiano<sup>2</sup>




<sup>1</sup> *Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna, 38204. Canary Islands, Spain*

<sup>2</sup> *Dpto. de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017. Canary Islands, Spain*

<sup>3</sup> *Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias. 38107. Canary Islands, Spain*

**Canfranc, Huesca. 11 – 13 de septiembre de 2024**

Laboratorio Subterráneo Canfranc





11.11.2024 - 13.11.2024  
Laboratorio Subterráneo de Canfranc


## Workshop I+D+i en Radón

CSN | COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR | MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA | GOBIERNO ESPAÑOL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA | I+D+i | Universidad de Canarias

Laboratorio Subterráneo de Canfranc.  
Huesca.  
11-13 de nov de 2024

 **ULPGC**  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria | Departamento de Física

 **Universidad de La Laguna**

 **Gobierno de Canarias** | Consejería de Obras Públicas, Transportes y Vivienda

## Introducción

Área de estudio

Descripción geologica del area de estudio

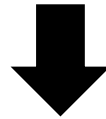
Material y métodos

Resultados: Canary Islands Risk Maps

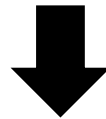
Conclusiones

# Introducción

Directiva Europea 2013/59/Euratom



**Reference Level:**  
**300 Bq/m<sup>3</sup>**

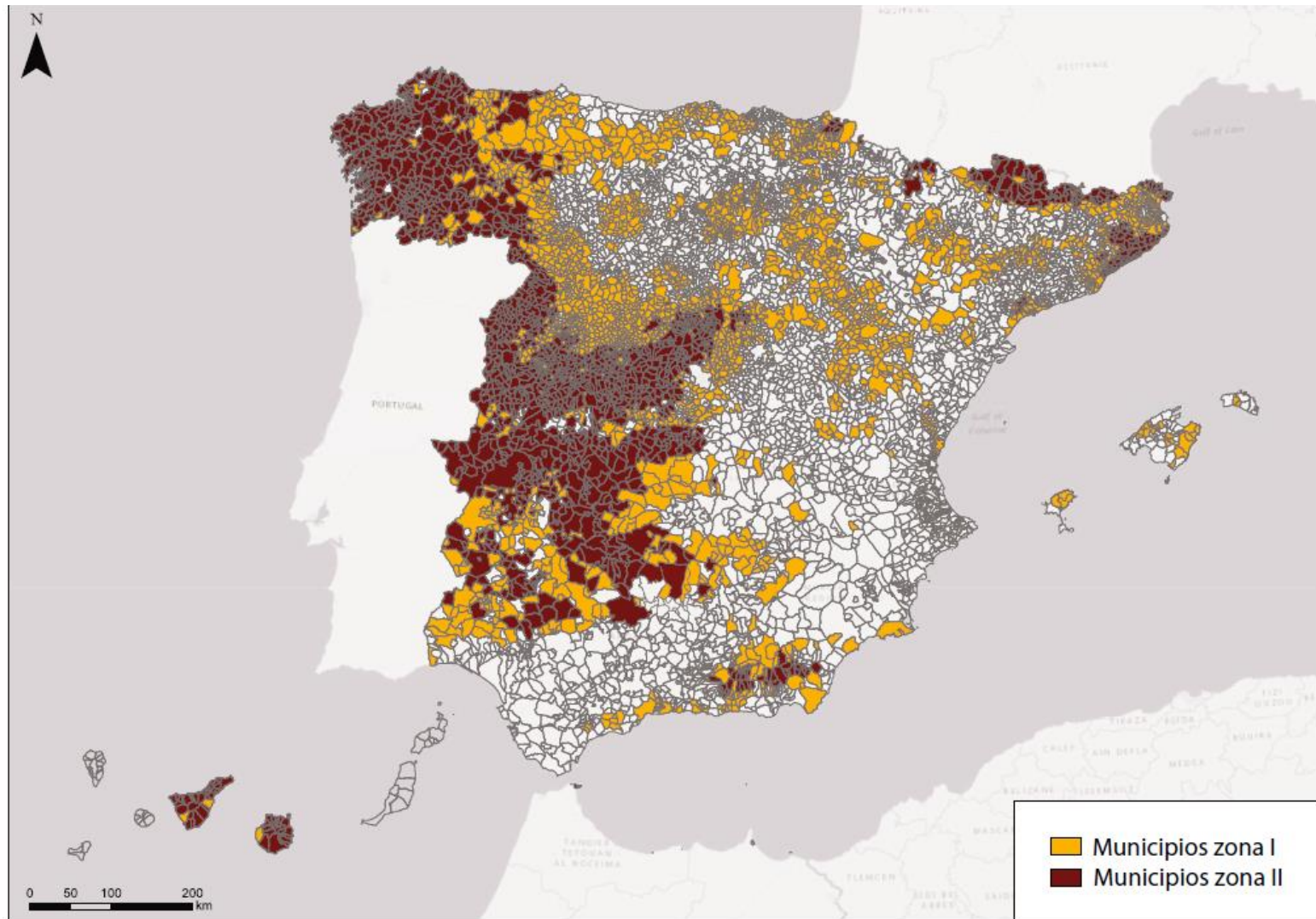


Soluciones constructivas a adoptar  
según el nivel de riesgo del  
municipio en que se construya.

Código Técnico de la Edificación (CTE)

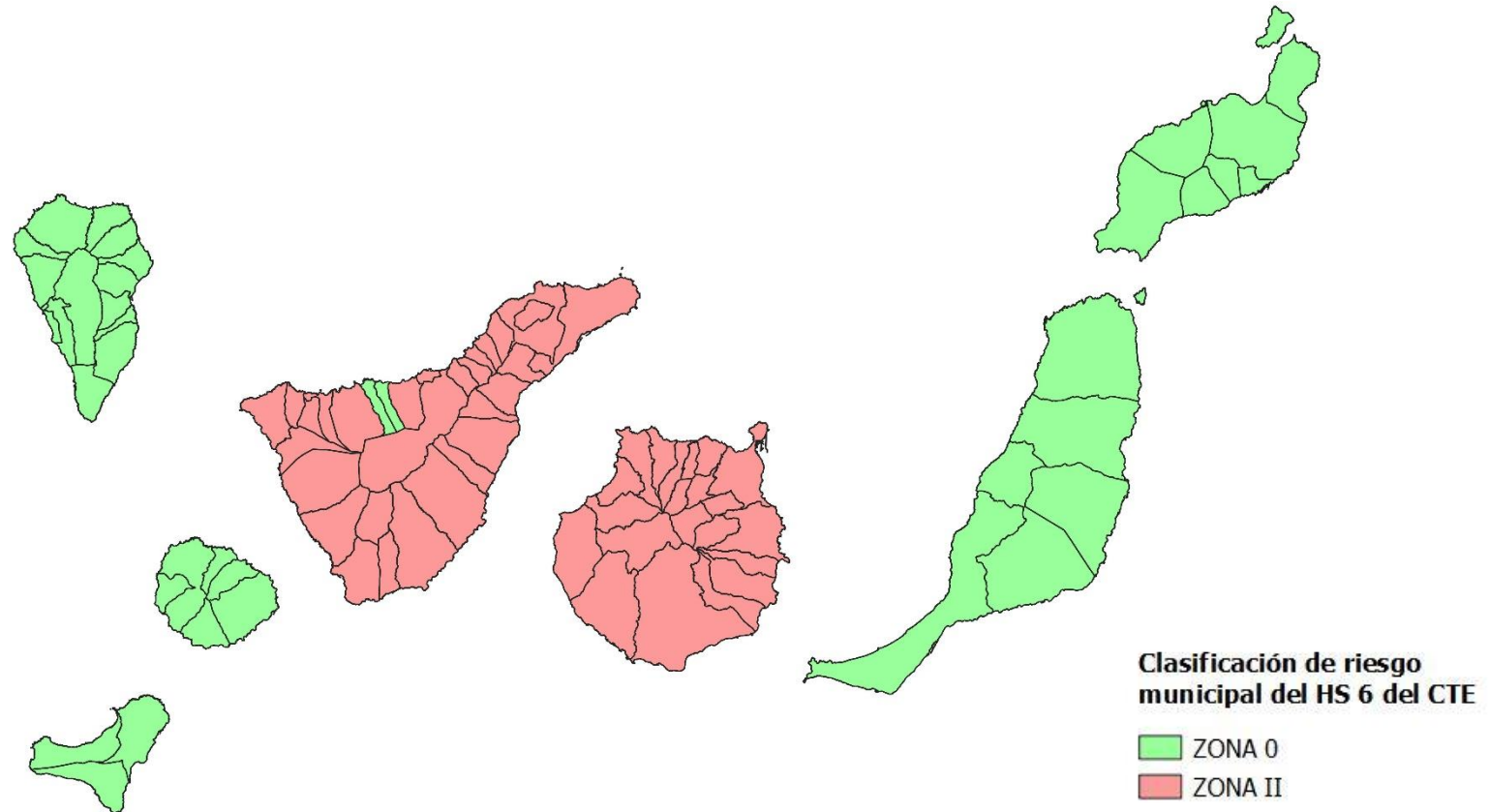
# CSN Risk Map of Canary Islands

Documento Básico de Salud HS, apartado HS.6 del CTE, para establecer el grado de protección necesario frente al radón en el edificio.



# CSN Risk Map of Canary Islands

Documento Básico de Salud HS, apartado HS.6 del CTE, para establecer el grado de protección necesario frente al radón en el edificio.



# Introducción

- **Los mapas actuales de Canarias se basan exclusivamente en criterios litoestratigráficos y a la alta densidad de datos de Concentración de Radón en Interiores (IRC) disponible en ese momento.**
- **Debido a su origen volcánico, Canarias tiene una litología muy heterogénea, lo que dificulta la identificación de zonas propensas al radón de una forma más precisa.**
- **En esta charla mostramos Mapas de Riesgo de Radón de Canarias basados en información geológica y medidas de radiación gamma terrestre (TGR).**

**Este trabajo es fruto del Convenio Gobierno de Canarias-ULPGC para realizar un estudio detallado del Riesgo Radón en Canarias y elaborar nuevos mapas de riesgo.**

El objetivo principal del trabajo fue realizar un estudio detallado del riesgo de radón en Canarias y elaborar mapas de riesgo de radón para todo el archipiélago.

Para cumplir con este objetivo global, se propusieron los siguientes objetivos científicos específicos:

1. Obtención de un mapa de alta resolución de la radiación gamma terrestre de Canarias.
2. Realización de medidas de variables radiológicas (GRP,  $^{226}\text{Ra}$  en suelos,...) para Canarias
3. Diseño y realización de campañas de medida de la concentración de radón en viviendas y lugares de trabajo en Canarias para elaborar un mapa detallado de riesgo de radón “indoor” para Canarias.
4. Obtención de Mapas de Riesgo de Radón de Canarias basados en mapas litoestratigráficos detallados combinados por TGR y otras variables proxy radiológicas.

Introducción

Área de estudio

Descripción geológica del area de estudio

Material y métodos

Resultados: Canary Islands Risk Maps

Conclusiones



Las Islas Canarias están situadas frente a la costa noroeste de África, entre las latitudes  $27^{\circ} 37'$  y  $29^{\circ} 25'$  norte y  $13^{\circ} 20'$  y  $18^{\circ} 10'$  oeste. Siete islas mayores, una isla menor y varios islotes pequeños.

Superficie:  $7447 \text{ km}^2$

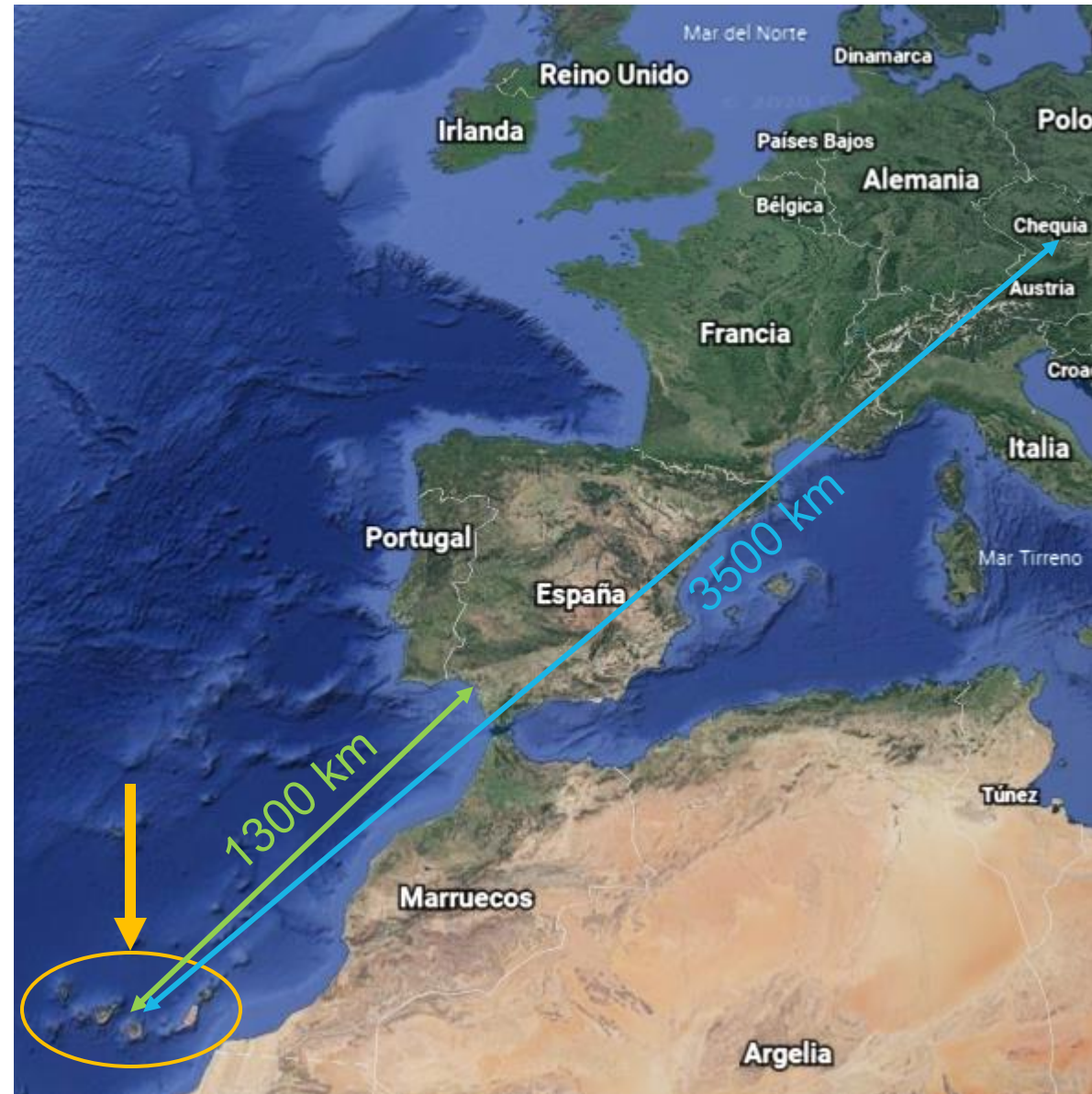
Distancia: 1300 km de la Península Ibérica

Población: 2.207.225 Habitantes.

Densidad de población: 289 hab./ $\text{km}^2$ .

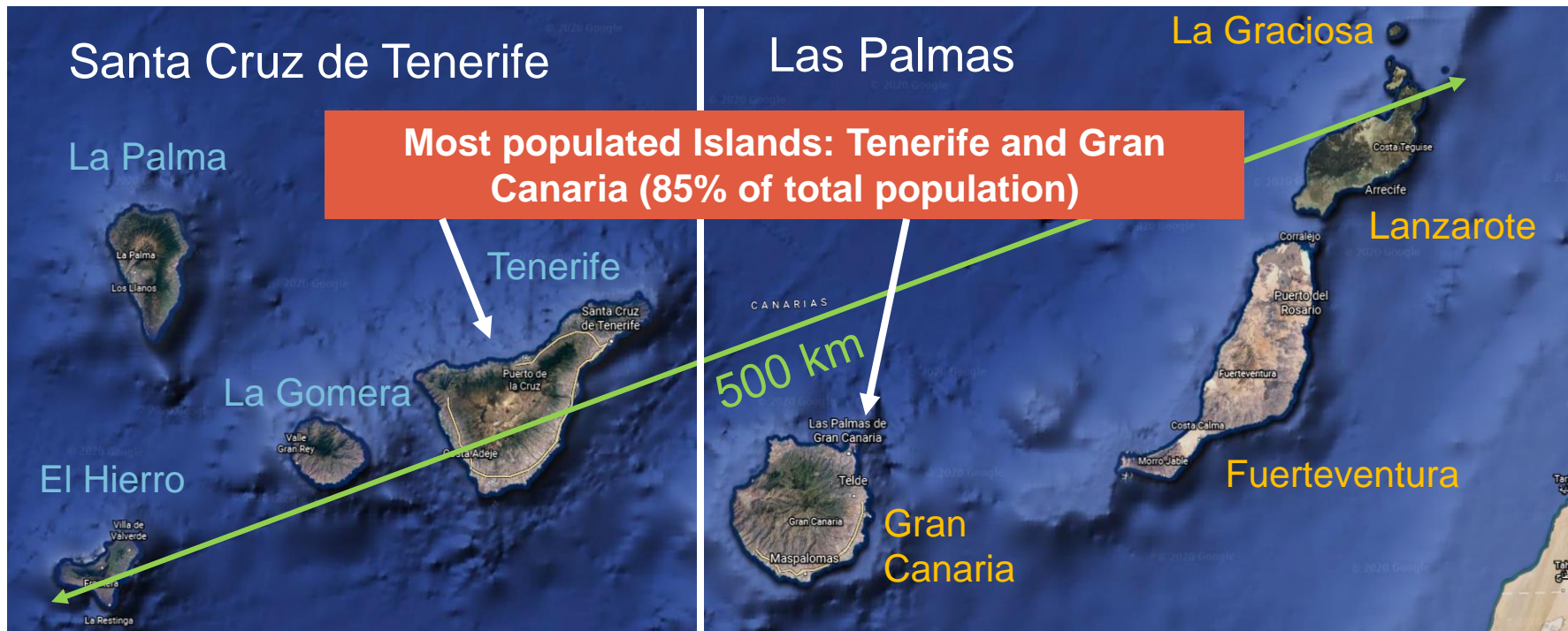
Distancia: 1300 km de la Península Ibérica

Las Islas Canarias reciben más de 15 millones de turistas al año (ISTAC - 2018).



## Dos Provincias

- a) **Santa Cruz de Tenerife (3.381 km<sup>2</sup>, 1.018.510 habitantes). 4 Islas: Tenerife. La Gomera, La Palma y El Hierro.**
- b) **Las Palmas (4.066 km<sup>2</sup>, 1.109.406 habitantes): 4 Islas: Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa**



Introducción

Área de estudio

Descripción geologica del area de estudio

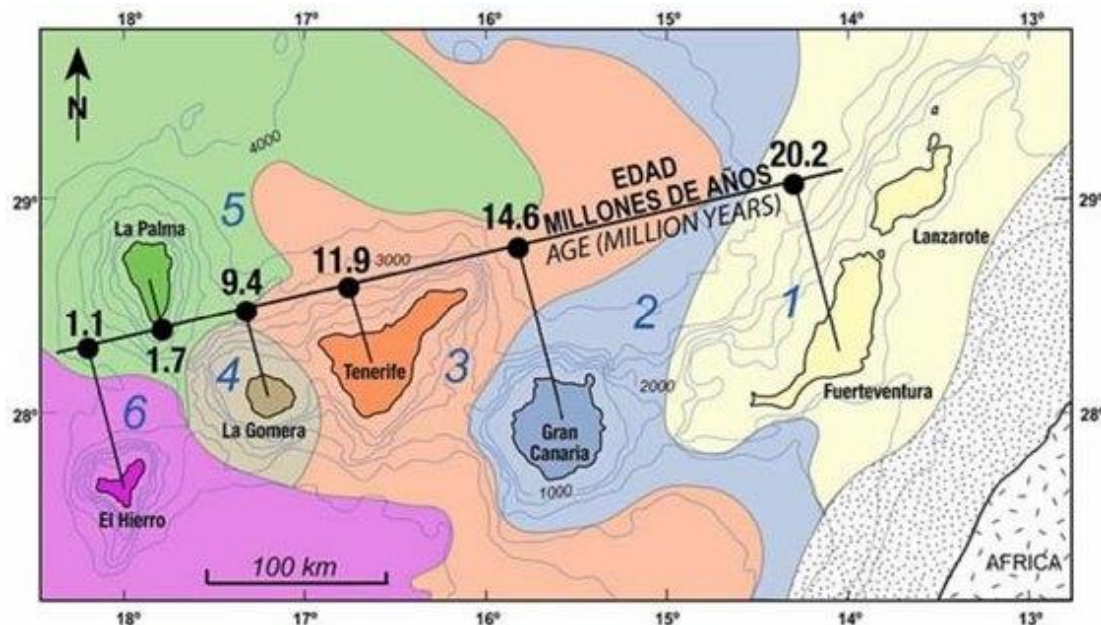
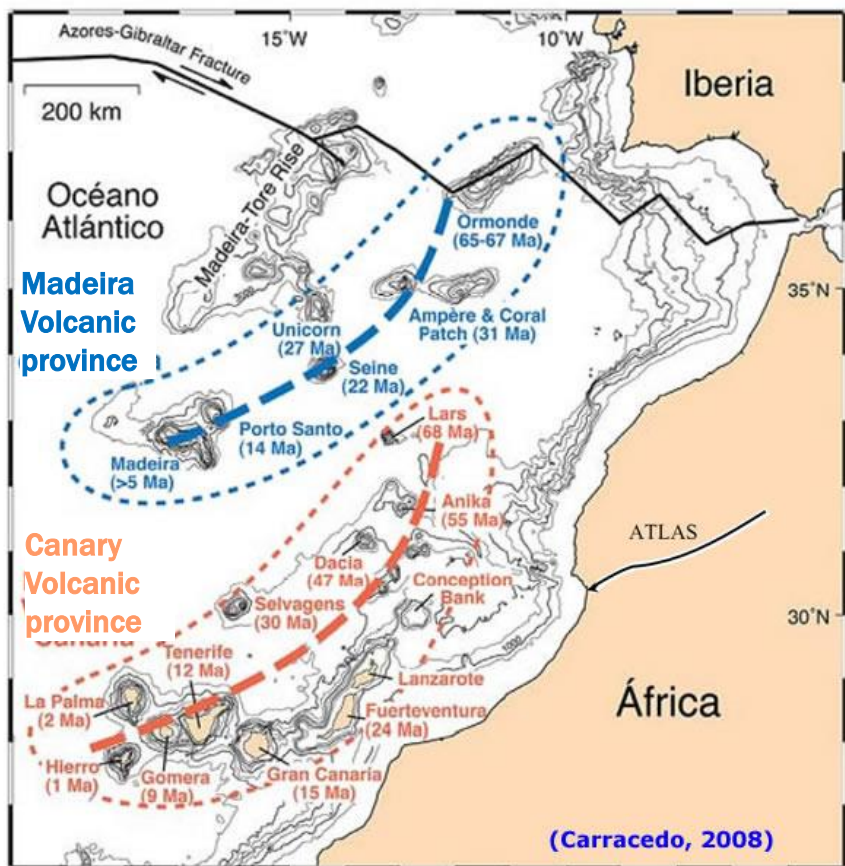
Material y métodos

Resultados: Canary Islands Risk Maps

Conclusiones

# Descripción geológica del área de estudio

Las islas forman la ecorregión de Macaronesia con las Azores, Cabo Verde, Madeira y las Islas Salvajes.



Guillou et al., 2004 (Tomado de Carracedo, 2008)

La edad de las islas en su formación disminuye con la distancia al continente africano desde 20,2 Ma (Lanzarote) a 1,1 Ma (El Hierro)

## Rocas volcánicas: Series ígneas alcalinas asociadas a vulcanismo intraplaca

La composición evoluciona a partir de:

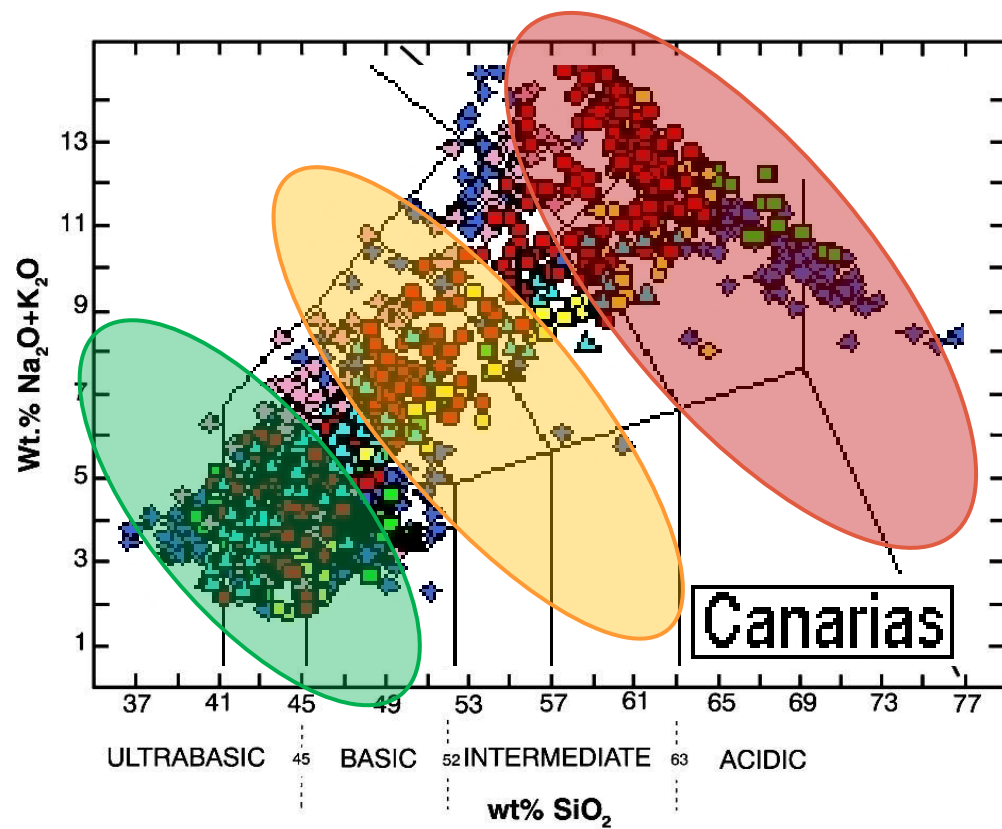
**Términos no diferenciados** (pobres en elementos traza) representados por basaltos.

**Términos intermedios**, representados por traquibasaltos.

**Términos diferenciados** o **evolucionados** representados por traquitas y fonolitas (alto contenido en tierras raras y oligoelementos).

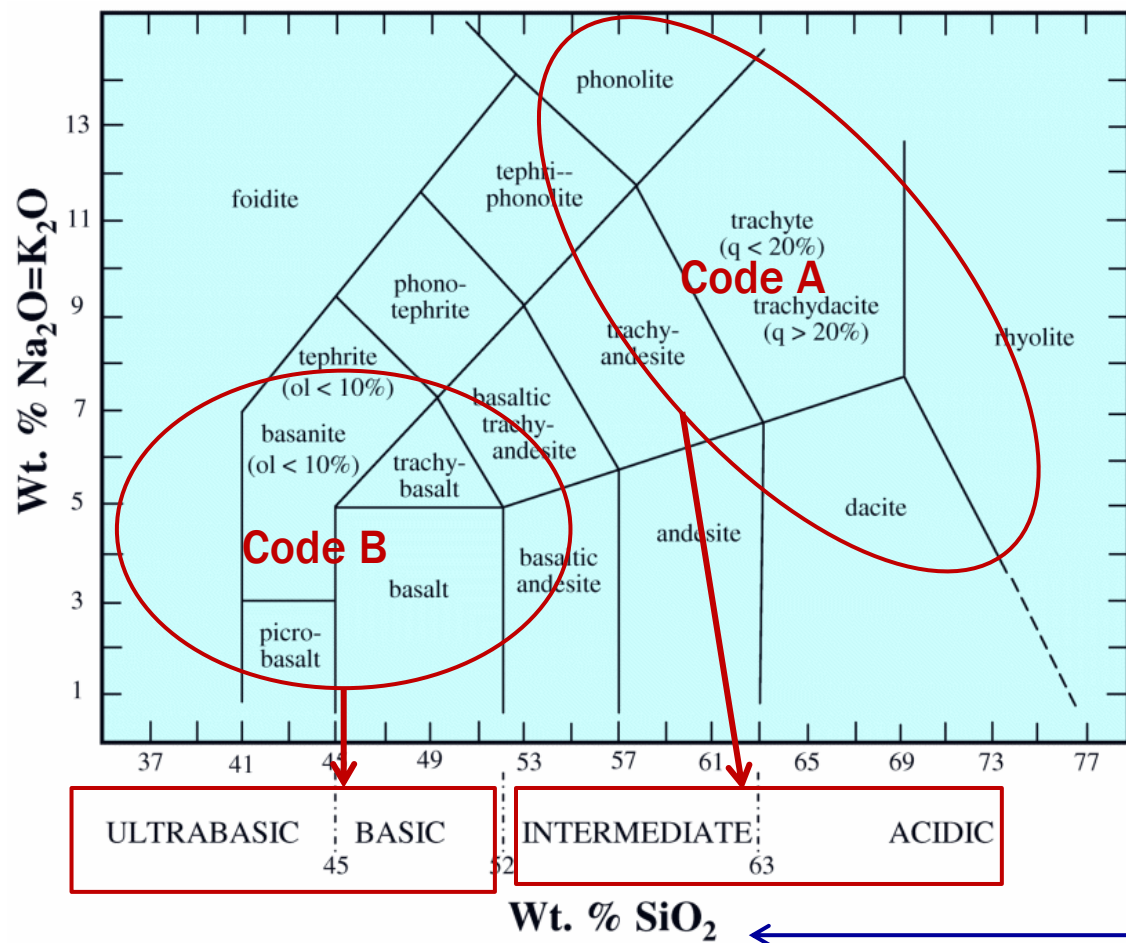
(Total Alkali Silica, Le Maître, 2002), a methodology that allows the definition of a volcanic rock based on the relationship between the content of alkaline minerals and the content of silicates.

## Total alkali versus silica diagrams (TAS)



# Descripción geológica del área de estudio

## Clasificación SIMPLIFICADA de ROCAS VOLCANICAS: DIAGRAMA TAS (*Total Alkalies vs Silica*).



Clasificación simplificada de los suelos de Canarias en base a criterios radiológicos y geoquímicos (Arnedo et al., 2017)

<b>Code A</b>	Rocas intermedias y ácidas (traquitas, fonolitas, riolitas, etc.)
<b>Code B</b>	Rocas ultrabásicas y básicas (basanitas, basáltico olivino, basáltico piroxénico, etc.)
<b>Code C</b>	Sedimentos terrestres de tipo arcilloso (suelos arenosos-arcillosos, suelos lacustres, limos)
<b>Code D</b>	Depósitos (Arenas, depósitos y escombros de composición generalmente variable)
<b>Code M</b>	Mixta (Litologías que combinan rocas ígneas de diferente código geológico (A y B) sin un predominio claro)

**Code B: Menor concentración de elementos traza radiactivos.**

**Code A: Mayor concentración de elementos traza radiactivos.**

Introducción

Área de estudio

Descripción geologica del area de estudio

Material y métodos

Resultados: Canary Islands Risk Maps

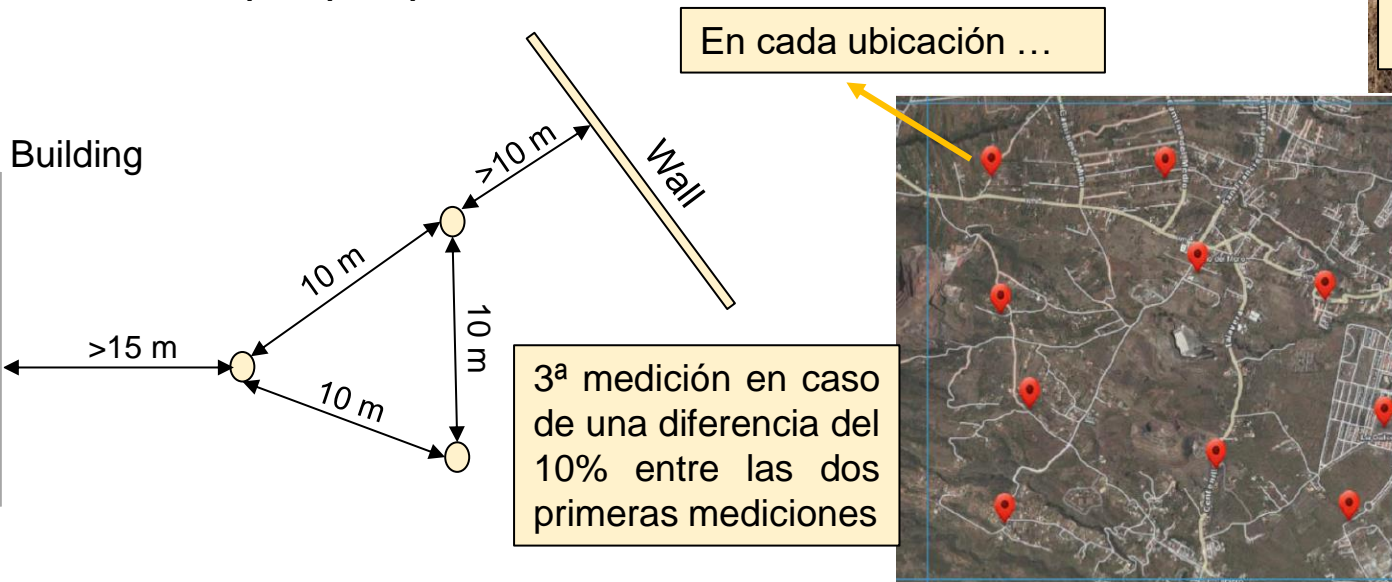
Conclusiones

## Radiación gamma terrestre

### LUDLUM Modelo 3019 (medidor digital de microR)

El modelo 3019 es un instrumento portátil con un detector interno que se utiliza para mediciones de fondo de niveles de radiación gamma de hasta 500  $\mu\text{Sv/h}$  (50 mR/h).

Detector de centelleo interno de CsI con una sensibilidad de 175 cpm por  $\mu\text{R/h}$ .



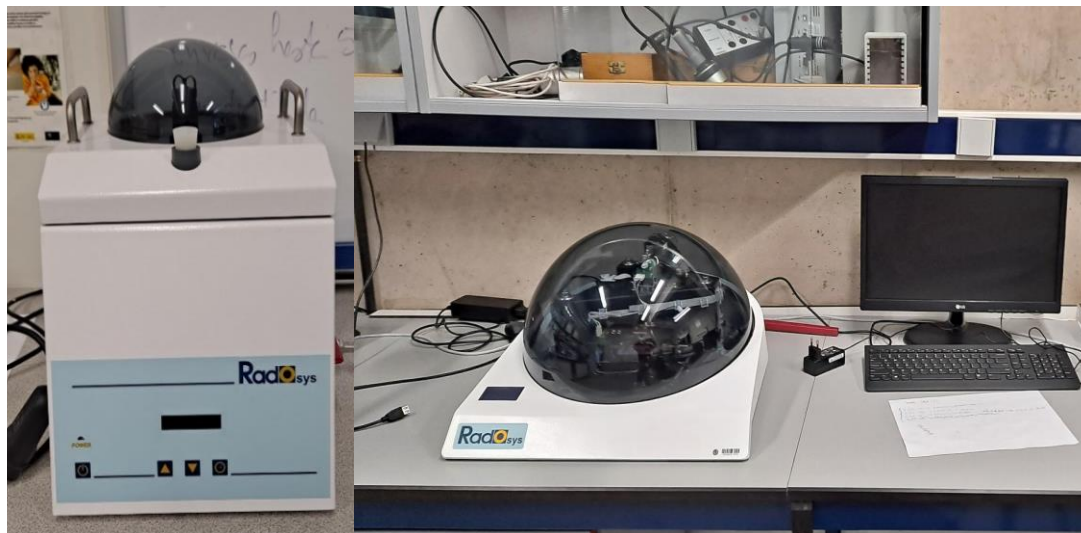
En áreas urbanas:  
10 samples in each 3  
x 3 km cell



## Concentración de actividad de radón en interiores (IRC)

### Instrumentación:

Sistema Radometer 2000 de Radosys para la lectura de detectores pasivos de radón en pistas CR-39.



### Metodología:

Se colocaron detectores pareados en el recinto del edificio representativo (RBE) (Briones et al., 2021) en las viviendas durante tres meses evitando el trimestre seco.



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

ELSEVIER journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

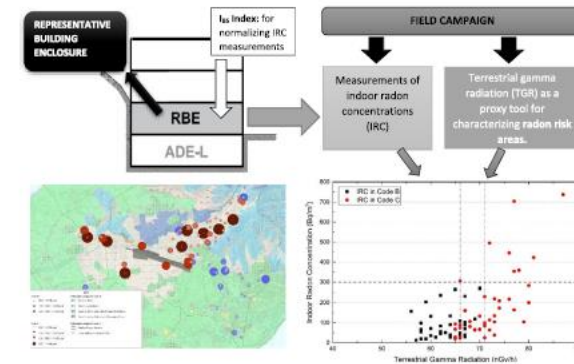
Check for updates

## Methodology for determination of radon prone areas combining the definition of a representative building enclosure and measurements of terrestrial gamma radiation

C. Briones<sup>a</sup>, J. Jubera<sup>b</sup>, H. Alonso<sup>c</sup>, J. Olaiz<sup>b</sup>, J.T. Santana<sup>b</sup>, N. Rodríguez-Brito<sup>b</sup>, A. Tejera<sup>c</sup>, P. Martel<sup>c</sup>, E. González-Díaz<sup>a</sup>, J.G. Rubiano<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna, 38204 Canary Islands, Spain  
<sup>b</sup> Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias, 38107 Canary Islands, Spain  
<sup>c</sup> Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Canary Islands, Spain

### GRAPHICAL ABSTRACT



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

ELSEVIER journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

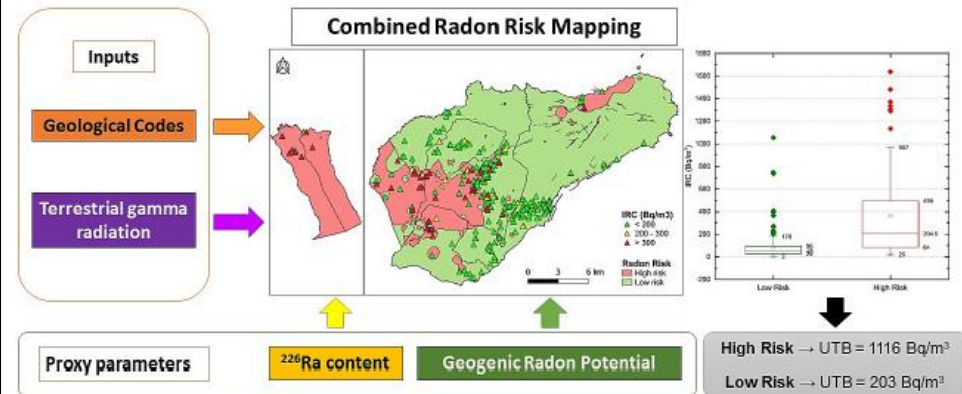
Check for updates

## Multiparametric analysis for the determination of radon potential areas in buildings on different soils of volcanic origin

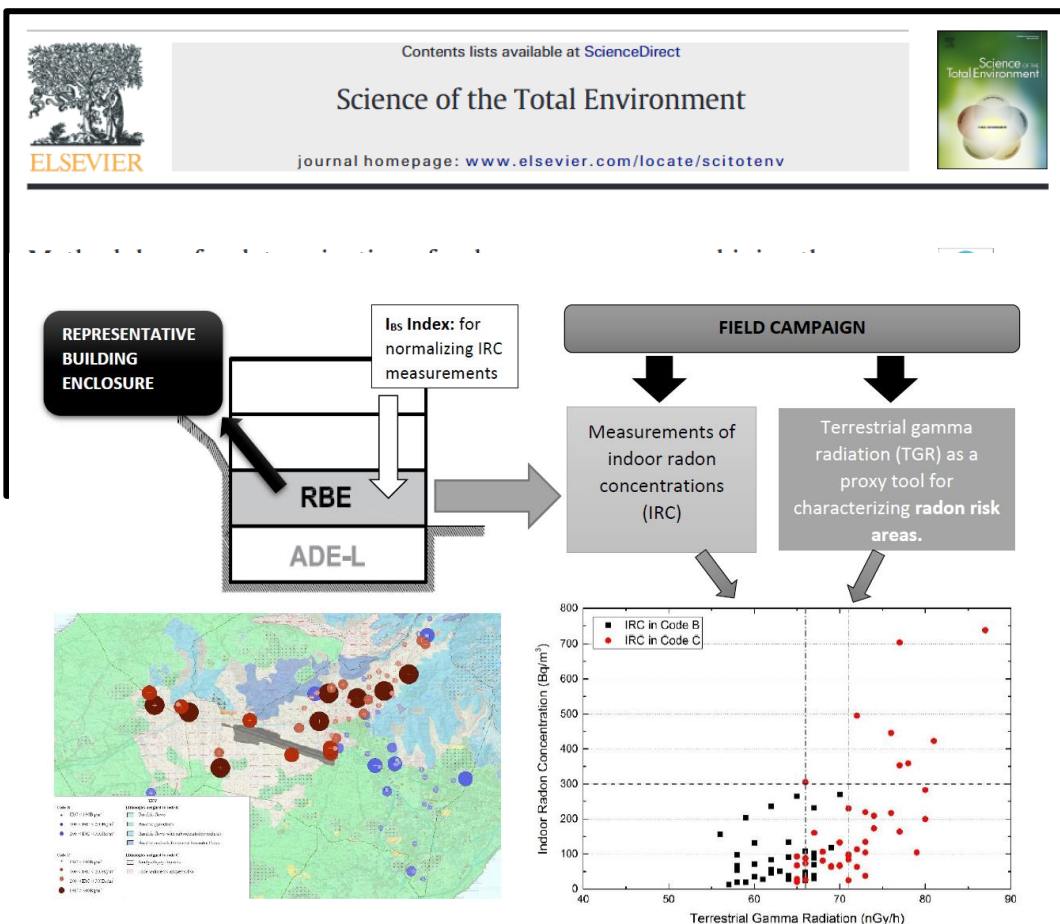
C. Briones<sup>a</sup>, J. Jubera<sup>b</sup>, H. Alonso<sup>c</sup>, J. Olaiz<sup>b</sup>, J.T. Santana<sup>b</sup>, N. Rodríguez-Brito<sup>b</sup>, A.C. Arriola-Velázquez<sup>c</sup>, N. Miquel<sup>c</sup>, A. Tejera<sup>c</sup>, P. Martel<sup>c</sup>, E. González-Díaz<sup>a</sup>, J.G. Rubiano<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna, 38204 Canary Islands, Spain  
<sup>b</sup> Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias, 38107 Canary Islands, Spain  
<sup>c</sup> Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Canary Islands, Spain

### GRAPHICAL ABSTRACT



## ARTÍCULO 1. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA EDIFICACIÓN

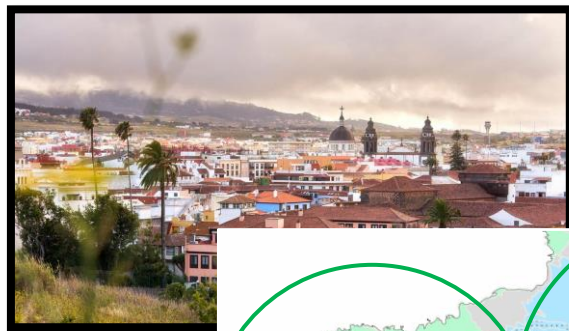


1. Diseño de las campañas de medida
2. Definición de **recinto característico**
3. Área de estudio: Telde (Gran Canaria) y La Laguna (TFE)
4. Elaboración del mapa de riesgo de radon indoor en el área metropolitana TFE

## ARTÍCULO 1. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA EDIFICACIÓN

San Cristóbal de La Laguna

Telde

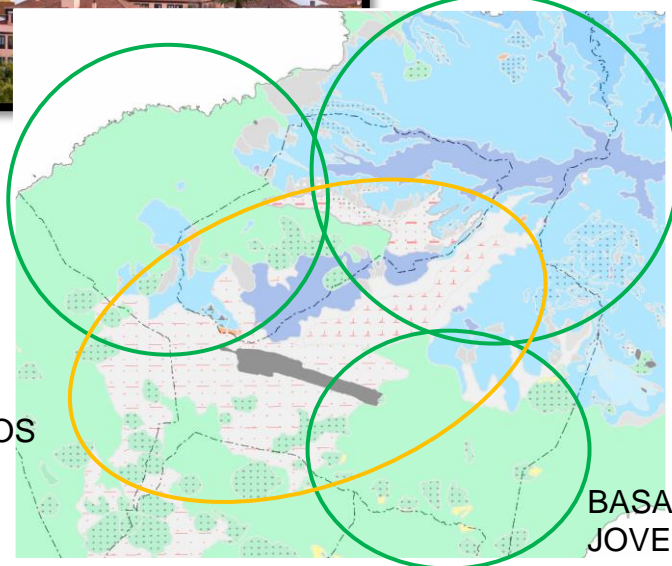


BASALTOS  
ANTIGUOS

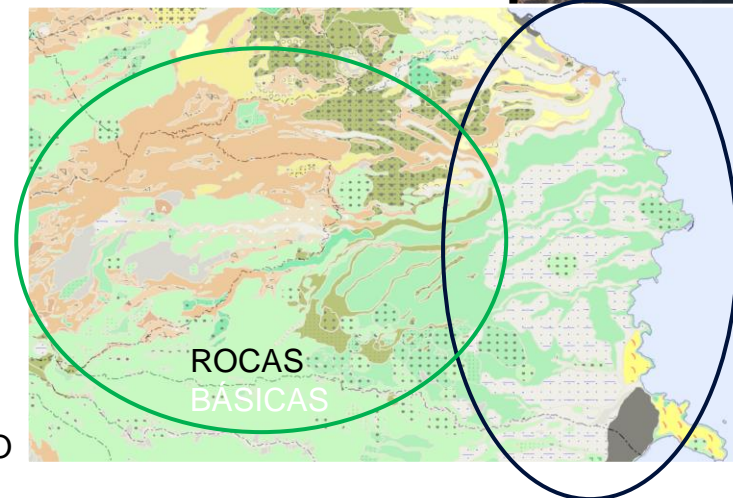
BASALTO  
JOVEN

ARCILLOSOS

BASALTO  
JOVEN



ÁREA DE ESTUDIO

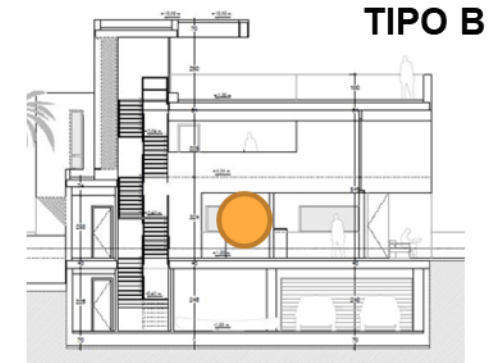
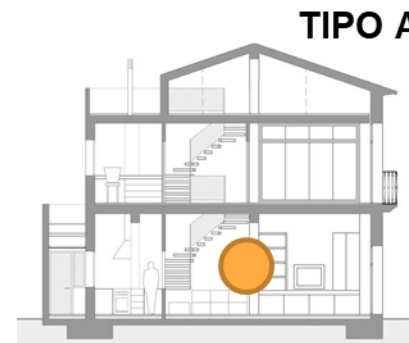
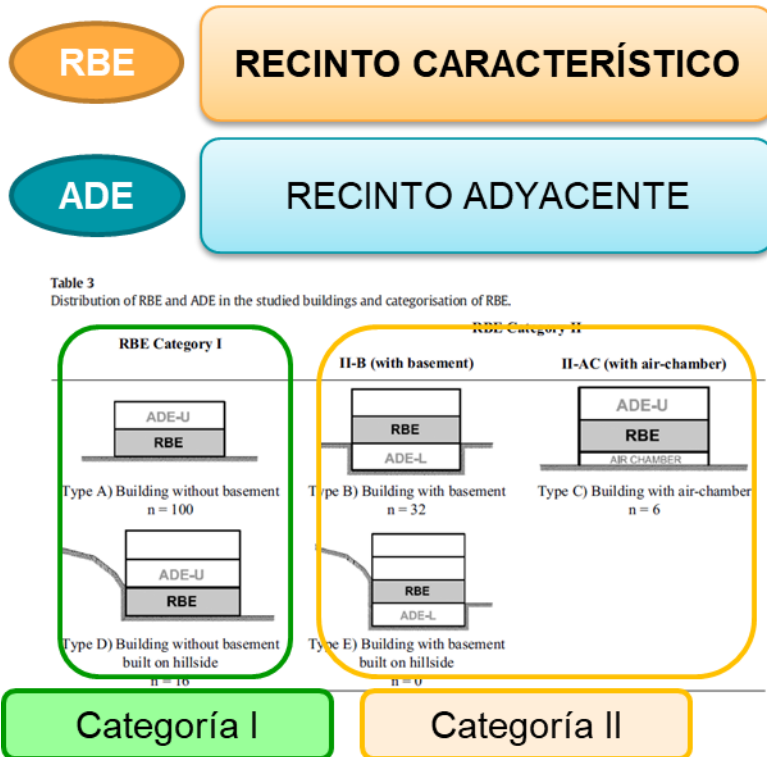


DETRÍTICOS  
BÁSICOS

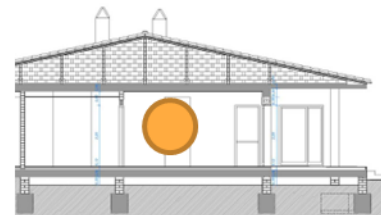
## ARTÍCULO 1. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA EDIFICACIÓN

### INFLUENCIA DE LA EDIFICACIÓN

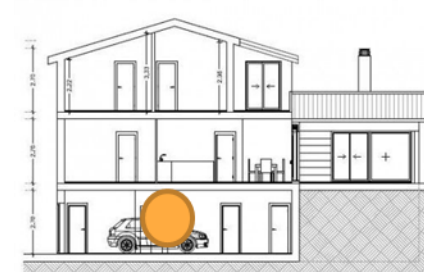
#### TIPOLOGÍA DE LOS EDIFICIOS



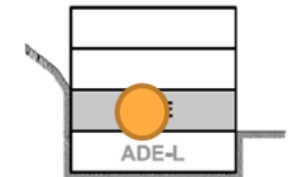
TIPO C



TIPO D



TIPO E



## ARTÍCULO 2. APLICACION AL AREA METROPOLITANA DE TENERIFE

  
**ELSEVIER**

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

### Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



### Multiparametric analysis for the determination of radon potential areas in buildings on different soils of volcanic origin

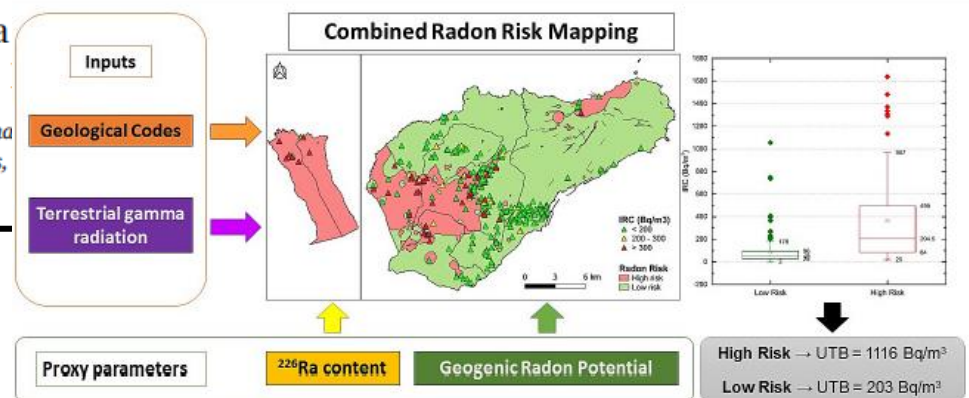
GRAPHICAL ABSTRACT

C. Briones<sup>a</sup>, J. Jubera<sup>b</sup>, H. Alonso<sup>c</sup>, J. Olaiz<sup>b</sup>, J.T. Santana  
 N. Miquel<sup>c</sup>, A. Tejera<sup>c</sup>, P. Martel<sup>c</sup>, E. González-Díaz<sup>a</sup>, J.G.

<sup>a</sup> Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna, 38204 Cana

<sup>b</sup> Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias, 38107 Canary Islands,

<sup>c</sup> Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Canary Islands, Spain



## ARTÍCULO 2. APLICACION AL AREA METROPOLITANA DE TENERIFE

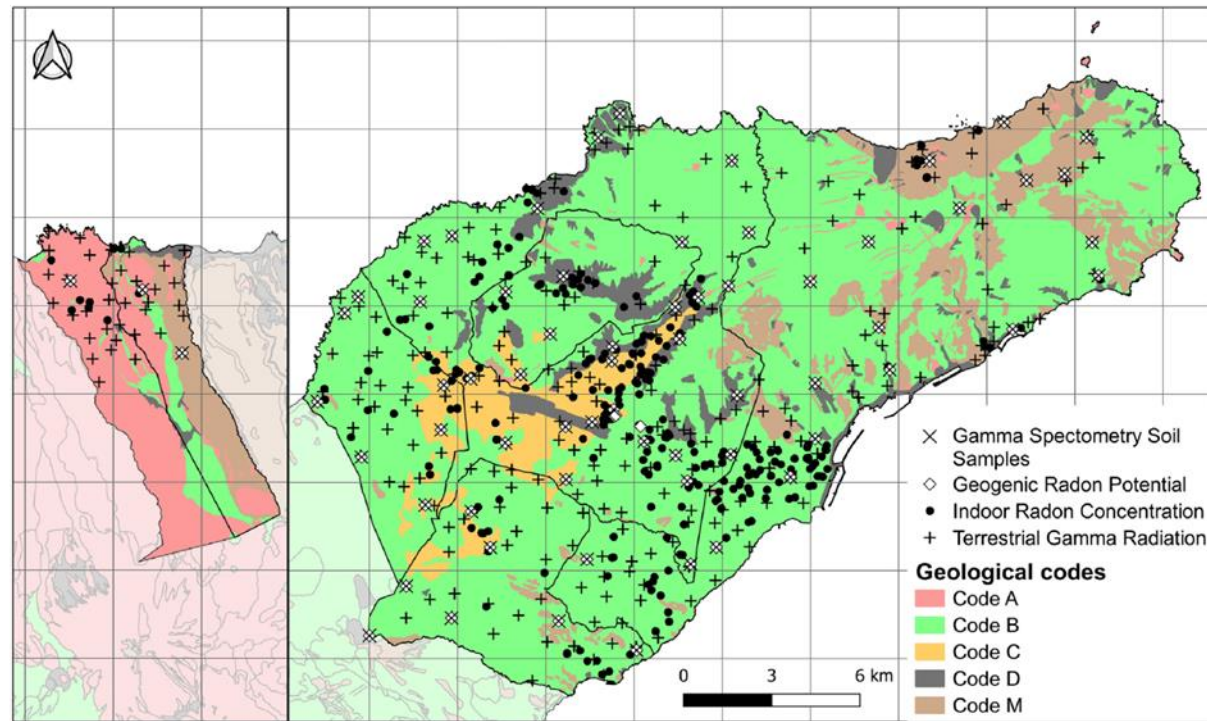
### METODOLOGÍA

277 medidas de IRC  
71 datos/100 km<sup>2</sup>


302 medidas de TGR  
76 datos/100 km<sup>2</sup>

66 Muestras de suelo  
17 datos/100 km<sup>2</sup>

69 medidas de GRP  
17 datos/100 km<sup>2</sup>




## ARTÍCULO 3. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO DE LAS ISLAS CANARIAS




Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

**Science of the Total Environment**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](https://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



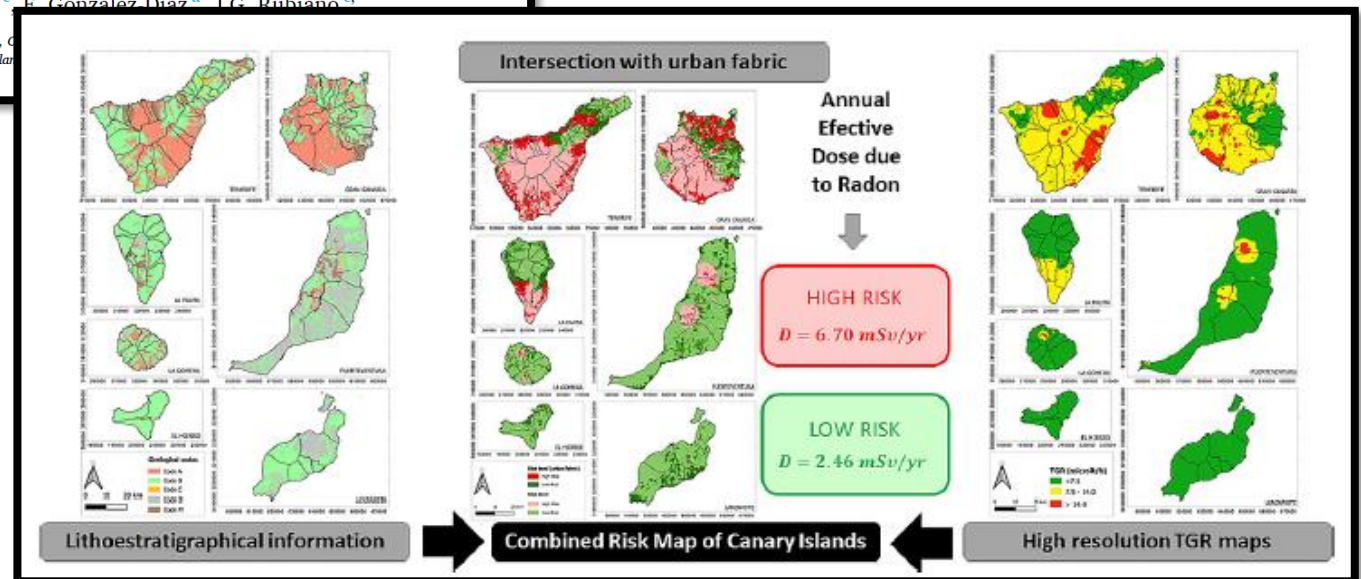
---



**Indoor radon risk mapping of the Canary Islands using a methodology for volcanic islands combining geological information and terrestrial gamma radiation data**

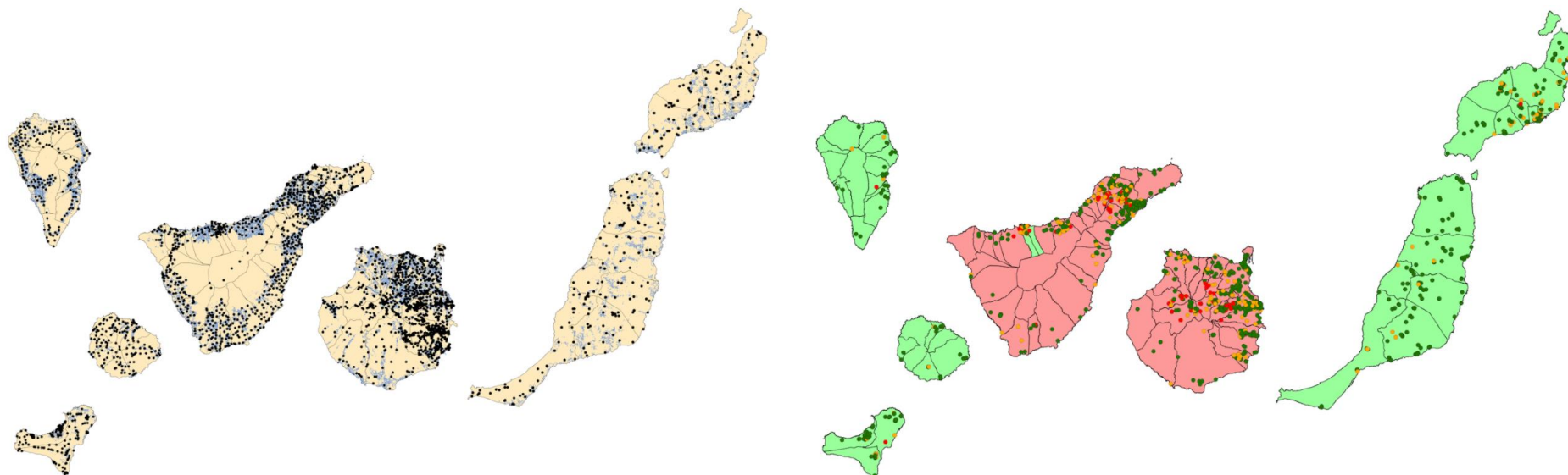
C. Briones<sup>a</sup>, J. Jubera<sup>b</sup>, H. Alonso<sup>c</sup>, J. Olaiz<sup>b</sup>, J.T. Santana<sup>b</sup>, N. Rodríguez-Brito<sup>b</sup>,  
 A.C. Arriola-Velásquez<sup>c</sup>, N. Miquel<sup>c</sup>, A. Tejera<sup>c</sup>, P. Martel<sup>c</sup>, E. González-Díaz<sup>a</sup>, J.G. Rubiano<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna, 38204, C  
<sup>b</sup> Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias, 38107, Canary Islan  
<sup>c</sup> Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017, Canary Islands, Spain





**DATOS: Campañas de medida de TGR e IRC, entre 2019 y 2023.**



**Terrestrial Gamma Radiation (TGR)**

**Número total de medidas: 2450**  
**Densidad: 33 datos/100 km<sup>2</sup>**

**Indoor Radon Concentration (IRC)**

**Número total de medidas: 1064**  
**Densidad: 14 datos/100 km<sup>2</sup>**

Introducción

Área de estudio

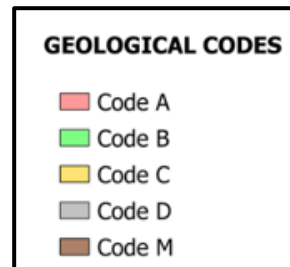
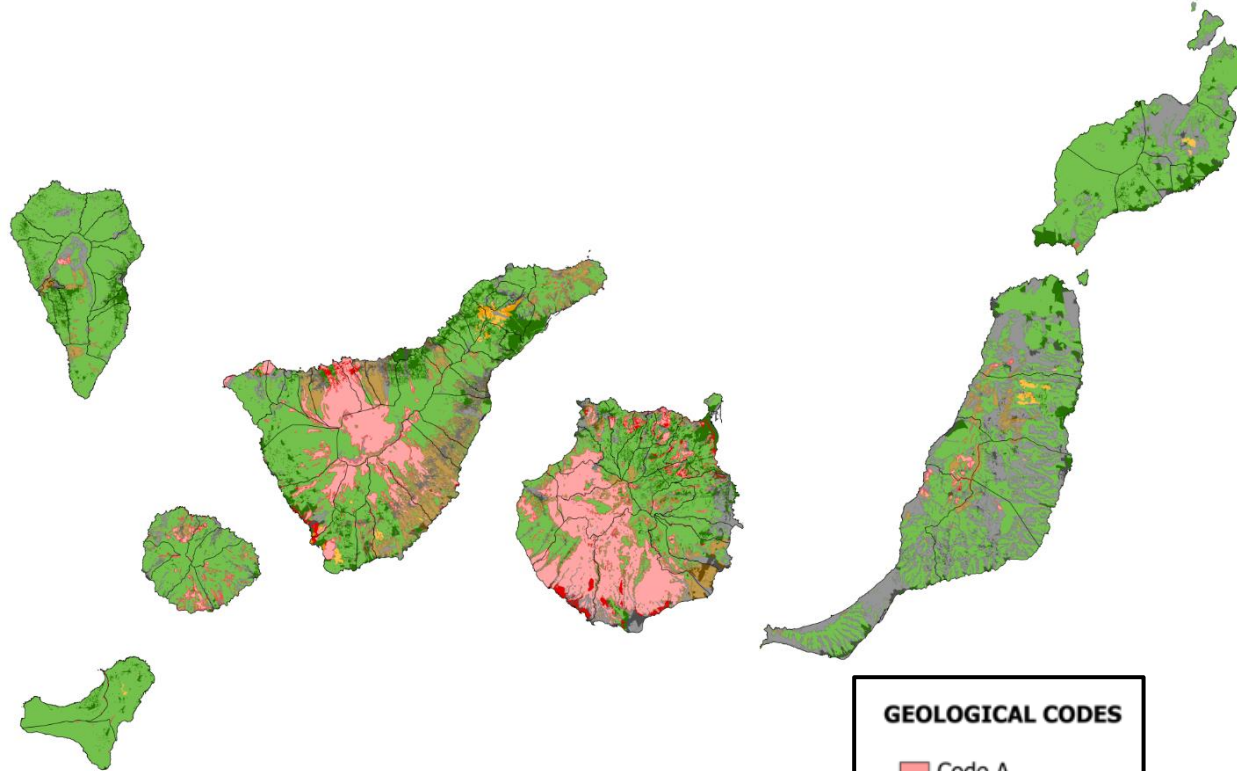
Descripción geologica del area de estudio

Material y métodos

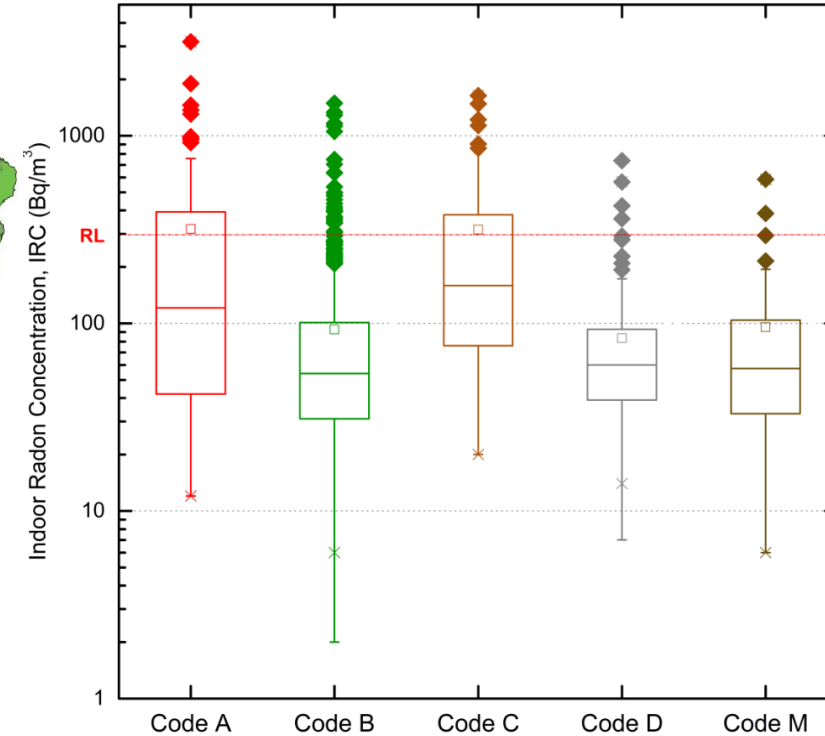
Resultados: Canary Islands Risk Maps

Conclusiones

## Islas Canarias Mapa de códigos geológicos



**Test de Kruskal-Wallis** muestra que los grupos de IRC en suelos ácidos y arcillosos muestran diferencias significativas con respecto al grupo de IRC en suelos básicos

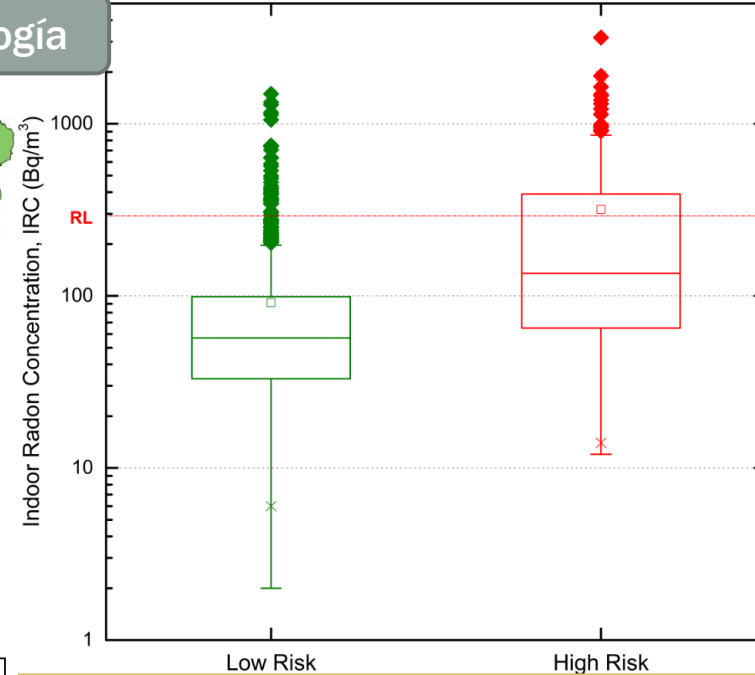
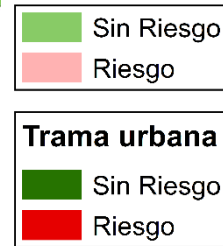
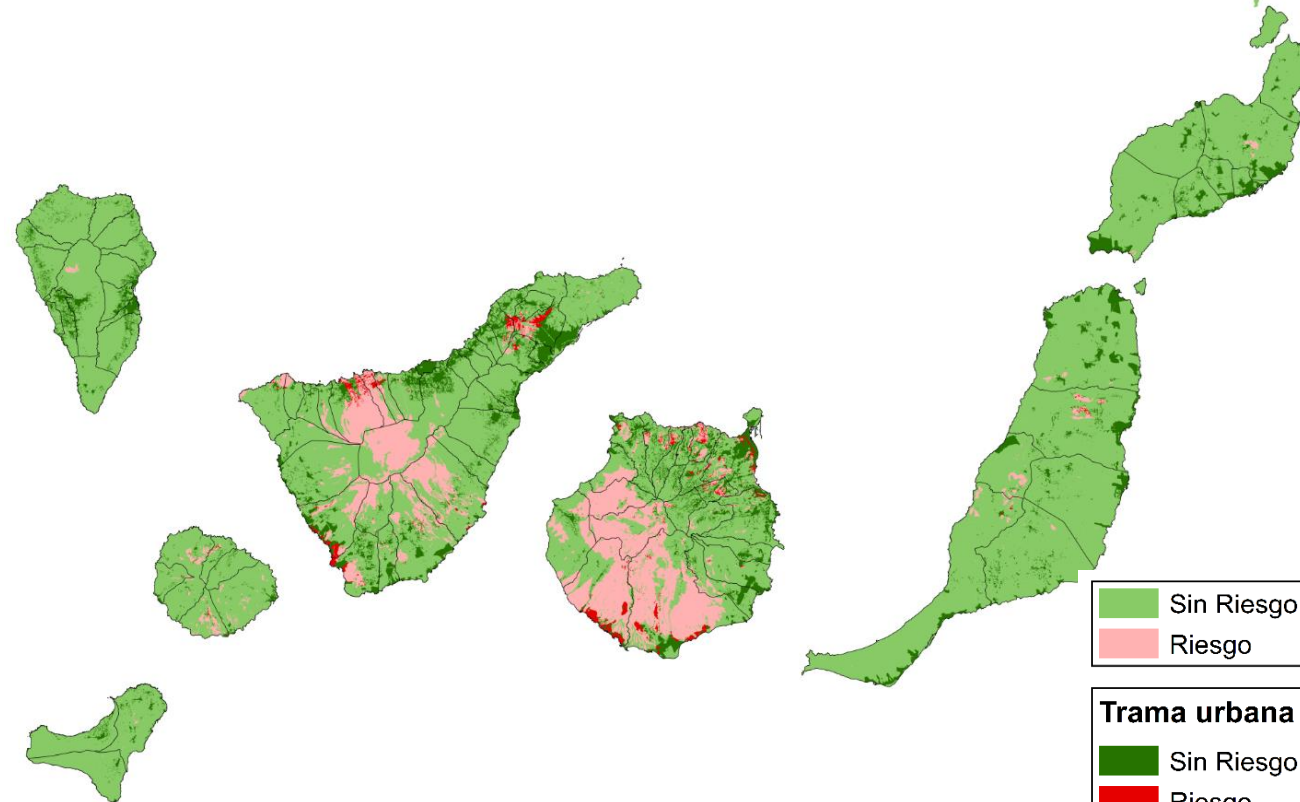


	Code A	Code B	Code C	Code D	Code M
<b>n</b>	83	721	59	159	42
<b>GM (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	134.3	56.4	180.2	62.2	59.9
<b>GSD (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	3.9	2.6	2.9	2.1	2.6
<b>UTB (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1021</b>	<b>207</b>	<b>934</b>	<b>177</b>	<b>281</b>
<b>P90 (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	887	174	829	138	194

**Límite de tolerancia superior (UTB):** identificar áreas de potencial de radón. Esta herramienta estadística, utilizada por el CSN para determinar el valor de IRC de una zona que dejaría al 90% de la población con valores inferiores a 300 Bq/m<sup>3</sup> con una probabilidad del 90%.

# Resultados: Canary Islands Risk Maps

Mapa de riesgo de radón en Canarias basado únicamente en la geología



**UTB:**  
**201 Bq/m<sup>3</sup>**

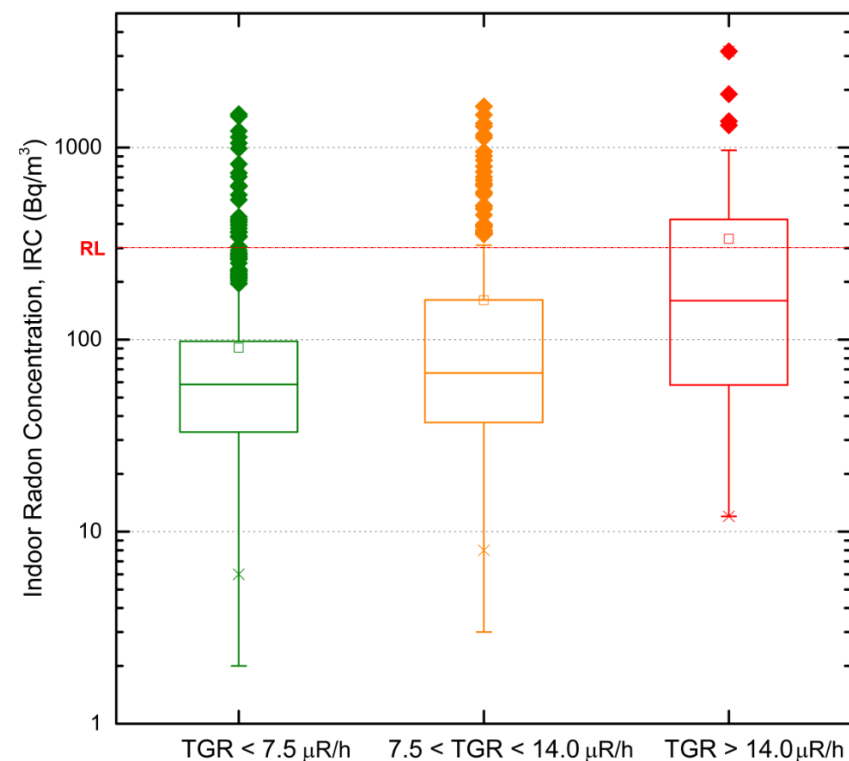
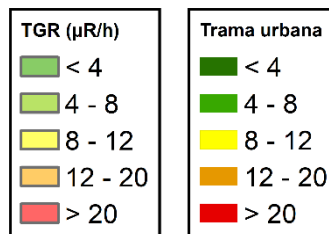
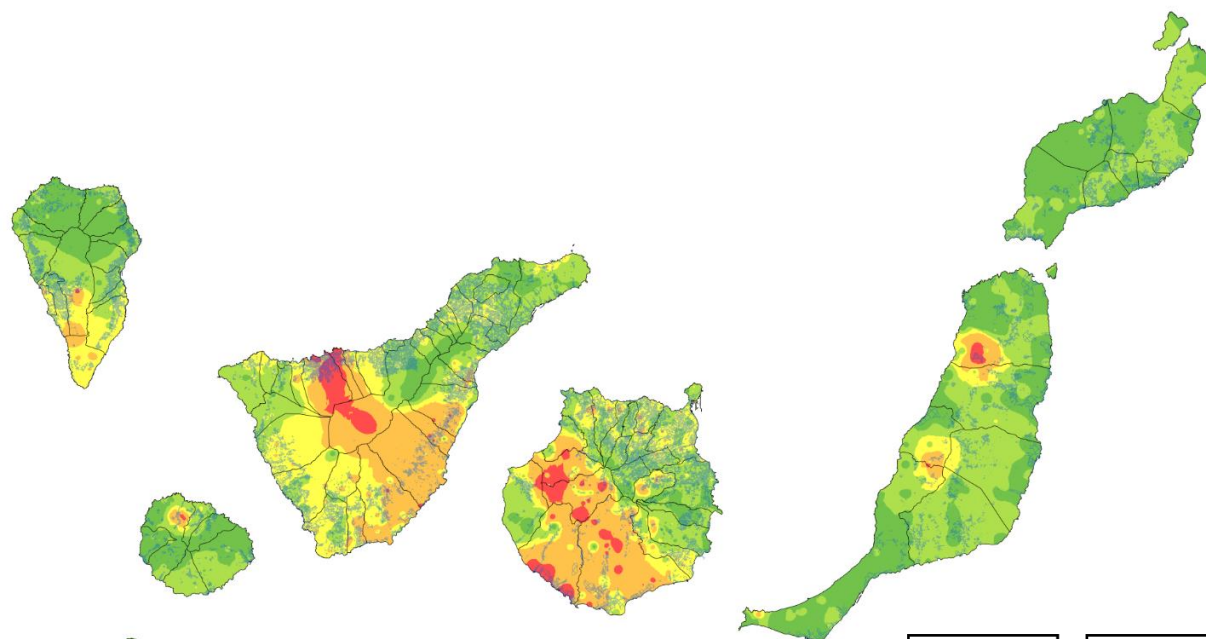
**UTB:**  
**917 Bq/m<sup>3</sup>**

**IMPORTANTE:** 1. Las zonas clasificadas como de alto riesgo tienen el 60% de los valores más altos de IRC, 2. las zonas de bajo riesgo sólo el 7% de los valores totales de IRC en esta zona son superiores a 300 Bq/m<sup>3</sup>

**Respecto a los datos totales del IRC sobre Zonas de Bajo Riesgo:**

% Low IRC values: 96%  
 % High IRC values: 4%

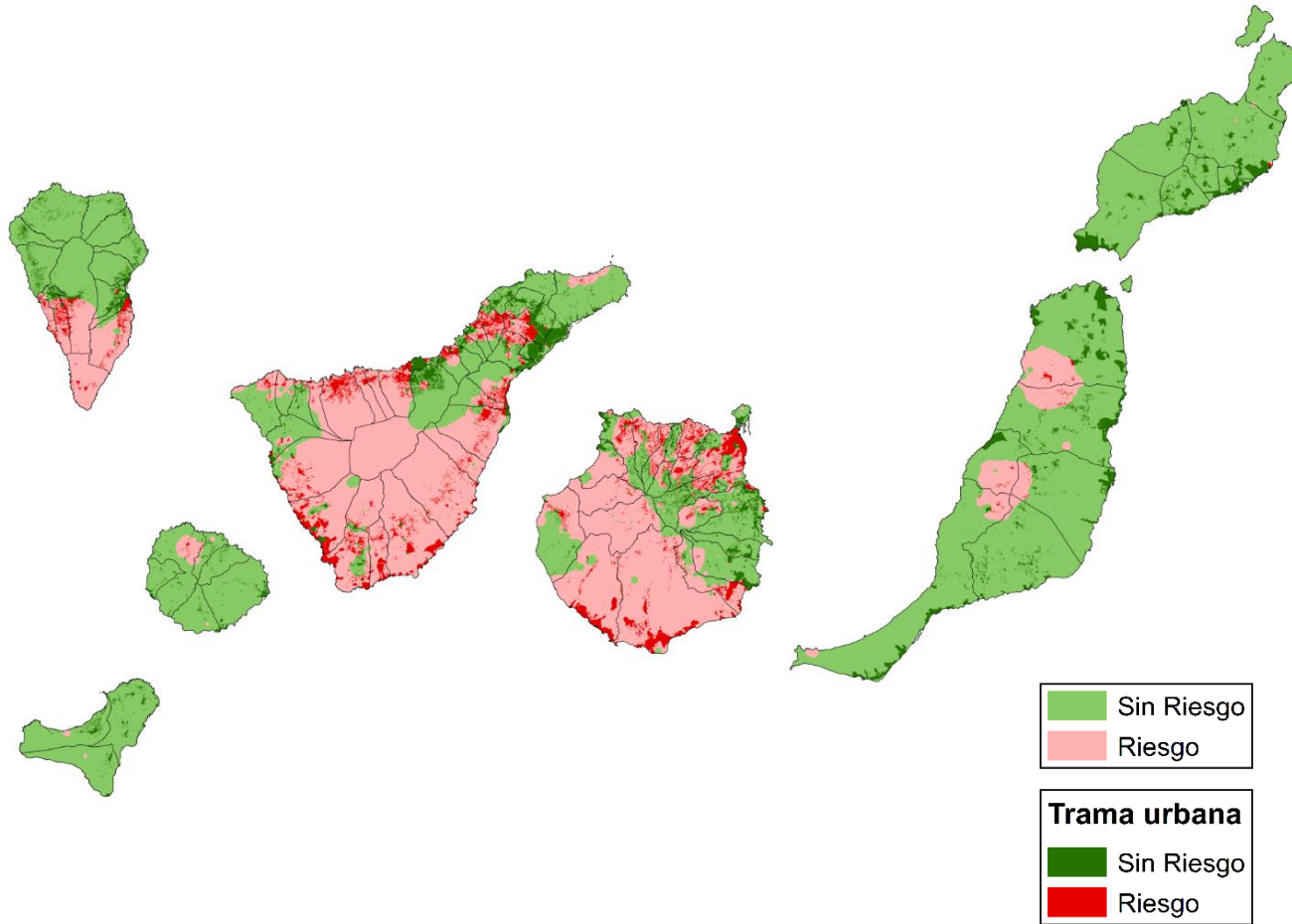
**Islas Canarias**  
**Mapa de interpolación TGR**



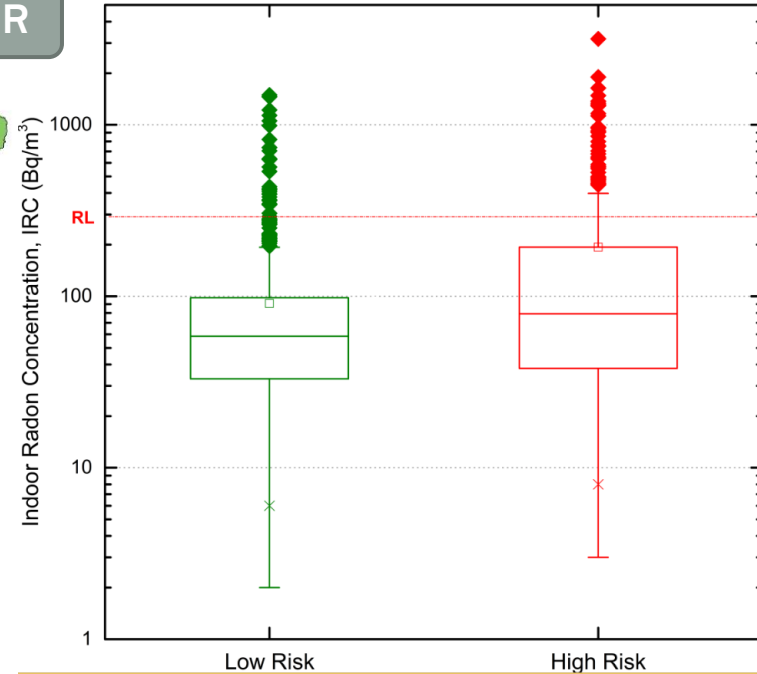
	TGR<7.5	7.5 < TGR < 14	TGR > 14
<b>n</b>	744	260	60
<b>GM (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	57.3	78.7	152.5
<b>GSD (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	2.5	3.1	3.6
<b>UTB (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	198	389	1100
<b>P90 (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	163	392	773

**IMPORTANTE:** se han usado los tres rangos establecidos por el Consejo de Seguridad Nuclear CSN.

Mapa de riesgo de radón basado únicamente en las mediciones TGR



**IMPORTANTE:** Este mapa mejora sensiblemente el poder predictivo respecto al mapa geológico



**UTB:**  
**198 Bq/m<sup>3</sup>**

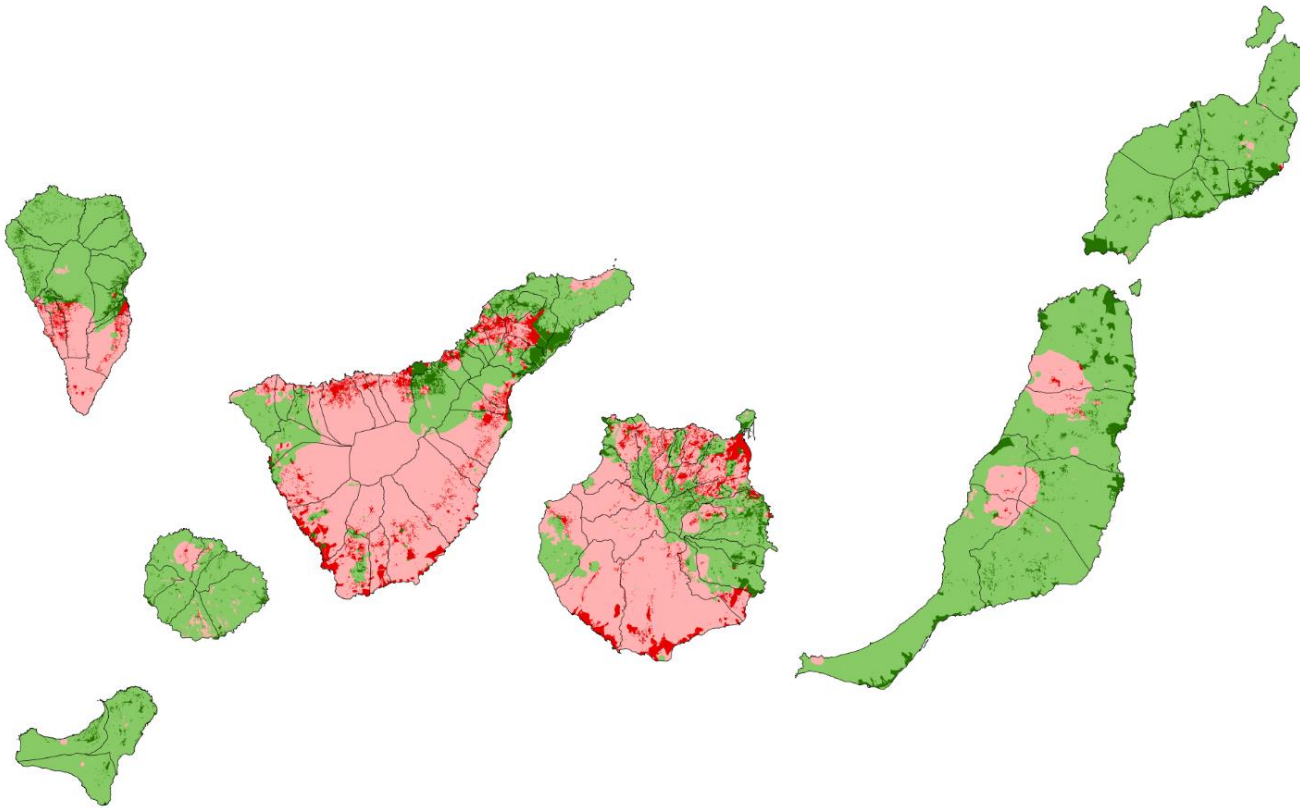
**UTB:**  
**470 Bq/m<sup>3</sup>**

**Respecto a los datos totales del IRC  
sobre Zonas de Bajo Riesgo:**

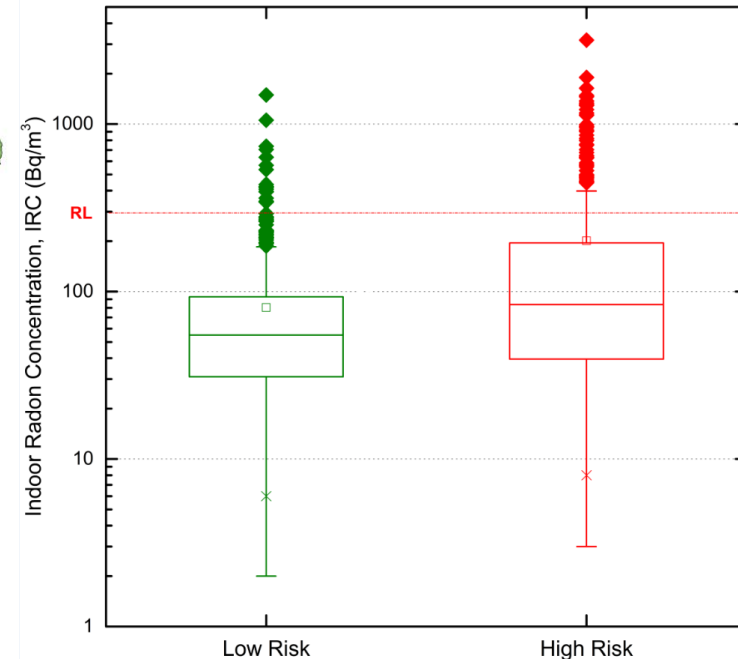
**% Low IRC values: 97 %**

**% High IRC values: 3 %**

## Mapa de riesgo de radón combinado



IMPORTANTE: Este mapa incluye la trama urbana



UTB:  
178 Bq/m<sup>3</sup>

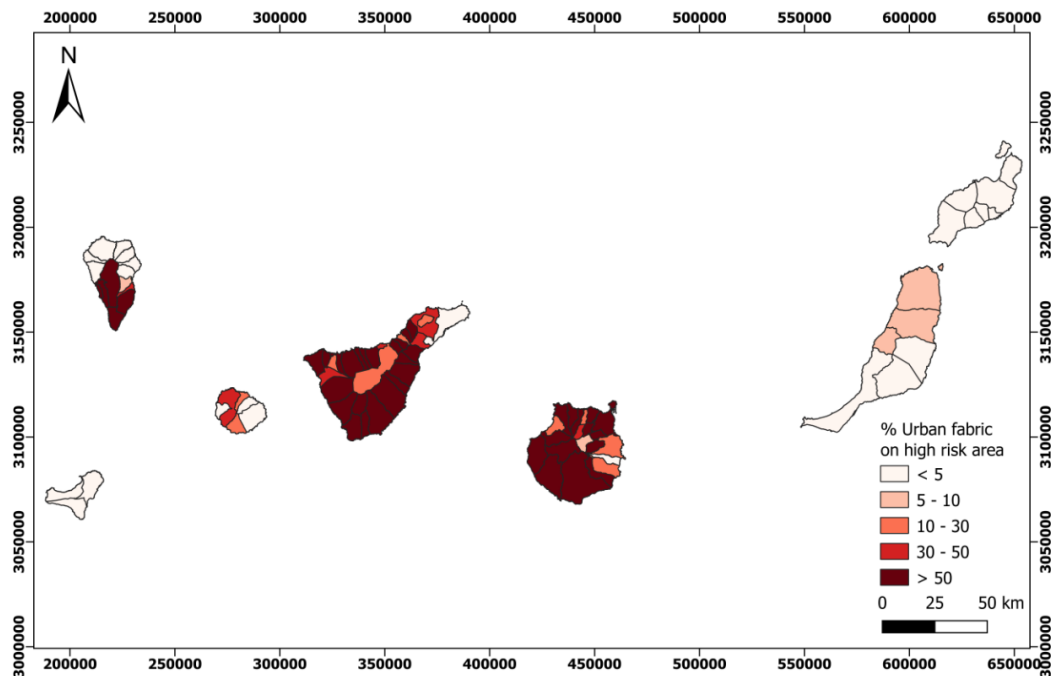
UTB:  
485 Bq/m<sup>3</sup>

Respecto a los datos totales del IRC  
sobre Zonas de Bajo Riesgo:

% Low IRC values: 98%  
% High IRC values: 2%

Mapa de riesgo de radón combinado, con la intersección con los mapas de tejido urbano

Se ha obtenido un mapa de zonificación municipal en virtud del porcentaje de tejido urbano que cae en zona de alto riesgo.



Resultado:

1. **27 de los 88** municipios que constituyen el archipiélago tendrían menos del 10% de su trama urbana en riesgo alto de radón.
2. Los 41 municipios que tienen más del 50% de su parte urbanizada en riesgo, la mayor parte de ellos, efectivamente, en **Gran Canaria y Tenerife**.



Introducción

Área de estudio

Descripción geologica del area de estudio

Material y métodos

Resultados: Canary Islands Risk Maps

Conclusiones

- A partir de la codificación simplificada de las rocas y suelos de Canarias descrita, los suelos félsicos y arcillosos de las islas canarias que son propensos a la emisión de radón, podrían clasificarse como zonas de alto riesgo.
- Se ha obtenido que para los rangos medio y alto de TGR establecidos por el CSN presentan un UTB del IRC por encima del nivel de referencia ( $300 \text{ Bq/m}^3$ )
- Los mapas de riesgo de radón que combinan información geológica y datos de TGR son capaces de indicar el mayor número de viviendas con IRC por encima de  $300 \text{ Bq/m}^3$  en zonas clasificadas como de alto riesgo.
- Destacamos el carácter conservador de los mapas combinados de riesgo de radón
- Mediante la aplicación de un modelo dosimétrico, es posible realizar una estimación de la dosis efectiva anual global recibida por un trabajador en zonas de alto riesgo

Este trabajo ha sido financiado por la *Consejería de Obras Públicas, transporte y vivienda del Gobierno de Canarias* a través del convenio de colaboración con la *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria* para una **“Propuesta de nueva zonificación para predecir el nivel de riesgo derivado de la presencia de concentraciones de radón en el interior de los edificios”**.



**Gobierno  
de Canarias**

Consejería de Obras Públicas,  
Transportes y Vivienda

# GRACIAS

Gran Canaria

Tenerife

Fuerteventura



Para estimar la **dosis efectiva anual** por exposición a una determinada concentración de actividad de  $^{222}\text{Rn}$ , se deben utilizar modelos dosimétricos que consideren la interacción entre el radón (y su progenie) y el tejido vivo.

$$D = DC \cdot EEC \cdot t$$

- $DC$  is the dose coefficient (in  $\text{Sv} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Bq}_{EEC}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ).
- $EEC$  is the equivalent equilibrium concentration of radon progeny:  $EEC(\text{Bq}_{EEC} \cdot \text{m}^3) = IRC(\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}) \cdot F$
- $F$  is the equilibrium factor between the free and bound fraction of radon progeny in air
- $t$  is the exposure time.

Considerando las zonas de riesgo de los mapas de riesgo combinados, estimamos con un 90% de probabilidad que el 90% de la población activa cuyo lugar de trabajo está situado en zonas de bajo (verde) y alto (rojo) riesgo

2.46  
mSv/year

6,70  
mSv/year

