

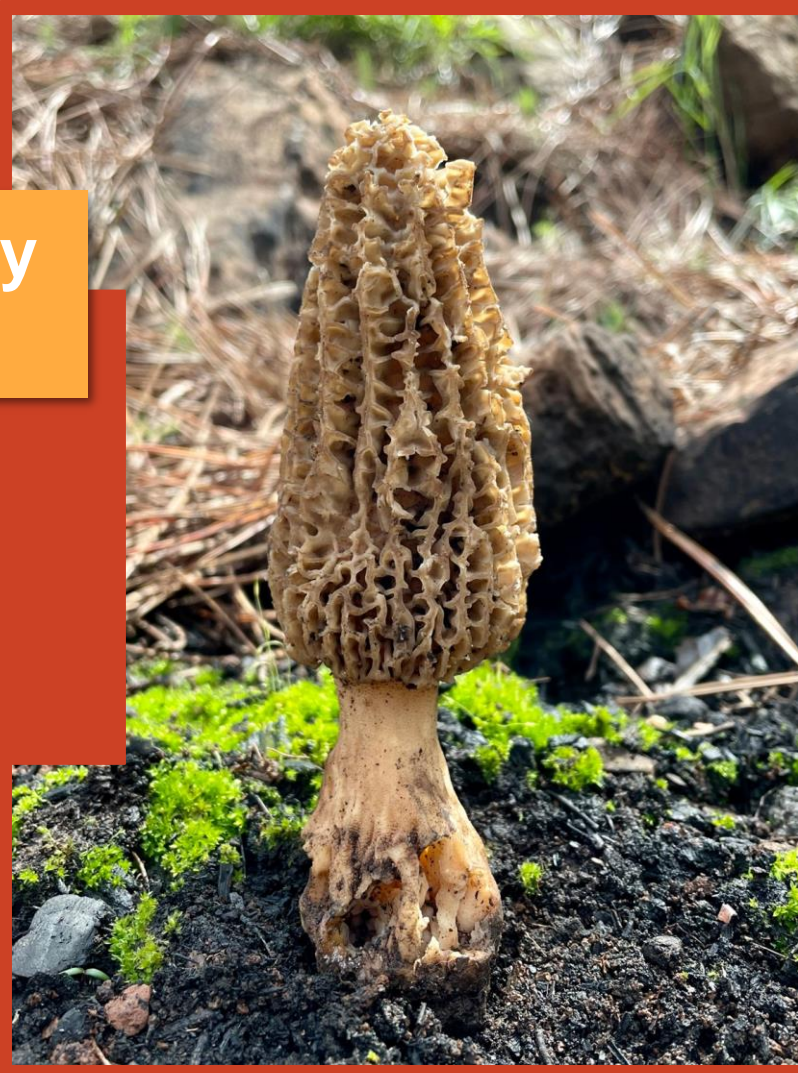
# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



**Dra. Estrella Espada Bellido**

Coautores: Ortega-Caneda, E., R. López, A.,  
Monticelli, D., F. Barbero, G., López-Castillo, J.G.

## II CONGRESO ANDALUZ DE MICOLOGÍA

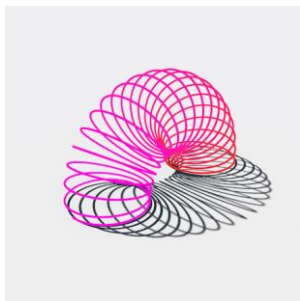




## RESILIENCIA

Del ingl. resilience, y este der. del lat. resiliens, -entis, part. pres. act. de resiliĕre 'saltar hacia atrás, rebotar', 'replegarse'.

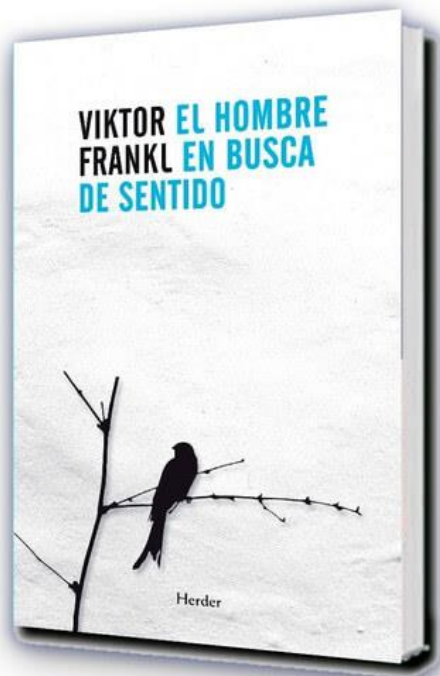
1. f. Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos.
2. f. Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido.



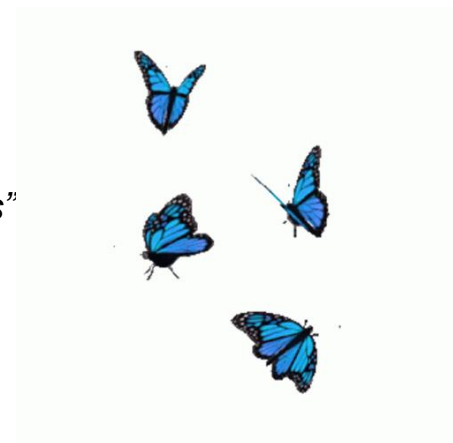
REAL  
ACADEMIA  
ESPAÑOLA



## RESILIENCIA



*“Cuando ya no podemos cambiar una situación,  
tenemos el desafío de cambiarnos a nosotros mismos”*  
Viktor Frankl



La **resiliencia de las *Morchellas*** y su peculiar contenido metálico

**EL PAÍS**

**España**

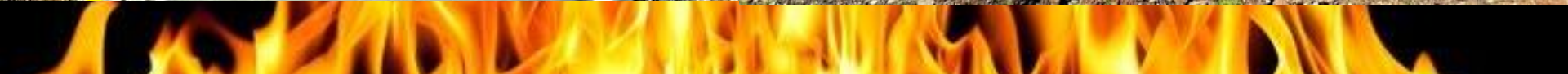
INCENDIO DE SIERRA BERMEJA >

# **El incendio de Sierra Bermeja se da por extinguido 46 días después y tras arrasar casi 10.000 hectáreas**

8 de Septiembre de 2021



# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico







II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



**FRUCTIFICACIÓN EXPLOSIVA DE ESPECIES  
PIRÓFILAS DE MORCHELLAS**  
*Primavera 2022*





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA



Medicina tradicional China



## MORCHELLAS

“Colmenillas”



“Hongo extraño comestible máspreciado del mundo”



Elevado valor gastronómico y comercial, solo superado por las trufas

# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico

II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

Precio muy elevado

Muy difícil su obtención

## MORCHELLAS

“Colmenillas”



El Corte Inglés

CARNE

Colmenillas deshidratadas frasco 15 g

★★★★★ (0) [Escribe una opinión](#)

10,95 € (730 € / Kg)

Mercado La Boquería,  
Barcelona

500€ - 800 € / Kg







# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico

II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

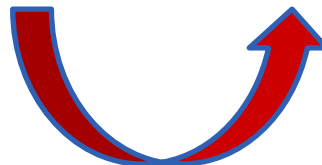


\*RD 30/2009



## DESECACIÓN

**Normalizada y uniforme,  
realizada por la industria  
alimentaria**



*Morchellas y Helvellas*



# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico

II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

**TOXICIDAD  
INTRÍNSECA**

**MORCHELLAS**

**TOXICIDAD  
EXTRÍNSECA**

**Toxinas  
hemolíticas y neurológicas**  
(Hemolisina y neurotoxina)



EL COMIDISTA

SETAS >

**Colmenillas: Una exquisitez acusada de homicidio**



**Especies pirófilas**

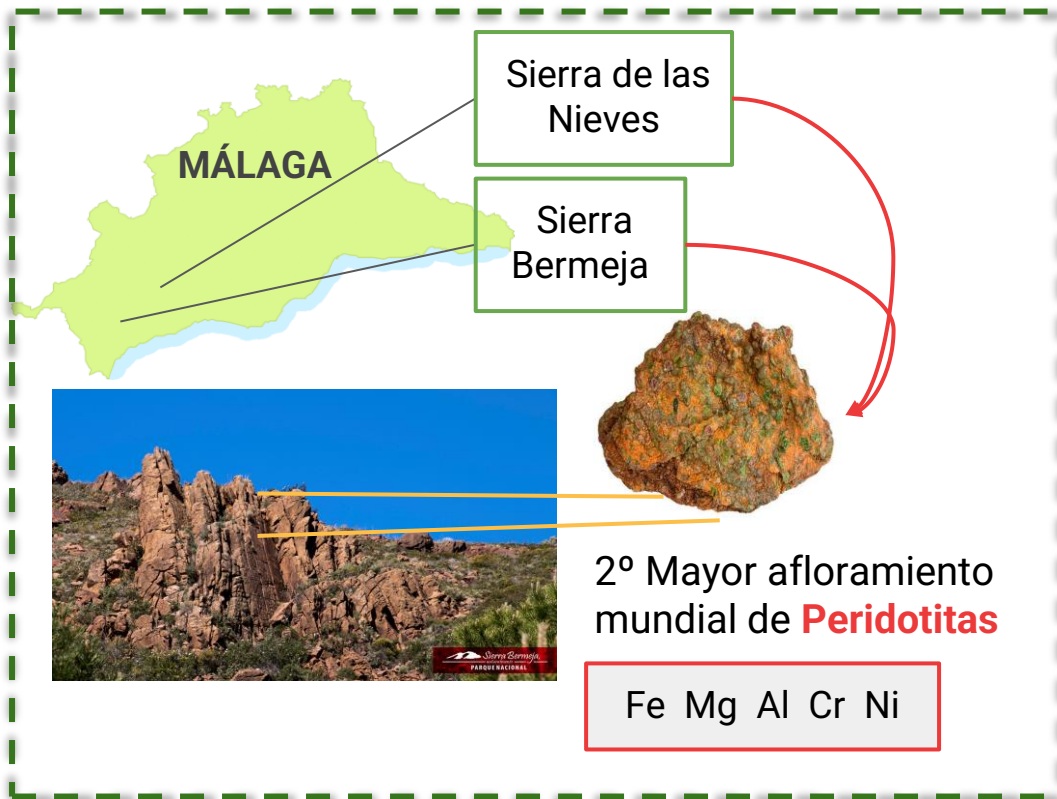
Sólo germinan tras un incendio

*Morchella sextelata*  
*Morchella eximia*  
*Morchella tomentosa*





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar **contenido metálico**



El fuego altera las propiedades del suelo, afectando a la movilidad y disponibilidad de los metales.

Fe Zn Al

Tª de volatilización  
muy altas

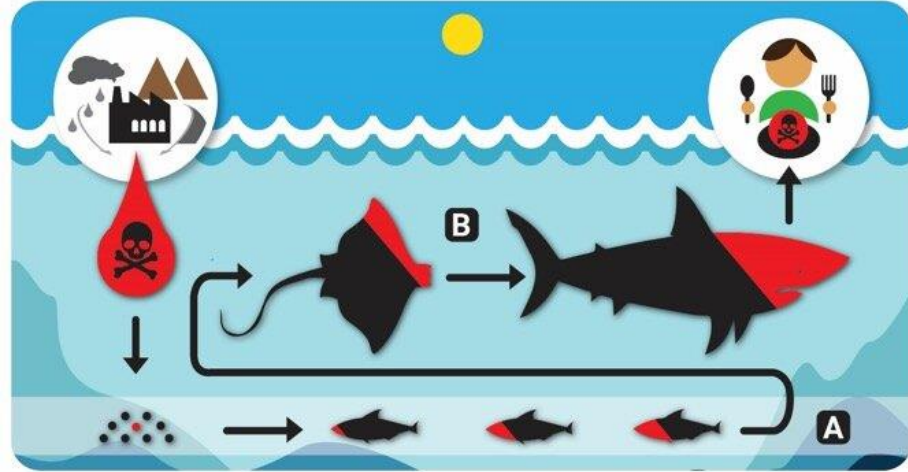
↑ **Concentración**

Cr (III) → Cr (VI)

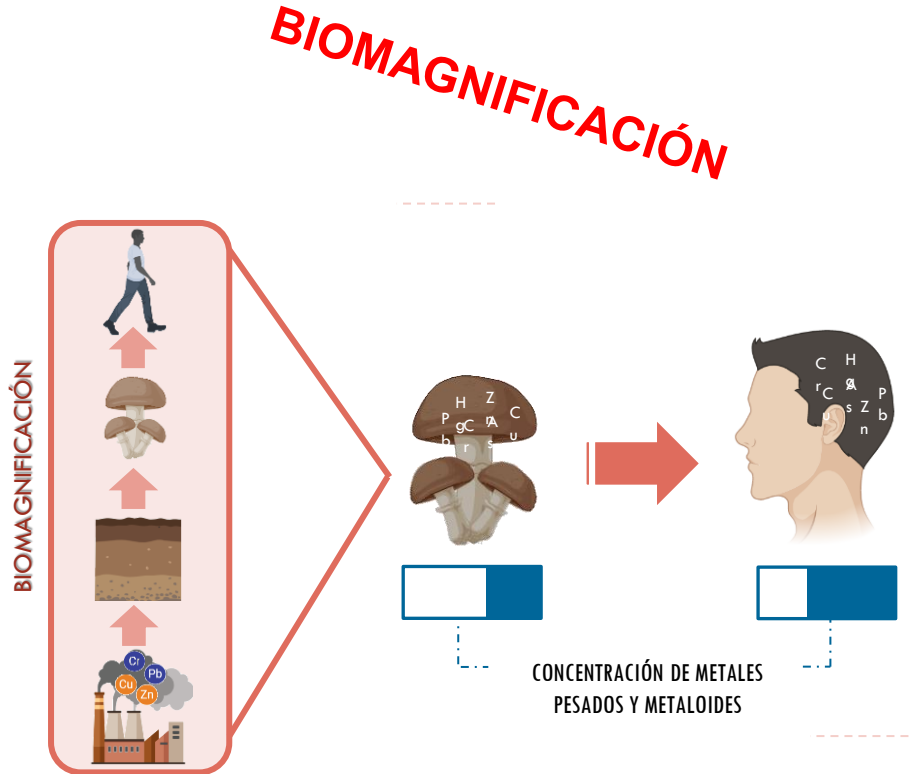




# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



**BIOACUMULACIÓN**







# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico

II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

Ca

Mg

Fe

K

Metales  
esenciales



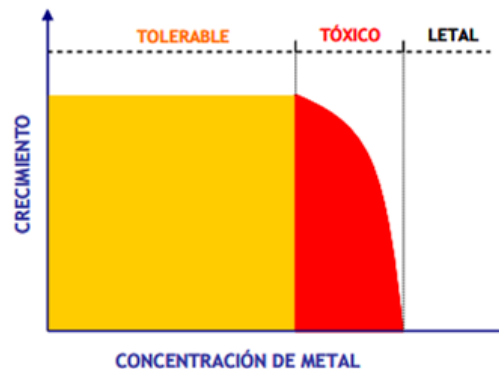
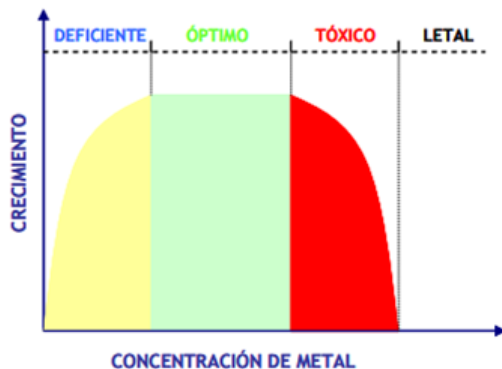
Metales no  
esenciales

Ni

Cr

Al

Hg





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico

II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

Food and Chemical Toxicology 47 (2009) 2381–2388

Contents lists available at ScienceDirect

Food and Chemical Toxicology

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



Antioxidant activities, metal contents, total phenolics and flavonoids of seven *Morchella* species

Nevcihan Gursoy<sup>a,\*</sup>, Cengiz Sarikurkcu<sup>b</sup>, Mustafa Cengiz<sup>c</sup>, M. Halil Solak<sup>d</sup>

*Pak. J. Bot.*, 47(S1): 133-138, 2015.

ESSENTIAL AND NONESSENTIAL METAL CONCENTRATIONS IN MOREL MUSHROOM (*MORCHELLA ESCULENTA*) IN DIR-KOHISTAN, PAKISTAN

JUMA MOHAMMAD<sup>1,2\*</sup>, SARDAR KHAN<sup>1\*</sup>, MUHAMMAD TAHIR SHAH<sup>3</sup>, ISLAM-UD-DIN<sup>4</sup> AND ADNAN AHMED<sup>5</sup>

*Anatolian Journal of Botany*  
1 (2): 32-36 (2017)

Mineral Contents of Two Wild Morels

Hacer Sibel KARAPINAR<sup>1\*</sup>, Yasin UZUN<sup>2</sup>, Fevzi KILIÇEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey University, Science Faculty, Department of Chemistry, Karaman, Turkey

<sup>2</sup>Karamanoğlu Mehmetbey University, Science Faculty, Department of Biology, Karaman, Turkey

\*sibelkarapinar@kmu.edu.tr

İki Yabani Kuzu Göbeğinin Mineral İçerikleri



Scopus®





II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA

# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



AI





## Determinar el contenido en Fe, Mg, Ca, K, Al, Cu, Zn, Cr y Ni en setas del género *Morchella* y los suelos de fructificación

- Toma de muestras y tratamiento previo.
- Digestión ácida asistida por microondas mediante método previamente optimizado.
- Determinación de los metales mediante FAAS, ICP-OES e ICP-MS.

## Evaluar los posibles efectos del incendio sobre el contenido metálico de las setas

- Analizar las diferencias en el contenido metálico entre las muestras según su localización geográfica

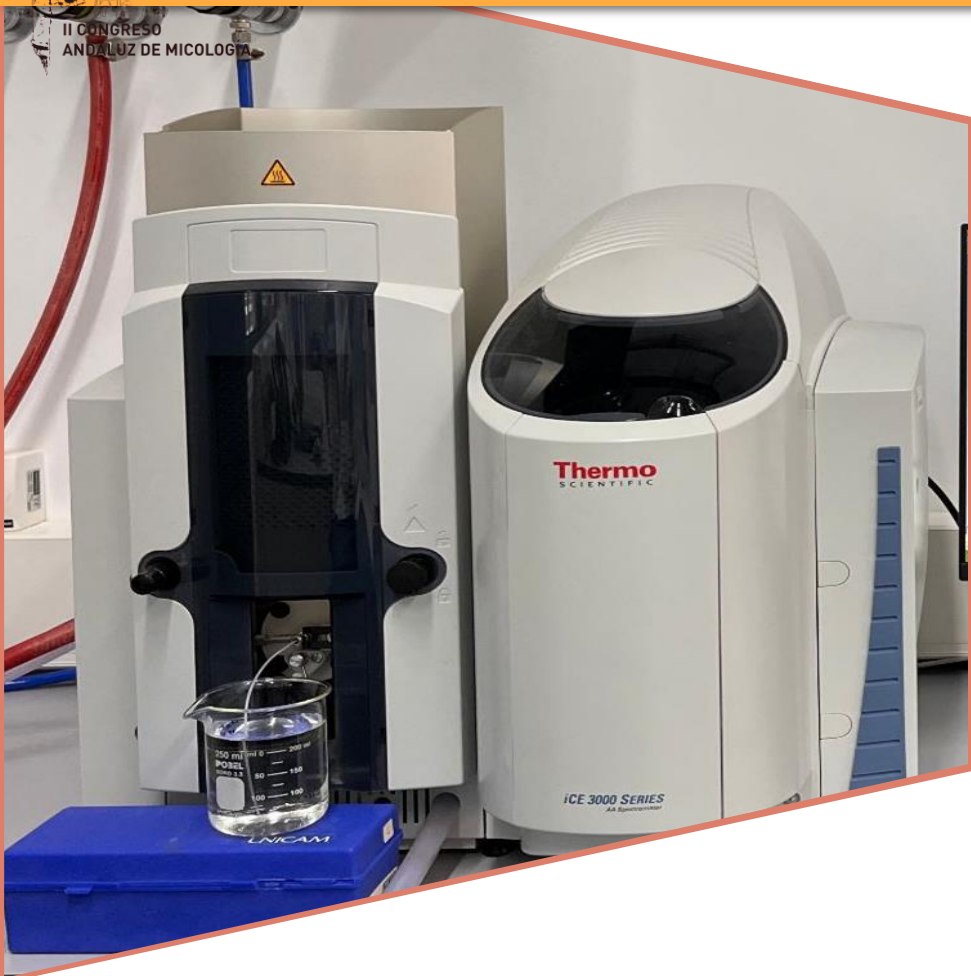
## Evaluación de los efectos en la salud derivados por el consumo de *Morchellas*

- Cálculo de las ingestas diarias estimadas (EDIM).
- Cálculo del índice de riesgo para la salud (HRI).

# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA



## ¿Procedimiento experimental?







Recolectadas la  
Primavera de 2022

12  
Muestras

5 de Sierra Bermeja  
(Incendio 2021)



*M. eximia*

5 de la Provincia de  
Granada

*M. elata*

2 de Sierra de las Nieves

*M. castaneae*



*M. eximia*  
M1 - M5  
S1 - S5



*M. elata*  
M6 - M10  
S6 - S10



*M. castaneae*  
M11 - M12  
S11 - S12

# TRATAMIENTO PREVIO



1 CONGELADOR 1 HORA  
A -80 °C

2 LIOFILIZADOR DURANTE  
48 HORAS

3 PULVERIZADAS CON  
MORTERO DE ÁGATA



SETAS



1 ESTUFA A 50 °C  
DURANTE 48 HORAS

HOMOGENEIZADAS  
CON MORTERO  
DE ÁGATA

2

TAMIZADAS HASTA  
OBTENER UN  
TAMAÑO  $\leq 63 \mu\text{m}$

3



SUELOS



# DIGESTIÓN ÁCIDA DE LAS MUESTRAS

## OPTIMIZACIÓN DE LA DIGESTIÓN DE *MORCHELLAS*

1



Volumen de  
 $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$

9:1 7:1  
5:1 5:3  
mL  $\text{HNO}_3$ : $\text{H}_2\text{O}_2$

2



Tiempo de  
digestión

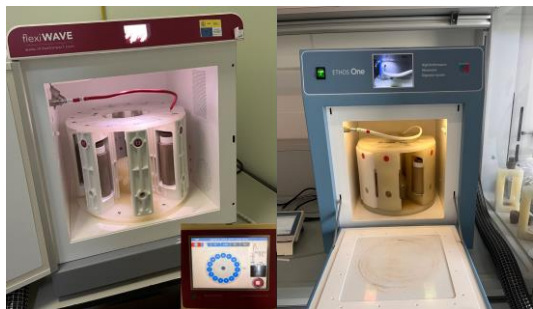
5 10 15  
min

3



Volumen de  
HCl

0 0,5 1  
mL de HCL



## Parámetros óptimos para la digestión de *Morchellas*



g de muestra	mL de $\text{HNO}_3$	mL de $\text{H}_2\text{O}_2$	Tiempo y $T^a$
0,25	5	1	5 min 200 °C

## Parámetros óptimos para la digestión de los suelos



g de muestra	mL de $\text{HNO}_3$	mL de HCl	Tiempo y $T^a$
0,04	1,5	0,5	20 min 190 °C

\* Método optimizado por B.Marin et al.



# ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

## MORCHELLAS



FAAS  
(Fe, Mg, Ca y K)

ICP-OES  
(Al, Cu, Zn, Cr y Ni)



Material de  
referencia  
certificado



Hojas de té  
INCT-TL-1

## SUELOS



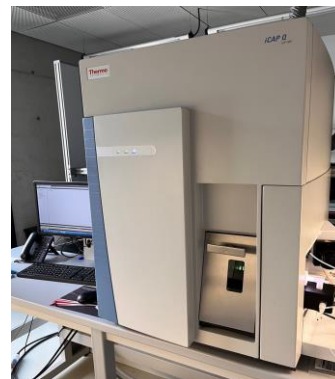
8 Blancos → LD LC

$n = 2$

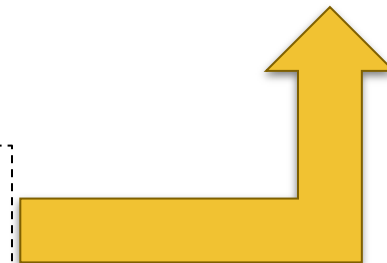
ICP-MS  
(Fe, Mg, Ca, K, Al,  
Cu, Zn, Cr y Ni)

Porcentajes de  
recuperación:  
80-120%

Validación de las  
técnicas analíticas

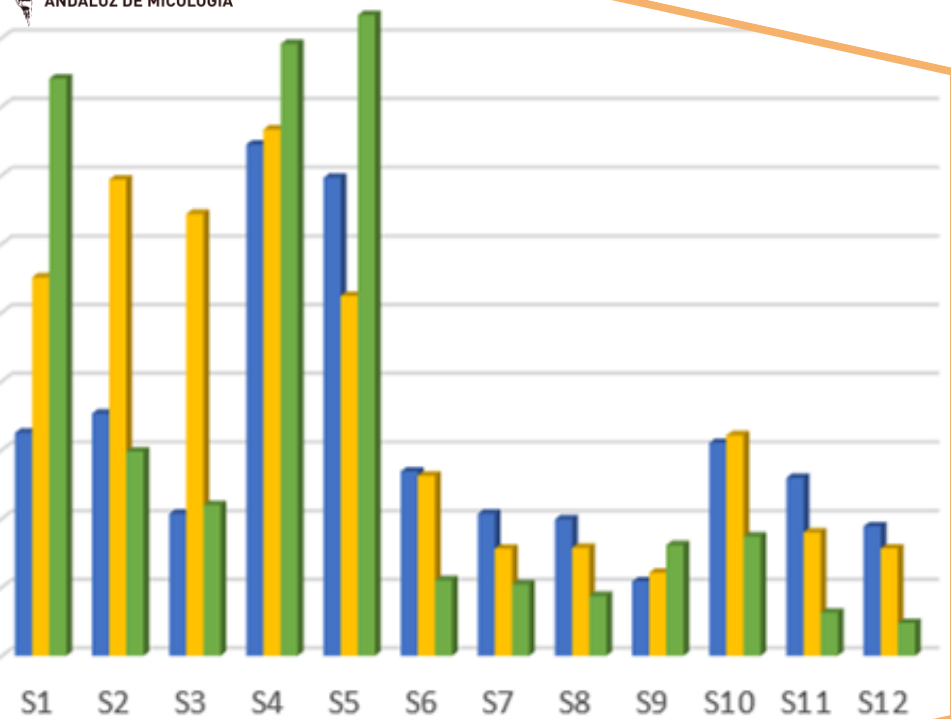


Suelo  
contaminado  
SS-2





# La resiliencia de las *Morchellas* y su peculiar contenido metálico



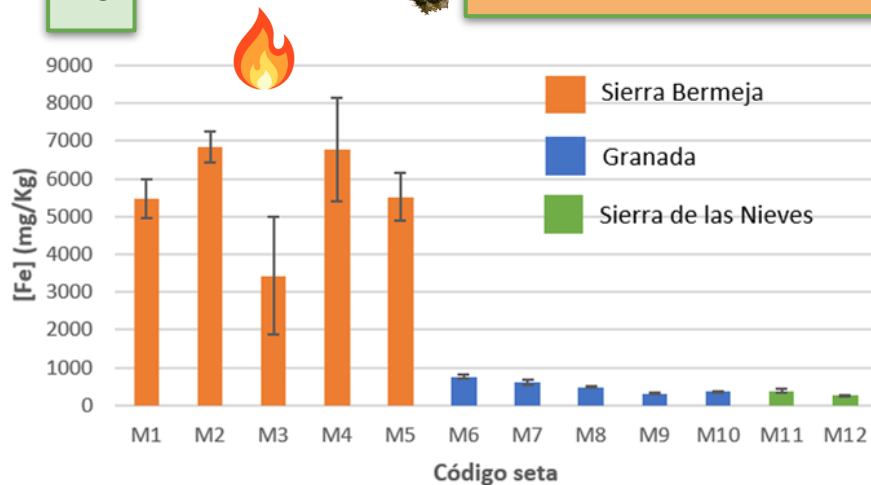
¿RESULTADOS?



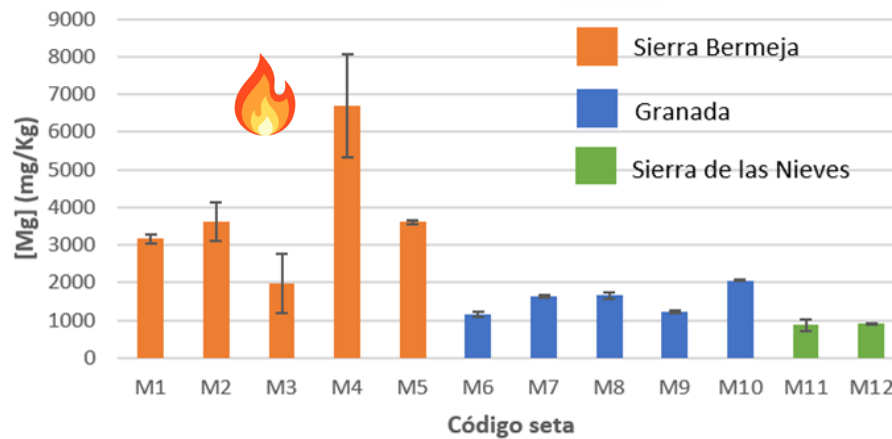


## METALES ESENCIALES EN MORCHELLAS

Fe



Mg



Morchellas del incendio

3429,86 - 6827,95 mg·Kg<sup>-1</sup>

Otras Morchellas

277,41 - 756,82 mg·Kg<sup>-1</sup>



Morchellas del incendio

1980,84 - 6700,89 mg·Kg<sup>-1</sup>

Otras Morchellas

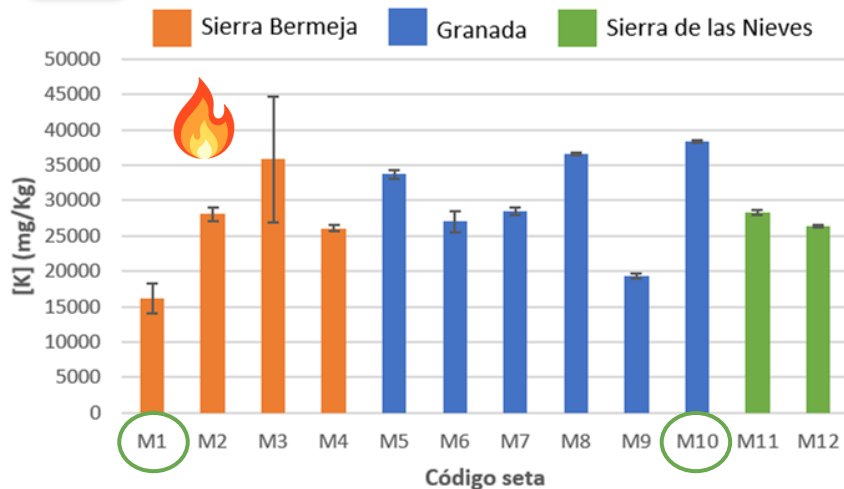
874,18 - 2062,52 mg·Kg<sup>-1</sup>





## METALES ESENCIALES EN *MORCHELLAS*

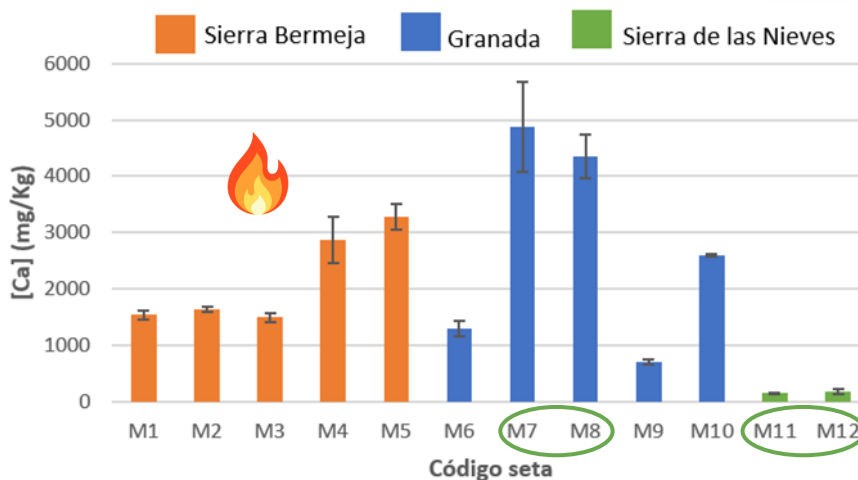
K



Todas las *Morchellas*

16150,37 - 38260,61 mg·Kg<sup>-1</sup>

Ca



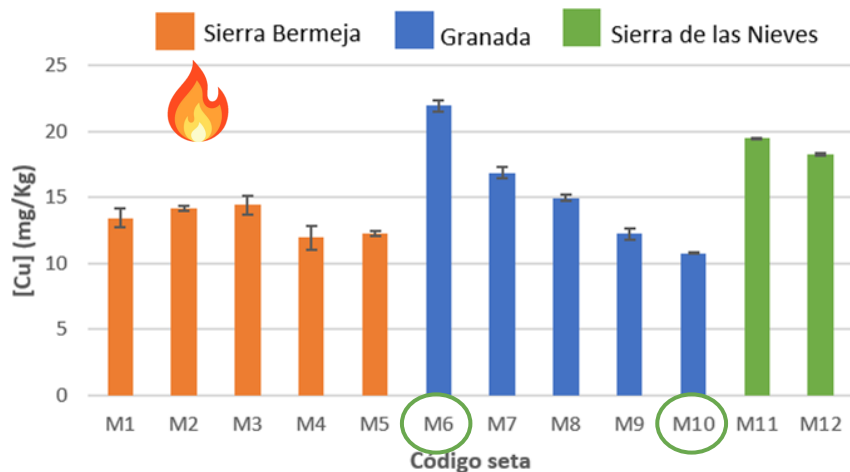
Todas las *Morchellas*

153,41 - 4879,97 mg·Kg<sup>-1</sup>



## METALES ESENCIALES EN *MORCHELLAS*

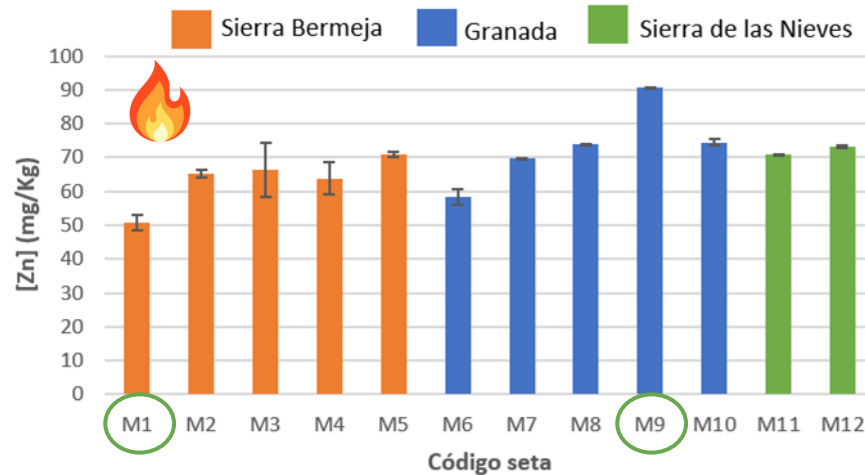
Cu



Todas las *Morchellas*

10,77 - 21,93 mg·Kg<sup>-1</sup>

Zn



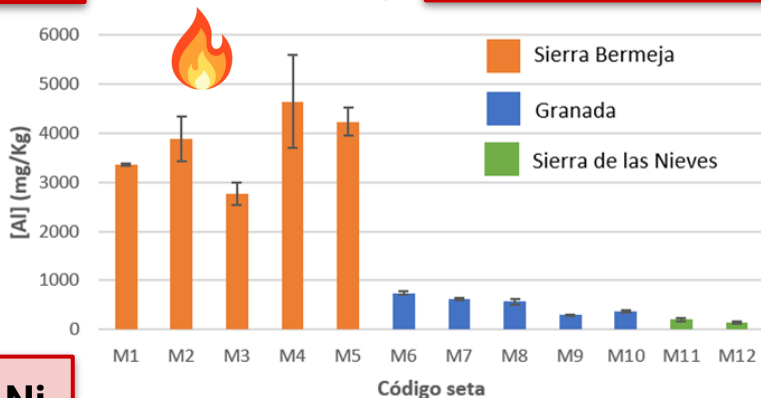
Todas las *Morchellas*

50,78 - 90,74 mg·Kg<sup>-1</sup>

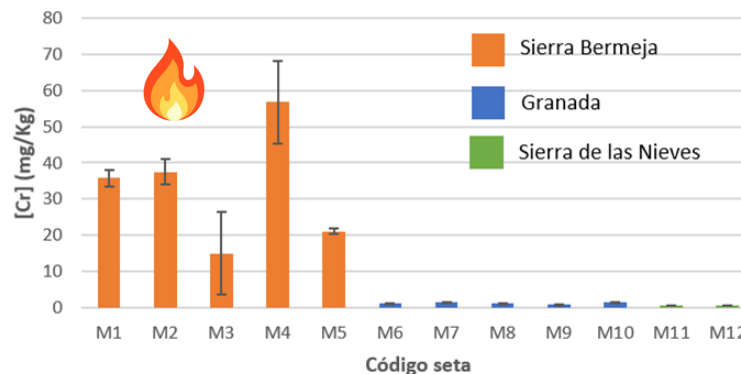


## METALES NO ESENCIALES EN MORCHELLAS

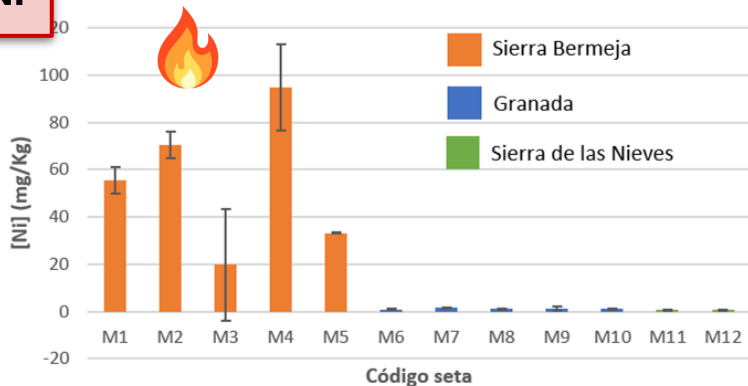
**Al**



**Cr**



**Ni**



**Morchellas del incendio**

2759,59 - 4640,89 mg·Kg<sup>-1</sup>

14,92 - 56,82 mg·Kg<sup>-1</sup>

19,76 - 94,73 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Otras Morchellas**

132,92 - 742,10 mg·Kg<sup>-1</sup>

0,64 - 1,47 mg·Kg<sup>-1</sup>

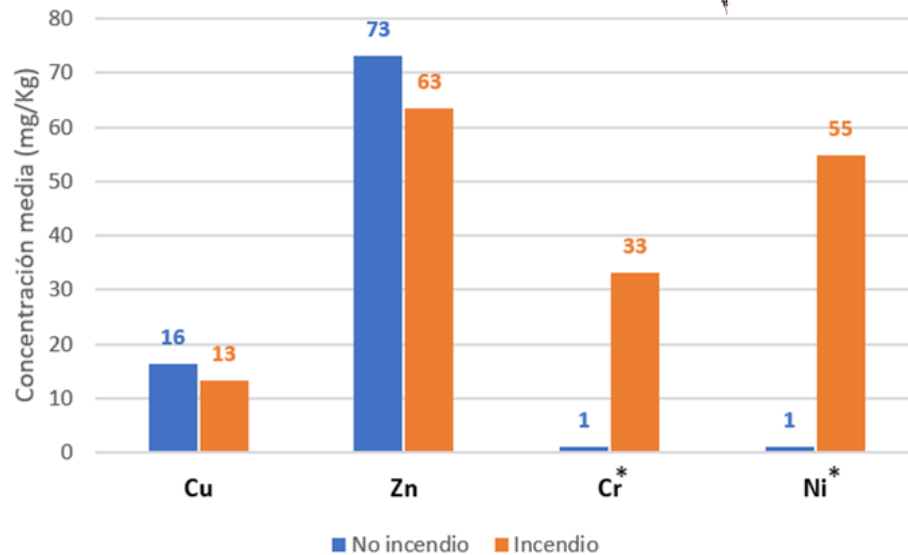
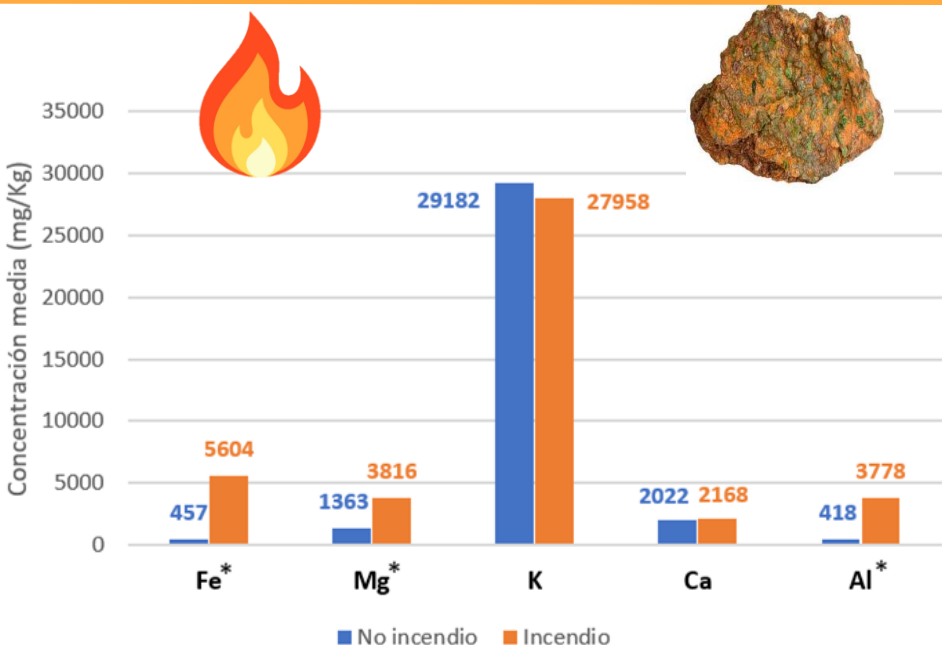
0,55 - 1,52 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Al**

**Cr**

**Ni**





Sierra Bermeja

Metales en los que hay **diferencias significativas** entre Morchellas del incendio y de otras localizaciones

Sierra de las Nieves  
Provincia de Granada

Fe

Mg

Al

Cr

Ni

## METALES EN LOS SUELOS



Suelos del incendio

Otras localizaciones

52423,12 - 76641,21 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Fe**

12093,77 - 32103,15 mg·Kg<sup>-1</sup>

21943,28 - 93282,42 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Mg**

4775,38 - 17385,29 mg·Kg<sup>-1</sup>

273,56 - 1105,7 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Cr**

17,32 - 42,00 mg·Kg<sup>-1</sup>

1348,82 - 1835,32 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Ni**

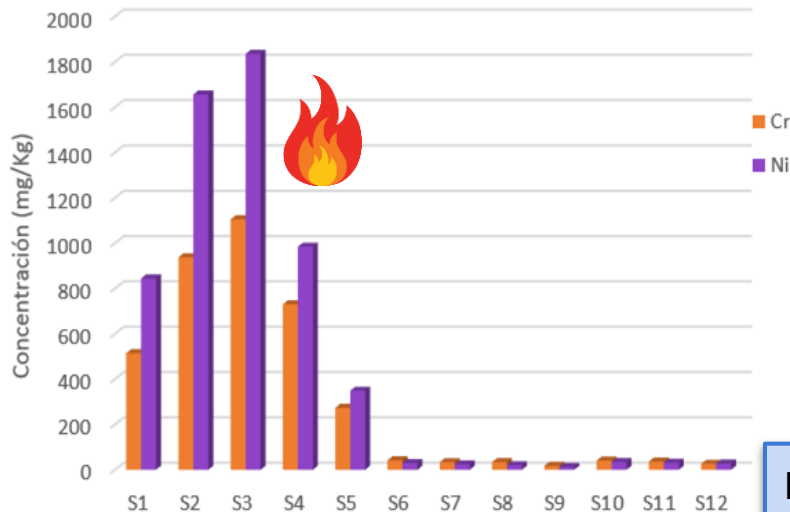
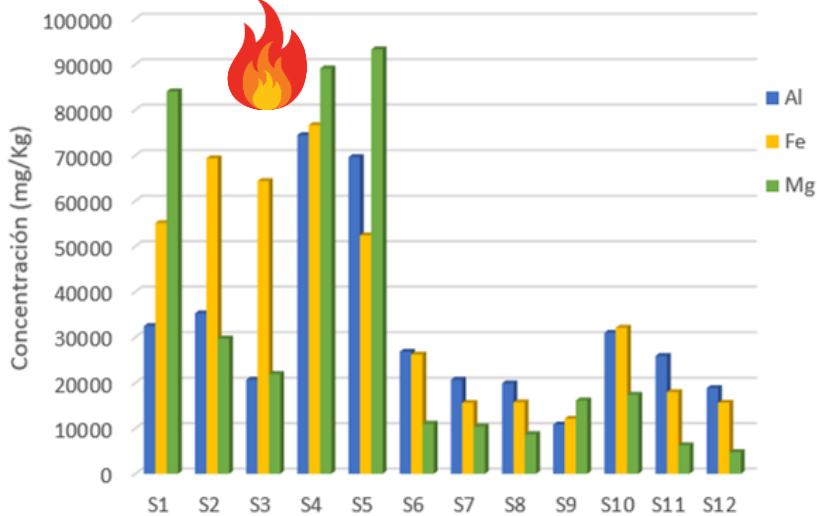
12,31 - 34,09 mg·Kg<sup>-1</sup>

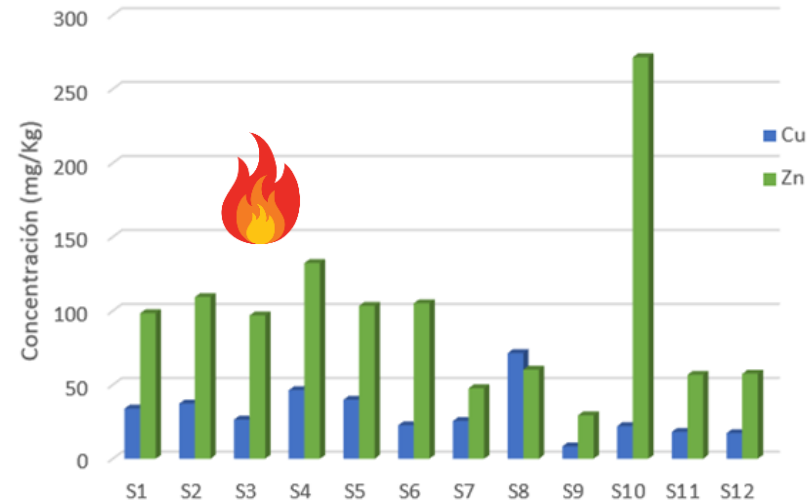
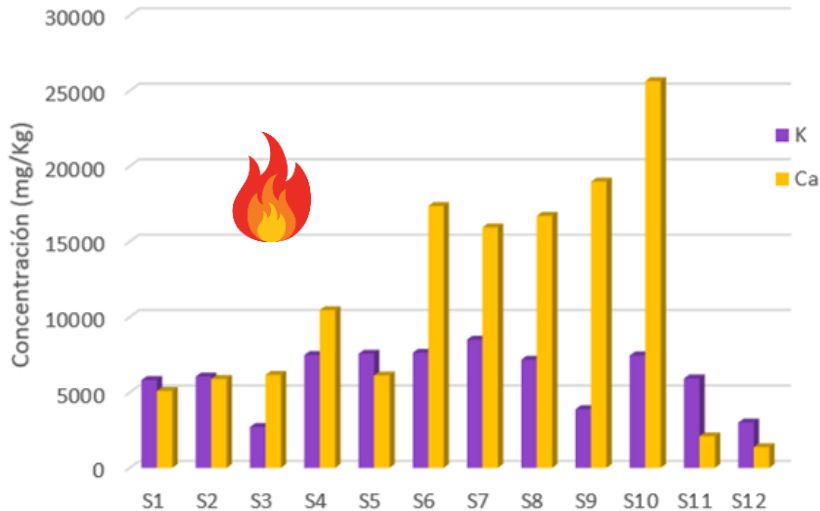
69611,53 - 74441 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Al**

10848,97 - 31008,68 mg·Kg<sup>-1</sup>

Estos resultados además de coincidir con lo observado en las setas, también coinciden con lo indicado en la





## METALES EN LOS SUELOS

Todas las *Morchellas*

2714,19 - 8494,84 mg·Kg<sup>-1</sup>

**K**

1371,26 - 25633,78 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Ca**

8,38 - 71,43 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Cu**

29,36 - 271,47 mg·Kg<sup>-1</sup>

**Zn**

Estos resultados coinciden con lo indicado en la bibliografía sobre los efectos del fuego en la composición del suelo, ya que varios estudios reportaron un aumento de la concentración de estos metales tras un incendio.





## pH DE LOS SUELOS



Sierra Bermeja  
S1-S5

7,31 - 8,27

Granada  
S6-S10

7,87 - 8,33

Sierra de las Nieves  
S11-S12

7,33 - 7,74

pH ALCALINO

MAYOR MOVILIDAD DEL Cr

MENOR MOVILIDAD DE METALES

Cr (III) → Cr (VI)

## INGESTA DIARIA ESTIMADA (EDIM)

$$EDIM = \frac{C_{metal} \times ID \text{ de setas}}{MC}$$

Ingesta diaria de setas (0,03 Kg)

Masa corporal de un adulto (70 Kg)



Cantidad máxima diaria aceptable  $R_fD$   
( $\mu\text{g}/\text{kg}$  masa corporal/día)

$$HRI = \frac{EDIM}{R_fD^o}$$

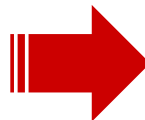


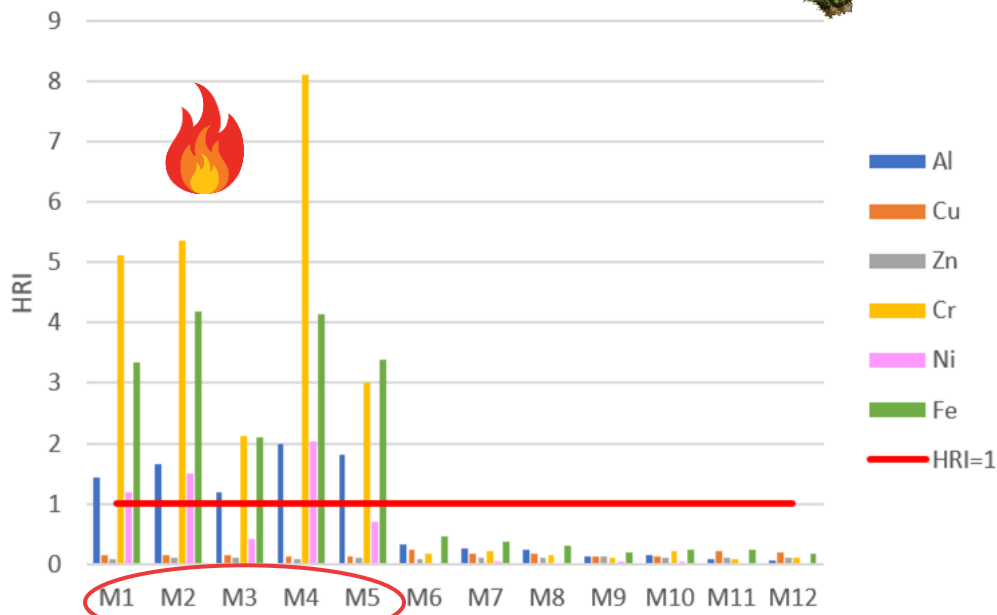
$R_fD^o$  : Niveles seguros de exposición oral

## ÍNDICE DE RIESGO PARA LA SALUD (HRI)

$HRI \leq 1$  Consumo seguro

$HRI > 1$  Riesgo para la salud





HRI > 1

Las Morchellas procedentes del incendio de Sierra Bermeja presentan índices muy superiores a 1 para el Fe, Al, Cr y Ni.

Fe

Al

Cr

Ni







## INGESTA DIARIA ESTIMADA (EDIM)



$$EDIM = C_{metal} \times ID \text{ de setas}$$

Mg

K

Ca

<b>CALCULADO</b>	27,20 - 201,03 mg·Kg <sup>-1</sup>	484,51 - 1147,82 mg·Kg <sup>-1</sup>	4,60 - 146,40 mg·Kg <sup>-1</sup>
<b>FESNAD</b>	350 mg·Kg <sup>-1</sup>	3100 mg·Kg <sup>-1</sup>	900 mg·Kg <sup>-1</sup>

\*FESNAD: Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética



**Cantidad diaria recomendada para un adulto**

**NO SUPONEN UN RIESGO PARA LA SALUD**

1

## Digestión

Método de digestión optimizado:

- ✓ Menor volumen de ácidos
- ✓ Menos tiempo de digestión
- ✓ Altos % de recuperación

2

## Morchellas



**Fe, Mg, Al, Cr y Ni**  
Diferencias significativas entre incendio y no incendio

**K, Ca, Cu y Zn**  
No hay diferencias significativas

3

## Suelos



**Fe, Mg, Al, Cr y Ni**  
Diferencias significativas entre incendio y no incendio

**K, Ca, Cu y Zn**  
No hay diferencias significativas



4

## Ingesta diaria estimada (EDIM) Índice de riesgo para la salud (HRI)

Fe, Al, Cr y Ni superan los niveles seguros

Las *Morchellas* recolectadas tras un incendio no se deberían comercializar ni consumir



PROHIBIDA  
LA VENTA





# Determinación del contenido metálico en setas del género *Morchella* recolectadas tras el incendio en Sierra Bermeja

Elena Ortega Camacho<sup>1</sup>, Alejandro R. López<sup>1</sup>, Estrella Espada Bellido<sup>1</sup>, Damiano Monticelli<sup>2</sup>, Gerardo E. Barbero<sup>1</sup>, José Gerardo López-Castillo<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz; Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO), CP 11510 Puerto Real, Cádiz, España.  
<sup>2</sup> Departamento de Ciencia y Alta Tecnología, Universidad degli Studi dell'Insubria, CP 22100, Como, Italia.  
<sup>3</sup> Unidad de Protección de la Salud, Distrito Sanitario Granada-Metropolitano, Consejería de Salud y Familias, Junta de Andalucía, CP 18150 Gájar, Granada, España.



## INTRODUCCIÓN. Setas del género *Morchella* e incendio de Sierra Bermeja

Setas silvestres comestibles de la división *Ascomycota* conocidas como colmenillas.

Poseen un elevado valor gastronómico y comercial, sólo superado por las trufas.



UN LUDO... PERO, ¿A QUÉ PRECIO?

Especies pirófitas: fructifican en habitats afectados por incendios (M. eximia).



**ESPECIES ESTUDIADAS**

- M. eximia (Sierra Bermeja, Málaga) Muestras de M1 a M5
- M. castanea (Sierra de las Nieves, Málaga) Muestras M13 y M12
- M. elata (localizaciones de Granada) Muestras de M6 a M10

**Toxicidad intrínseca**  
Derivada de las toxinas presentes en este género (toxicidad hemolítica y neurológica)

**Toxicidad extrínseca**  
Debido a la contaminación por compuestos químicos de las localizaciones en las que crecen



## MATERIALES Y MÉTODOS. Instrumentación

Digestión ácida asistida por microondas en recipiente cerrado

Se optimizó un método para la digestión de 12 muestras de *Morchella* y sus respectivos suelos de fructificación, minimizando los volúmenes de fructificación.



## INCENDIO DE SIERRA BERMEJA



El incendio provocó que la primavera posterior hubiera una **FRUCTIFICACIÓN EXPLOSIVA DE MORCHELLAS**



**EL PAÍS**  
El incendio de Sierra Bermeja se da por extinguido 46 días después y tras arrasarse casi 10.000 hectáreas  
8 de Septiembre de 2021



Sierra Bermeja es el 2º Mayor afloramiento mundial de **Peridotitas**.

El fuego altera las propiedades del suelo, cambiando la composición mineral del mismo. Por ejemplo, aumenta la concentración de metales con temperaturas de volatilización muy altas (Fe, Zn o Al).

mineral que contiene  
Fe Mg Al Cr Ni

## CONCENTRACIÓN METÁLICA. Fe, Al, Cr, Mg, Ni, K, Ca, Cu y Ni



En el caso de los suelos, se aprecian diferencias significativas en la concentración de Fe, Al, Cr, Mg y Ni

## AGRADECIMIENTOS

Alabamos agradecer a la Universidad de Cádiz y al Área Universitaria del Estrecho por la financiación recibida a través de los proyectos en el marco del programa de colaboración institucional (R16-100-2019/2021) y del convenio de colaboración con el departamento de Química Analítica de la Universidad de Cádiz (R16-100-2019/2021) y del convenio de colaboración con el departamento de Química Analítica de la Universidad de Cádiz (R16-100-2019/2021) y del convenio de colaboración con el departamento de Química Analítica de la Universidad de Cádiz (R16-100-2019/2021).

## CONCLUSIONES

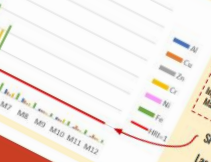
2

En el caso de los suelos se observa la misma tendencia, existen diferencias significativas entre los suelos recolectados en el incendio y los suelos de otras localizaciones respecto al Fe, Mg, Al, Cr y Ni. Por lo que se supone un riesgo para la salud y no se deberían comercializar ni consumir.

Fe	Al	Cr	Ni
----	----	----	----

### INGESTA DIARIA RECOMENDADA E ÍNDICE DE RIESGO

Elemento	Fe	Al	Cr	Ni	K	Ca	Mg	Ni	Zn
Muestra de setas	3438-6428	1981-6391	2162-4641	78-57	29-85				
Suelo muestra	217-707	874-2602	123-142	0,8-1,2	0,8-1,3	1050-3021	753-4893	11-22	31-91



Ingesta Diaria Recomendada (EDIM)

EDIM =  $\frac{C \times W}{100}$

Ingesta diaria de setas (EDS)  $\leq$  EDIM  
 Most cuerpos de un adulto (70 kg)

Índice de Riesgo para la Salud (HRI)

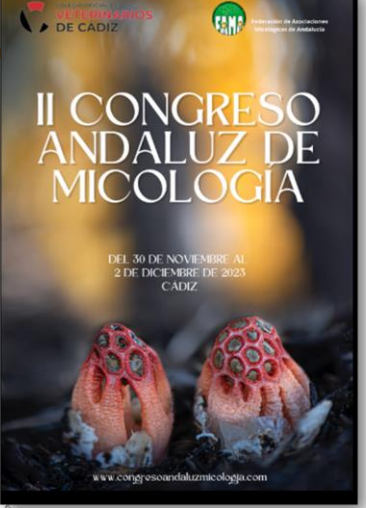
$HRI = \frac{EDIM}{RDI}$

$RDI =$  Nueva seguro de exposición oral

Si  $HRI > 1$  el consumo supone un riesgo para la salud

Las muestras procedentes del incendio (de M1 a M5) presentan  $HRI > 1$  para:

Fe	Al	Cr	Ni
----	----	----	----



# II CONGRESO ANDALUZ DE MICOLOGÍA

DEL 30 DE NOVIEMBRE AL 2 DE DICIEMBRE DE 2023  
CADIZ



www.congresoandaluzmicologia.com





Universidad  
de Cádiz  
Facultad de Ciencias

## Determinación del contenido metálico en setas del género *Morchella* recolectadas tras el incendio en Sierra Bermeja

**Autora:** Elena Ortega Caneda

### TUTORES ACADÉMICOS:

Dra. Dña. Estrella Espada Bellido

Dr. D. Damiano Monticelli



### Trabajo de Fin de Grado

Curso 2022-2023

Grado en Química

Grado en Biotecnología



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELL'INSUBRIA



II CONGRESO  
ANDALUZ DE MICOLOGÍA



# Erasmus+

Enriching lives, opening minds.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELL'INSUBRIA







A U E  
Aula Universitaria  
del Estrecho

