

---

# SEIO 2022.- Diseño óptimo aplicable a la realización de bioensayos a personas expuestas a incorporaciones radiactivas aleatorias

*Guillermo Sánchez-León /J.M Rodríguez -Díaz (GIR DOE Universidad de Salamanca) [2022-06-06]*

---

## Resumen

Trabajadores expuestos a la incorporación de aerosoles radiactivos son sometidos a controles periódicos de contaminación interna mediante la realización de bioensayos. Para esta evaluación se utilizan los modelos biocinéticos OIR de la ICRP. Una suposición típica es que el trabajador está expuesto de forma crónica (constante)  $B_i$  durante largos períodos de tiempo  $T_i$ . Sin embargo, las incorporaciones diarias:  $\{b_j, t_j\}$  son aleatorias, y hay días  $t_s$  sin exposición (fines de semana, vacaciones, etc.), esto es con  $b_s=0$ .

En el caso de UO<sub>2</sub> en fábricas de combustible nuclear (Fca de Juzbado) también se estima la incorporación diaria utilizando tomamuestras de puestos de trabajo (SAS).

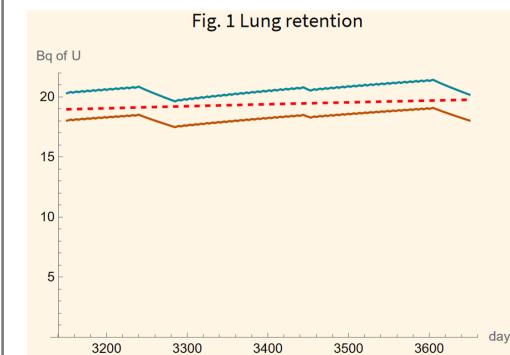
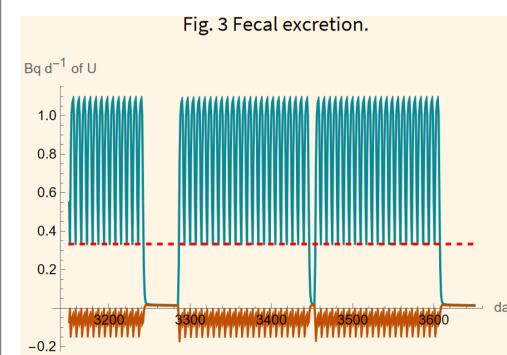
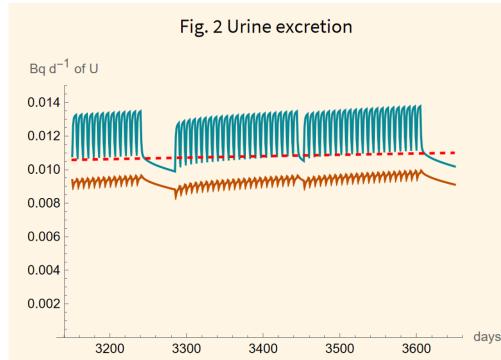
Se ha desarrollado un método para estimar por regresión las incorporaciones que tiene en cuenta el carácter irregular de las incorporaciones que combina las medidas de uranio en orina con las obtenidas a partir de SAS.

Se ha estudiado los criterios para tomar las muestras de orina minimizando la incertidumbre de la estimación.

## Abstract

## Bioassay election: Comparison lung, urine and faecal excretion.

Occupational intake of 185 Bq (225 wd) per year of UO<sub>2</sub> of 4.2% wt U-235, AMAD= 5 µm; ( $1 \text{ mSv y}^{-1}$ ) . This means  $\mu_b = 0.507 \text{ BqU/wd}$  and  $\mu_b = 0.82 \text{ BqU/nd}$  [wd: working day, nd: natural day]. It is assumed  $\sigma_b \approx \mu_b$  (based in data from ENUSA Juzbado Fuel fabrication plant).



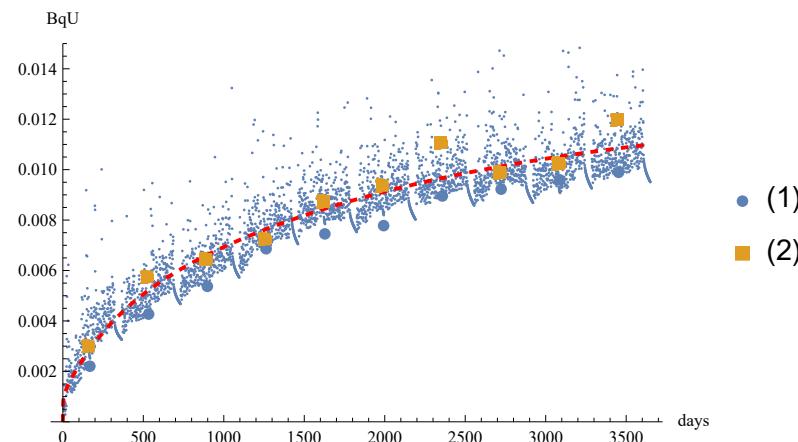
## Criteria to estimate the intake using 24-urine excretion samples

Simulation: On exposure days (working days) the worker is exposed to a lognormal( $\mu_b$ ,  $\sigma_b$ )  $\sigma_b/\mu_b \approx 1$ .

The 24h urine sample is collected from the worker every 365 day. Regarding the collection of samples two situations are considered:

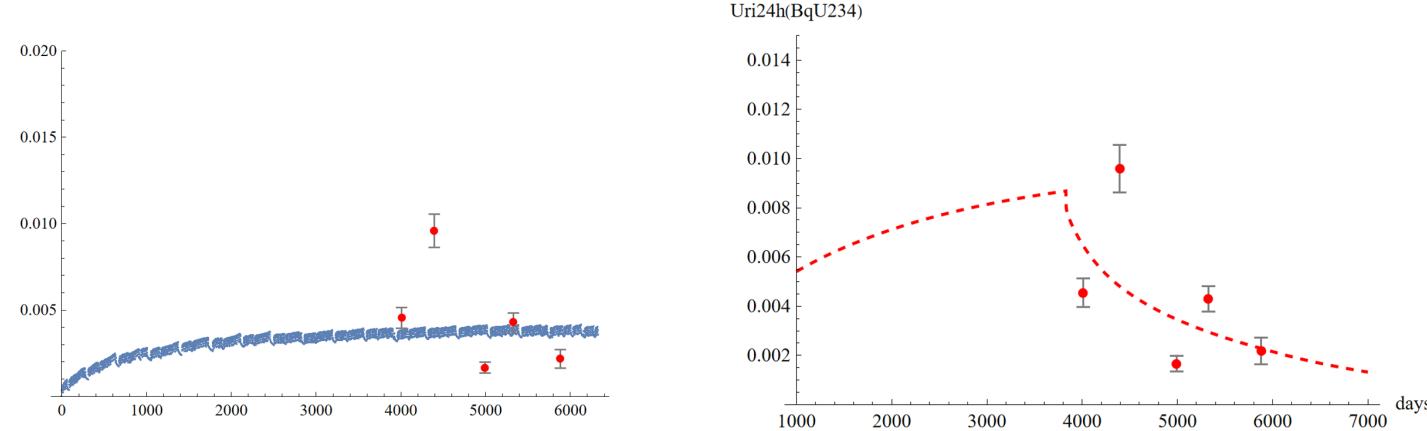
- A) The worker is not exposed 8 days before the sample is taken (typical situation if the urine sample is collected after vacations). The purpose of considering this option is that the statistical uncertainty decreases after some days without exposure due to the random nature of the incorporations.
- B) The worker is exposed the days immediately before the sample collection.

With the above criteria, a set of 30 simulations were carried out for each case A and another 30 for each case B.



## Scenarios

Then the intake was obtained by fitting. Option for fitting: {F1: multiple single intakes ( $d_i$ ), F2: multiple constant intakes ( $T_i$ ), F3: single constant intake (T)}



Then 5 scenarios have been compared: {Sc1, Sc2, Sc3, Sc4, Sc5}: {A/F1, A/F2, A/F3, B/F1, B/F3}

Result for each scenario (relative errors in%) and  $J_i^2$

$$\delta_i = \frac{(\text{sim}_i - \text{fit}_i)}{\text{sim}_i}$$

Out[ ]//TableForm=

escenario 1	escenario 2	escenario 3	escenario 3	escenario 5
0.219	3.012	-12.049	-1.442	8.731
2.168	2.228	1.902	3.565	3.932

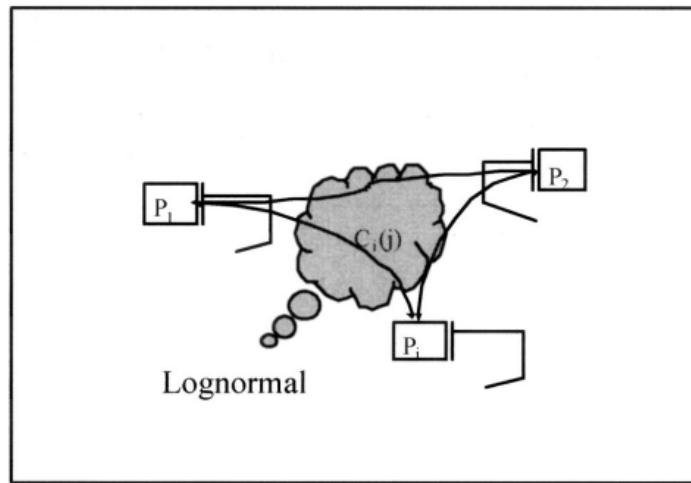
Out[ ]=

$$\begin{pmatrix} \text{escenario 1} & \text{escenario 2} & \text{escenario 3} & \text{escenario 3} & \text{escenario 5} \\ 0.058 & 0.1 & 0.178 & 0.39 & 0.434 \end{pmatrix}$$

The best option is the scenario 1, but it is common that it has not been possible to choose the moment of sampling, that is: the worker may have been exposed in the days immediately prior to the sample collection. In this case, the best method of estimating the intake is also the one that uses the incorporation calendar as input data, that is, the days that the worker was really exposed (working days).

## Workers exposed to inhalation of UO<sub>2</sub> for a long time.

Se ha encontrado un método que combina la información de las medidas de uranio en orina con los datos del SAS: a) Para la estimación de las muestras de orina se considera solo los días en los que el trabajador está expuesto (se conoce a través de los SAS); b) En la regresión para estimar las estimaciones con los datos de orina, se utilizan factores de ponderación a los períodos considerados de acuerdo a los datos proporcionados por los SAS.

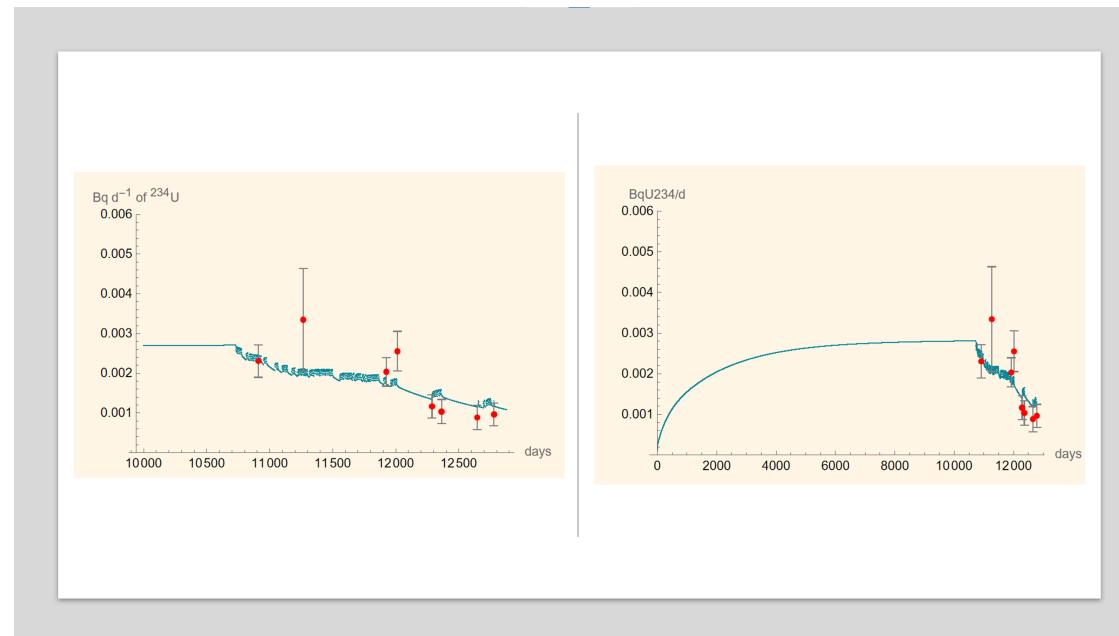


**Fig. 1.** Worker moving in an area with air samplers fixed at points  $P_i$ . The daily concentration  $C_i(j)$  at point  $i$  on day  $j$  can be fitted to a log-normal distribution.

$$\begin{aligned} (\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_k) : \arg \min_{[\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_k]} & \left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{\text{Log}[R_M(t_i, \{\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_k\})] - \text{Log}[m_i]}{SG_i} \right)^2 \right] \\ \chi^2 = & \sum_{i=1}^N \left( \frac{\text{Log}[R_H(t_i, \tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_k)] - \text{Log}[m_i]}{SG_i} \right)^2 \\ SG_i = & (u_i/m_i)^2 + \text{Log}[SF_B]^2 \end{aligned}$$

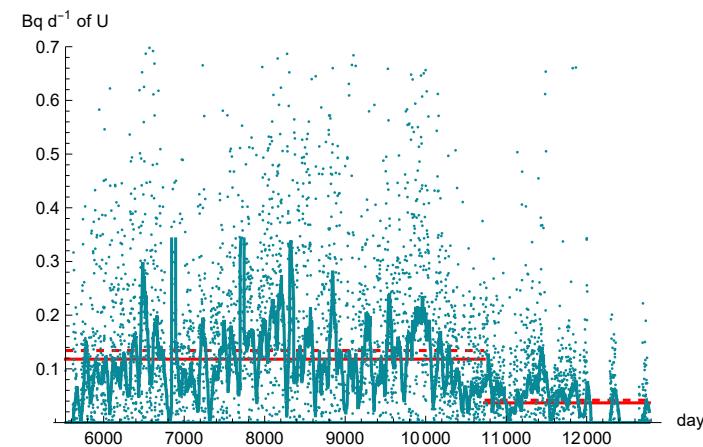
In real situations in different intervals  $T_i$  the average daily intake can be  $\hat{b}_i \approx \hat{b}_j$  for some intervals, then the number of  $\hat{b}_i$  to be fitted is lower than the number of intervals  $T_i$ .

Trabajador ocupacionalmente expuesto durante 30 años, durante los primeros años no se le tomaban muestras de orina y si medidas con el Contador Pulmonar. (Orina+SAS)

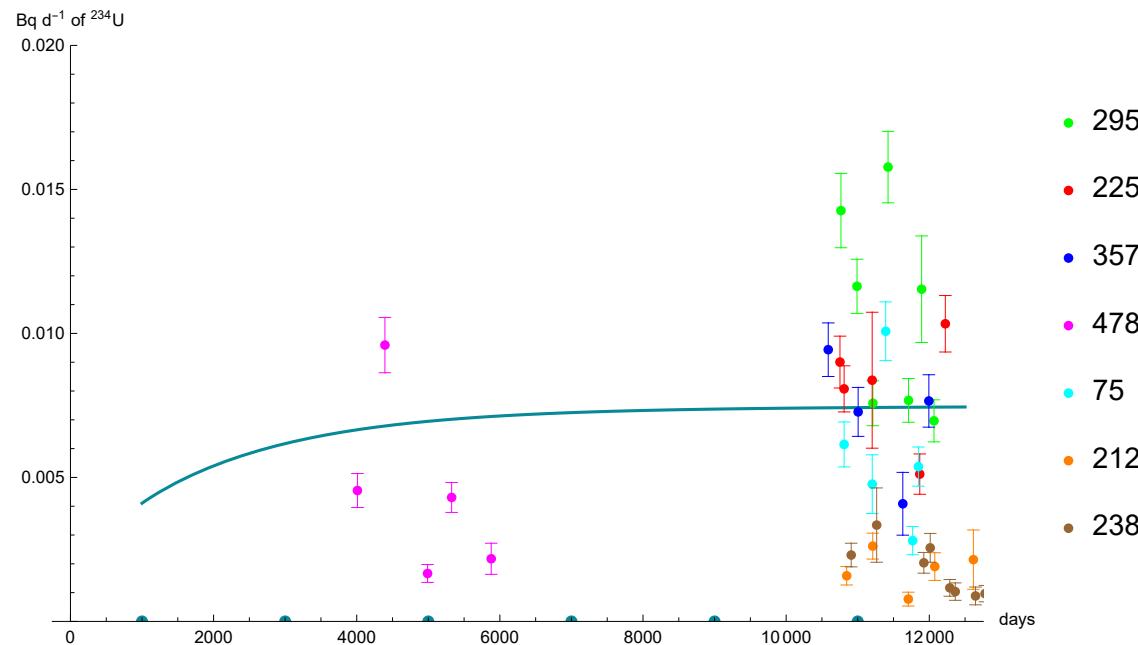


Se compara la incorporacion estimada con las muestras de orina con lo proporcionado por los SAS

Out[ ]=



El estudio se ha realizado para varios trabajadores que han estado expuestos durante años a condiciones parecidas. Las muestra de orina en algunos casos presentan una desviación significativa del promedio, apoyando la idea de que los parámetros del trabajador de referencia no siempre son aplicables.



---

## Web

<http://oed.usal.es/webMathematica/Biokmod/biokmodMultiinputs.htm>

<http://oed.usal.es/webMathematica/Biokmod/biokmodaccident.jsp>

## Referencias

Sánchez-León Guillermo.; López M.A.; Moraleda M.; Rodríguez-Díaz Juan M.: "Bioassays in workers exposed to long time random intakes" Radiation and Applied Radiation and Isotopes (180) 2022. (<https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2021.110057>)

## Reconocimientos

The authors have been sponsored by Spanish Research Agency and fondos FEDER MTM2016- 80539-C2-R1 and MTM2016-80539-C2-R2 respectively.

We appreciate the collaboration of ENUSA Industrias Avanzadas S.A. and CIEMAT, which carries out the analyzes of the samples and the official dosimetric evaluation.