

MONITORIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN RADIATIVA DEL SUELO POR LOS RADIONÚCLIDOS ^{90}Sr Y ^{137}Cs . APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA ZONA DE EXCLUSIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE CHERNÓBIL

Eusebi Jarauta-Bragulat¹, Carme Hervada-Sala², Yulian G. Tyutyunnik¹

1. Departamento de Matemática Aplicada III, ETSECCPB, UPC, Barcelona. (eusebi.jarauta@upc.es)
2. Departamento de Física e Ingeniería Nuclear, EUETIT, UPC, Terrassa. (carme.hervada@upc.es)

Resumen

La contaminación del medio ambiente por radionúclidos es un problema de candente actualidad, tanto en lugares próximos a centrales nucleares como en cualquier zona en la que pueda haber una presencia significativa de estos elementos. Para medir el grado de contaminación por radionúclidos en el suelo pueden utilizarse básicamente dos tipos de métodos: los directos o físicoquímicos, consistentes en la extracción de muestras del propio suelo y su posterior análisis y los indirectos o biogeoquímicos, basados en la medición de la presencia de ciertos elementos en los seres vivos, y en particular las plantas. Si bien hasta la fecha los métodos directos son los que se han utilizado más ampliamente, recientemente los indirectos están adquiriendo mayor aplicación, debido esencialmente a su mucho menor coste y al desarrollo de modelos de monitorización basados en datos experimentales. En este artículo se profundiza en el desarrollo y aplicación de los métodos indirectos, presentándose un modelo cuantitativo para la monitorización de la densidad superficial de contaminación radiactiva por ^{90}Sr y ^{137}Cs en los suelos de la Zona de Exclusión de la Central Nuclear de Chernóbil (Ucrania), mediante la densidad volumétrica de contaminación por estos elementos en la savia de los abedules (*Betula pendula* L.).

Abstract

Pollution of the environment by radionuclides is one of the most widespread problems, not only in nuclear power plant surroundings but also at any place where there might be a significant presence of these type of elements. There are, among others, two kinds of methods to assess pollution level in the ground: the direct or physicochemical ones, which consist of collecting some soil samples and analysing them; the indirect, or biogeochemical ones, which consist of the measurement of some elements in the living bodies, specially in vegetation. The first methods have been more widely used until now, but the last ones are cheaper and thus, they are finding more and more usage. The aim of this paper is to develop indirect methods, presenting a mathematical model of monitoring ground pollution by ^{90}Sr and ^{137}Cs in the soils of the Exclusion Zone of the Nuclear Power Plant in Chernobyl (Ukraine) using volumetric density of pollution in *Betula pendula* L. sap.

1. Introducción.

Para medir el grado de contaminación del suelo por radionúclidos pueden utilizarse, entre otros, dos tipos de métodos: los directos o físicoquímicos, consistentes en la extracción de muestras del propio suelo y su posterior análisis; los indirectos o bioquímicos, basados en la medición de la presencia de ciertos elementos en los seres vivos, y en particular las plantas. Aún cuando los métodos directos son los que hasta la fecha se han utilizado más

ampliamente, últimamente se están desarrollando métodos indirectos basados en monitorización a partir de datos experimentales (ver referencias [2] y [6]).

Cabe destacar que los métodos indirectos poseen algunas ventajas frente a los métodos directos, pudiendo citarse como más relevantes, las siguientes:

- La toma de muestras es generalmente mucho más sencilla, económica y fiable, aún cuando existe cierta limitación del período de tiempo en el cual puede realizarse el muestreo, por estar ligado a ciclos vitales de seres vivos.
- La red de muestreo puede ser más densa y, en consecuencia, más representativa.
- Permiten obtener información adicional que tiene importancia ecológica, puesto que los cambios morfológicos provocados por la contaminación radiactiva del medio en las plantas son indicadores de la incidencia de la radiación sobre mutaciones en los seres vivos.

No obstante, para desarrollar correctamente la aplicación de los métodos indirectos en la monitorización del medio, de modo que sus resultados sean fiables y coherentes con los objetivos que se persiguen, deben perfilarse algunos aspectos poco estudiados hasta la fecha:

- a) Elección correcta de los organismos vegetales que pueden resultar efectivos para dicha monitorización.
- b) Determinación de las partes del organismo que reflejan más fielmente la contaminación del suelo.
- c) Evaluación de la profundidad a la cual las raíces absorben los contaminantes radiactivos y la influencia del micro (y meso) relieve sobre dicha absorción.
- d) Descripción de los halos de dispersión en las inmediaciones de los vertederos de desechos radiactivos.

Nuestro propósito en este trabajo es contribuir al desarrollo y aplicación de los métodos indirectos mediante la formulación de un modelo cuantitativo para la monitorización de la contaminación radiactiva del suelo por los radionúclidos ^{90}Sr y ^{137}Cs , que permita predecir la contaminación en el mismo a partir de datos de densidad volumétrica de contaminación de la savia en especies vegetales. Para desarrollar el modelo y aplicar la metodología desarrollada, se ha contado con una base de datos de densidad de contaminación radiactiva de los suelos de la Zona de Exclusión de la Central Nuclear de Chernóbil en Ucrania y de densidad volumétrica de contaminación por dichos elementos en la savia de abedules (*Betula pendula* L.) de dicha zona. Nos referimos a datos de contaminación radiactiva de la savia de abedules, por cuanto se ha determinado (véase referencia [2]) que, en la zona de Ucrania, los árboles con mayor movimiento primaveral de savia son los abedules (*Betula pendula* L.)

2. Descripción de la zona y análisis de los datos.

La Zona de Exclusión (ZEx) de la Central Nuclear de Chernóbil (CNCh) es un círculo de aproximadamente 30 kilómetros de radio con centro en la propia central (ver referencia [4]). A partir de 5 kilómetros al norte y 20 kilómetros al oeste de la CNCh, se encuentra la

frontera con el estado de Bielorrusia. La zona en la que se tomaron los datos es un rectángulo alrededor de la Central (véase la figura 1); la no-regularidad de la red de muestreo se debe, por un lado, a la necesidad de tener datos en puntos próximos a vertederos de desechos radiactivos existentes en la ZEx y, por otro, a la asignación de áreas de muestreo que realiza la administración de Ucrania a los diversos organismos de investigación que operan en la zona. Si bien este hecho impide en estas condiciones la aplicación directa de técnicas geoestadísticas, en un futuro se estudiará la posibilidad de establecer una red más regular de puntos de muestreo para poder aplicar dichas técnicas.

En la tabla 1 se detallan algunas características de la zona de muestreo, con una breve descripción del entorno de cada zona, los años de toma de muestras en la savia y, por último, se indica la existencia de vertedero con aislamiento (VCA) o sin aislamiento (VSA) de desechos radiactivos en dicho punto. Las medidas de radionúclidos en savia fueron realizadas a partir de muestras tomadas durante los primeros diez días de abril de los años 1996 a 2000; el período de toma de muestras está condicionado por el ciclo vital de los abedules puesto que, en las condiciones climáticas de Ucrania, éstos presentan en esa época la fase de máximo movimiento de su savia en dirección ascendente. Puesto que la recolección se llevó a cabo antes del brote de las hojas nuevas, coincidimos con Kovalévsky (véase referencia [3]) en que el contenido de la contaminación de la savia del abedul a comienzos de la primavera, refleja solamente la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas. Cada muestra consiste en 1,5 litros de savia de cada árbol extraída durante el período indicado y en cada una de ellas, se ha determinado el contenido de ^{90}Sr y ^{137}Cs , según métodos estandarizados al efecto (referencias [1] y [5]).

La tabla completa de la base de datos puede encontrarse en la siguiente dirección de Internet: <ftp://ftp-urgell.upc.es/Matematica/E.Jarauta/DatosEma2001.txt>. En dicha tabla se especifica para cada caso el valor de las siguientes variables: número asignado al punto de muestreo (N), según la figura 1; coordenadas geográficas (norte, este) de cada punto (distancia en km a la CNCh tomada como origen de coordenadas); medida de la densidad superficial de contaminación radiactiva por ^{90}Sr y ^{137}Cs en el suelo (Sr-suelo y Cs-suelo), en 10^{10} Bq/km² y de la densidad volumétrica en la savia (Sr-savia y Cs-savia), en Bq/l; por último, potencia de la dosis de exposición de radiación γ (PDER) en la superficie del suelo, en mR/hora.

3. Análisis de los datos.

Tomando la base de datos completa, se procedió en primer lugar a un estudio estadístico descriptivo y, en segundo, a analizar los valores de las variables en función del punto de muestreo.

Con el objetivo de simplificar la notación, se indican las variables como sigue:

U_1 = densidad superficial de contaminación radiactiva producida por ^{90}Sr en el suelo;

U_2 = densidad superficial de contaminación radiactiva producida por ^{137}Cs en el suelo;

V_1 = densidad volumétrica de contaminación radiactiva producida por ^{90}Sr en la savia;

V_2 = densidad volumétrica de contaminación radiactiva producida por ^{137}Cs en la savia.

El análisis de los datos permite formular las consideraciones que siguen:

- La densidad superficial de contaminación radiactiva en los suelos del entorno de la Central está condicionada por la existencia de depósitos controlados de desechos radiactivos, esto es, lugares donde se han acumulado materiales irradiados desde el accidente nuclear del 25 de abril de 1986. En efecto, en la tabla 2 se muestran los valores medios de las variables U_1 , U_2 , V_1 , V_2 según el tipo de zona muestreada; puede observarse una notable diferencia entre los valores medios de la densidad superficial de contaminación en el suelo correspondiente a los puntos en los cuales los vertederos de desechos radiactivos tienen aislamiento (puntos 6a y 6b) y los valores medidos en los puntos en los cuales los vertederos no tienen aislamiento (puntos 3, 4, 5, 7 y 8).
- En la tabla 3(a) se muestran los estadísticos descriptivos robustos de los datos: valor mínimo, primer cuartil, segundo cuartil (mediana), tercer cuartil, valor máximo y semi-rango intercuartílico. Como puede apreciarse, se da una gran heterogeneidad en los valores de las variables: una gran acumulación de valores en torno al mínimo, una presencia de valores atípicos en la franja alta y una distribución poco adecuada para su interpretación visual y su tratamiento numérico. Todo ello queda reflejado en los histogramas de la figura 2(a) y en los diagramas de caja de la figura 3(a).
- La densidad de contaminación radiactiva es una variable positiva; con el fin de obtener valores cuyo rango pertenezca a la recta real y con el objetivo también de homogeneizar los valores de las variables, se realizó la transformación logarítmica de las mismas. En la tabla 3(b) se muestran los estadísticos descriptivos de las variables transformadas y en las figuras 2(b) y 3(b) los histogramas y los diagramas de caja, respectivamente.
- Con el objetivo de ilustrar gráficamente una posible relación entre las variables, se ha representado la dispersión matricial de las variables originales y de las variables transformadas y se han analizado las correlaciones respectivas. El resultado se muestra en la figura 4 y en la tabla 4; los cálculos realizados muestran una mejor correlación ente las variables transformadas, aspecto que se ilustra en las gráficas correspondientes.

4. Modelo de regresión lineal para la monitorización de la contaminación radiactiva del suelo.

Para iniciar la elaboración de este modelo, en primer lugar se calcularon los coeficientes de correlación entre las variables transformadas (tabla 3) y se obtuvo el gráfico de dispersión matricial entre estas variables (figura 4); su observación permite deducir que es posible formular un modelo de regresión lineal múltiple con las variables transformadas. Así pues, se procedió a elaborar dicho modelo de regresión con las variables transformadas y a calcular los coeficientes del modelo, para expresar las variables dependientes $\log(U_1)$ y $\log(U_2)$ en función de las variables independientes $\log(V_1)$ y $\log(V_2)$, es decir, expresar la contaminación del suelo en función de la presencia de contaminantes en la savia; el resultado del cálculo de los coeficientes de dichos modelos de regresión se muestra en la tabla 5. Las ecuaciones de regresión lineal obtenidas son:

$$\begin{aligned}\log(U_1) &= 0.63 + 0.44 \log(V_1) + 0.43 \log(V_2) \\ \log(U_2) &= 1.09 + 0.46 \log(V_1) + 0.44 \log(V_2)\end{aligned}\quad (1)$$

A la vista de este resultado, dada la similitud de los valores de los coeficientes de las variables en estas ecuaciones y con el objetivo de simplificar el modelo, se define una nueva variable Z definida mediante:

$$Z = V_1 V_2 \Leftrightarrow \log(Z) = \log(V_1 V_2) = \log(V_1) + \log(V_2) \quad (2)$$

Definida esta nueva variable, debe estudiarse ahora el coeficiente de correlación entre las variables $\log(U_1)$ y $\log(U_2)$ y la nueva variable $\log(Z)$, obteniéndose el resultado siguiente:

$$R(\log(U_1), \log(Z)) = 0.852; R(\log(U_2), \log(Z)) = 0.914 \quad (3)$$

Así pues, se observa que existe una correlación más significativa ente las variables $\log(U_1)$ y $\log(U_2)$ con la nueva variable $\log(Z)$ que con las variables iniciales $\log(V_1)$ y $\log(V_2)$ separadamente (ver tabla 4) y, en consecuencia, parece razonable plantear la formulación de un modelo de regresión lineal simple entre las variables $\log(U_1)$, $\log(U_2)$ como variables dependientes y $\log(Z)$ como variable independiente. Los coeficientes de este modelo se muestran en la tabla 6 y con ello, el modelo de regresión se formula mediante:

$$\begin{aligned}\log(U_1) &= 0.64 + 0.45 \log(Z) = 0.64 + 0.45 \log(V_1 V_2) \Rightarrow U_1 = 1.9(V_1 V_2)^{0.45} \\ \log(U_2) &= 1.28 + 0.45 \log(Z) = 1.28 + 0.45 \log(V_1 V_2) \Rightarrow U_2 = 3.6(V_1 V_2)^{0.45}\end{aligned}\quad (4)$$

De aquí se deduce que:

$$U_2/U_1 = 1.9 \Rightarrow U_2 = 1.9U_1 \quad (5)$$

Ello pone de manifiesto que, en el caso objeto de estudio, la densidad superficial de contaminación en el suelo por los radionúclidos ^{90}Sr y ^{137}Cs , está relacionada mediante dependencia funcional lineal. Asimismo, se obtiene que el logcociente $\log(U_2/U_1)$ es constante:

$$\log(U_2/U_1) = \log(1.9) = 0.64 \quad (6)$$

Teniendo en cuenta la ecuación (5), tiene sentido investigar la posible existencia de una relación similar entre las variables V_1 y V_2 ; para verlo, se procedió a un análisis de regresión entre las variables $\log(V_1)$ y $\log(V_2)$; el resultado obtenido se detalla en la tabla 7. El modelo lineal que relaciona ambas variables es:

$$\log(V_2) = -1.6 + \log(V_1) \quad (7)$$

es decir,

$$\log(V_2) - \log(V_1) = \log(V_2/V_1) = -1.6 \quad (8)$$

de donde resulta finalmente:

$$V_2/V_1 = \exp(-1.6) = 0.2 \quad \Rightarrow \quad V_2 = 0.2V_1 \quad (9)$$

que confirma que, efectivamente, en el caso objeto de estudio, la densidad volumétrica de contaminación en la savia del abedul por los radionúclidos ^{90}Sr y ^{137}Cs , está relacionada mediante dependencia funcional lineal dada por la ecuación (9).

Por último, con el objetivo de validar el modelo propuesto y observando que los logcocientes $\log(U_2/U_1)$ y $\log(V_2/V_1)$ son constantes en virtud de las ecuaciones (6) y (8), se definen dos nuevas variables W_1 y W_2 , mediante:

$$W_1 = \log(U_2/U_1); \quad W_2 = \log(V_2/V_1) \quad (10)$$

En la figura 5 se ha representando el diagrama de dispersión de estas variables. El centro geométrico de la nube de puntos de este diagrama de dispersión es $(W_1 = 0.64, W_2 = -1.6)$, que son los valores obtenidos en (6) y (8), hecho que confirma la validez del modelo formulado.

5. Conclusiones.

A raíz de las consideraciones anteriores, se resumen a continuación las principales conclusiones obtenidas en este trabajo y que pueden agruparse en los puntos siguientes:

1. La savia de los abedules absorbe los radionúclidos ^{90}Sr y ^{137}Cs y su concentración en la misma refleja adecuadamente la densidad de contaminación radiactiva del suelo, tanto la superficial como la proveniente de depósitos de desechos a través de las aguas subterráneas.
2. Un modelo adecuado para la monitorización de la contaminación radiactiva del suelo mediante datos de contaminación de la savia del abedul, consiste en un modelo potencial como el descrito por las ecuaciones (4).
3. En el caso de la zona estudiada, se ha encontrado que es posible expresar mediante una relación funcional lineal la densidad superficial de contaminación radiactiva en el suelo y la contaminación radiactiva en la savia del abedul por ^{90}Sr y ^{137}Cs ; dichas relaciones lineales son las ecuaciones (5) y (9).
4. En el caso de la zona estudiada, Zona de Exclusión de la Central Nuclear de Chernóbil, es suficiente la medición en la savia del abedul de uno de los radionúclidos ^{90}Sr o bien ^{137}Cs , para conocer la concentración del otro en la savia y en el suelo.

6. Referencias.

- [1] Dzepó, S.P.y otros, 1994: *Investigaciones sobre la migración temporal de radionúclidos en residuos radiactivos en la zona del "Bosque Rojo"* (en ruso). Problemas de la Zona de Exclusión de Chernóbil, vol. 2, p. 77-83.

- [2] Jarauta-Bragulat, E. y otros, 2001: *Monitoring soil radioactive pollution by ^{90}Sr and ^{137}Cs through birch's sap: Chernobyl's power plant exclusion zone case study*. Geoderma, 2001 (enviado para su publicación).
- [3] Kovalévski, A.L., 1991: *La biogeoquímica de las plantas* (en ruso). Ed. "Nauka", Novosibirsk, 294 pp.
- [4] Mixáilovskaiya, L.N. y otros, 2000: *Presencia de radionúclidos procedentes de las precipitaciones después de la avería de Chernóbil en el manto orgánico en descomposición* (en ruso). Ecología, 5, p. 348-351.
- [5] Ovsiyánnikova, S.V y otros, 2000: *Las soluciones de ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu y ^{240}Pu y ^{241}Am contenidas en los poros del suelo y sus procesos de migración* (en ruso). Geoquímica, 2, p. 222-234.
- [6] Tyutyunnik, Yu.G. y Bédnaiya, S.M., 2000: *La utilización de la savia de los árboles en calidad de indicador de la contaminación radiactiva del suelo* (en ruso). Resúmenes de la Conferencia Científica Internacional Ecogeología-2000, San Petersburgo, 15 - 17 de Mayo de 2000, p. 319-320.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes instituciones, por su apoyo y financiación que han hecho posible la realización del presente trabajo de investigación:

- Generalitat de Catalunya, Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació.
- Consorci Escola Industrial de Barcelona (CEIB).
- Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB).
- Departament de Matemàtica Aplicada III, de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Figura 1. Ubicación de los puntos de la base de datos (origen en la Central de Chernóbil).

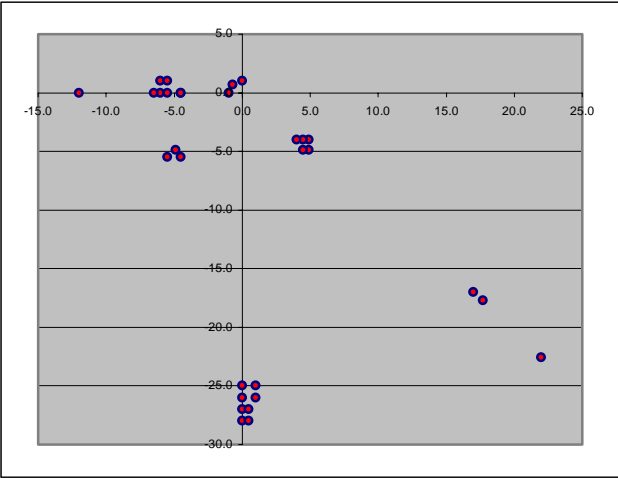


Figura 2(a). Histograma de las variables originales.

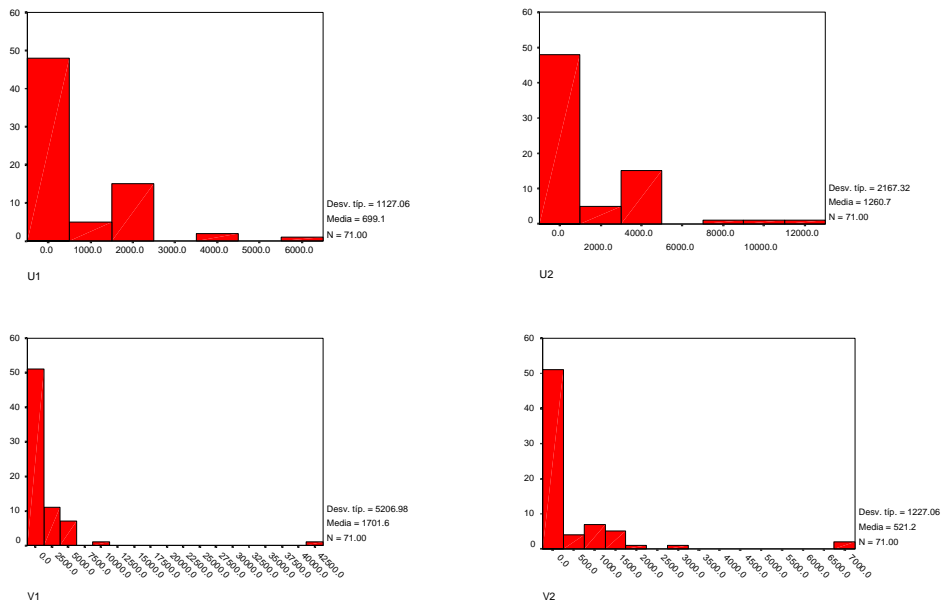


Figura 2(b). Histograma de las variables transformadas.

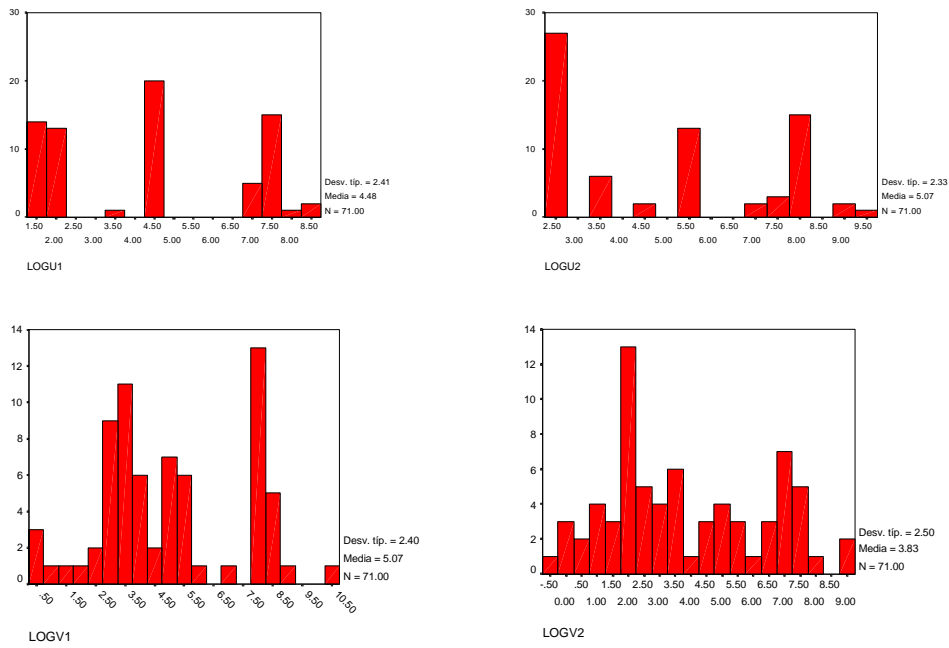


Figura 3(a). Diagrama de caja de los datos originales.

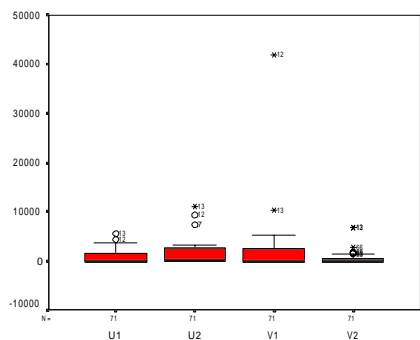


Figura 3(b). Diagrama de caja de los datos transformados.

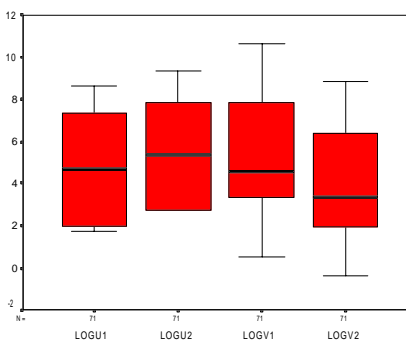
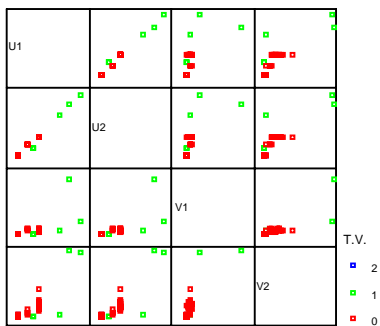


Figura 4. Diagrama de dispersión matricial de los datos originales (a) y transformados (b).

(a)



(b)

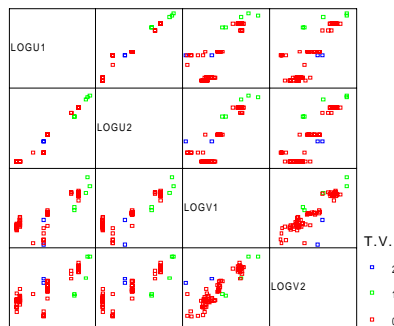


Figura 5. Diagrama de dispersión de las variables W_1 y W_2 .

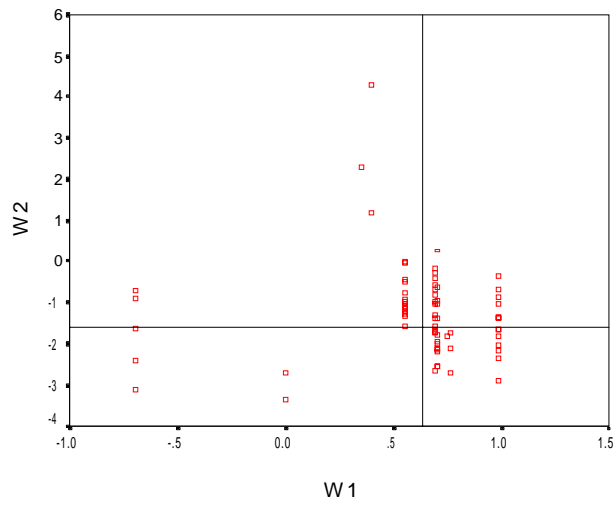


Tabla 1. Descripción del entorno de las zonas de toma de datos.

(VCA = vertedero con aislamiento, VSA = vertedero sin aislamiento, NV = No vertedero).

Punto	Lugar	Año muestreo	Tipo de zona de muestreo
1	Chernóbil. c/Lenin; ribera derecha del río Pripiyat.	1998, 1999	NV
2	Aldea Kupovátoie. 32 km al sudeste de la Central	1999	NV
3	"Stroibáza". 1 km al oeste de la Central	1999	VSA
4	"Stroibaza". 1 km al norte de la Central.	1999	VSA
5	"Stroibáza". 1 km al noroeste de la Central.	1999	VSA
6a	"Buriakóvka". 12 km al oeste de la Central, altura del relieve.	1999	VCA
6b	"Buriakóvka". 12 km al oeste de la Central, valle del relieve.	1999	VCA
7	"Bosque Rojo"; 4.5 km al oeste de la Central. Frontera del terreno recuperado e irrecuperado.	1999	VSA
8	"Bosque Rojo"; 4.5 km al oeste de la Central. Terreno irrecuperado.	1998	VSA
9	"Bosque Rojo". 7 km al sudoeste de la Central. Terreno irrecuperado.	1998	NV
10	Cercano a la aldea Kopáchi. 7 km al sudeste de la Central. Frontera del bosque de coníferas.	1996 a 2000	NV
11	Bosque mezclado (caducifolio - coníferas). 28 km al sur de la Central.	1997 a 2000	NV
12	Bosque pantanoso de aliso (<i>Alnus glutinosa</i> L.). 26 km al sur de Central.	1997 a 2000	NV
13	Bosque mezclado. 6 km al oeste de la Central.	1996 a 2000	NV

Tabla 2. Valores medios de las variables según el tipo de zona de muestreo

(VCA = vertedero con aislamiento, VSA = vertedero sin aislamiento, NV = No vertedero).

	U_1	U_2	V_1	V_2
NV	520.2	921.7	998.7	354.6
VCA	74.0	110.0	35.9	176.5
VSA	3240.0	6060.0	11366.0	2791.0

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de las variables.

(a) Variables originales.

	U_1	U_2	V_1	V_2
Mínimo	6.0	15.0	1.7	0.7
Máximo	5500.0	11000.0	42000.0	6850.0
Primer cuartil	7.4	15.0	27.2	7.0
Mediana	110.0	220.0	99.7	27.8
Tercer cuartil	1900.0	3300.0	2565.0	676.9
Semirango intercuartílico	946.3	1642.5	1268.9	334.9

(a) Variables transformadas.

	$\log(U_1)$	$\log(U_2)$	$\log(V_1)$	$\log(V_2)$
Mínimo	1.7	2.7	0.5	-0.4
Máximo	8.6	9.3	10.7	8.8
Primer cuartil	2.0	2.7	3.3	1.9
Mediana	4.7	5.4	4.6	3.3
Tercer cuartil	7.5	8.1	7.8	6.5
Semirango intercuartílico	2.8	2.7	2.3	2.3

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las variables originales (a) y transformadas (b).

(a)

	U_1	U_2	V_1	V_2
U_1	1.000	0.992	0.671	0.849
U_2		1.000	0.715	0.876
V_1			1.000	0.821
V_2				1.000

(b)

	$\log(U_1)$	$\log(U_2)$	$\log(V_1)$	$\log(V_2)$
$\log(U_1)$	1.000	0.986	0.828	0.828
$\log(U_2)$		1.000	0.889	0.888
$\log(V_1)$			1.000	0.891
$\log(V_2)$				1.000

Tabla 5. Coeficientes del modelo de regresión lineal entre las variables transformadas.

	$\log(U_1)$	$\log(U_2)$
Constante	0.629	1.081
$\log(V_1)$	0.438	0.458
$\log(V_2)$	0.425	0.437

Tabla 6. Coeficientes del modelo de regresión lineal simple de las variables $\log(U_1)$ y $\log(U_2)$ en función de $\log(Z) = \log(V_1V_2)$.

	$\log(U_1)$	$\log(U_2)$
Constante	0.639	1.096
Límite inferior de la constante	0.636	0.615
Límite superior de la constante	1.281	1.577
Coefficiente	0.431	0.477
Límite inferior del coeficiente	0.368	0.399
Límite superior del coeficiente	0.495	0.495

Tabla 7. Coeficientes del modelo de regresión lineal simple entre las variables $\log(V_1)$ y $\log(V_2)$.

Constante	- 1.561
Límite inferior de la constante	- 2.064
Límite superior de la constante	- 1.058
Coefficiente	1.035
Límite inferior del coeficiente	0.947
Límite superior del coeficiente	1.124