

Fundamentos y aplicaciones de absorción de rayos X EXAFS

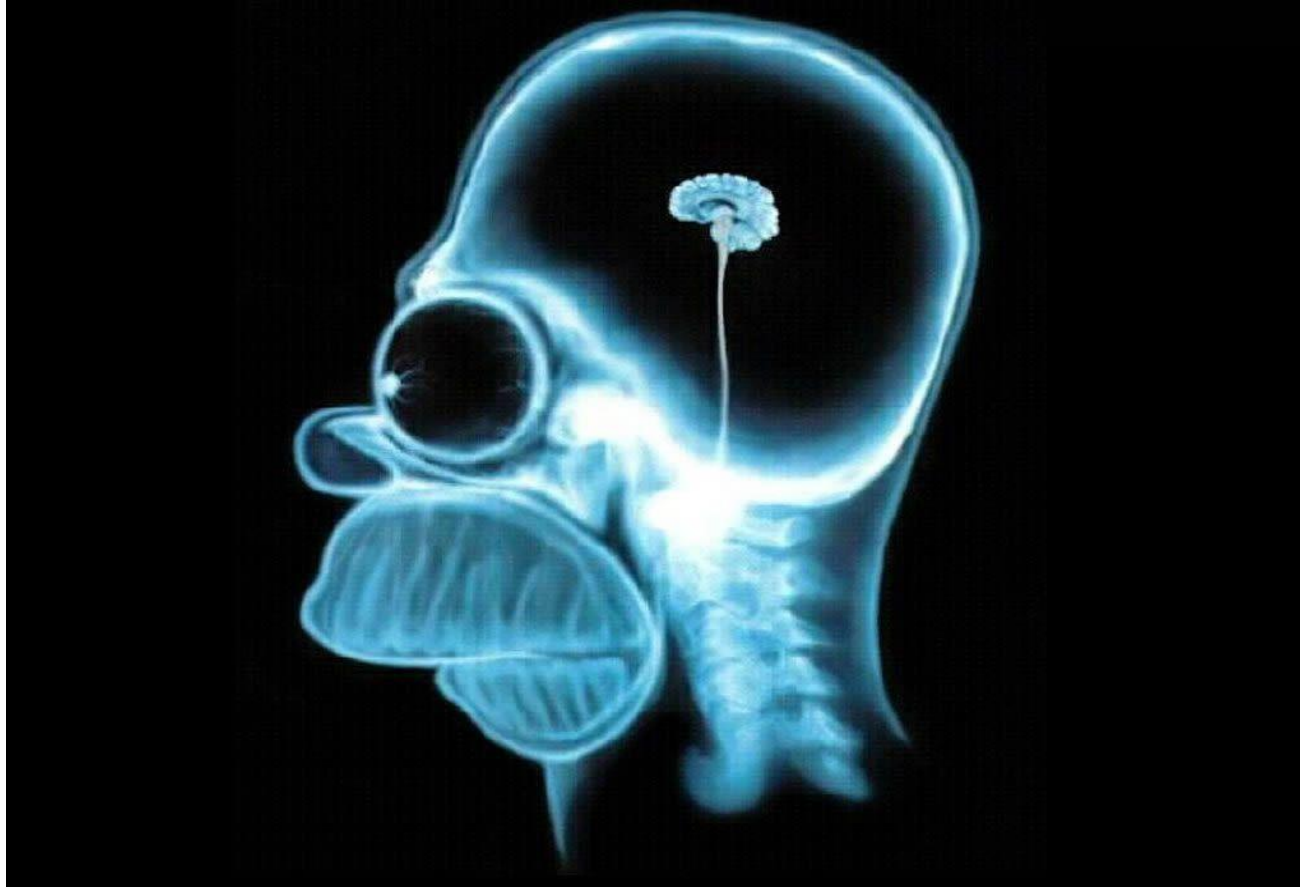
Martín Mizrahi – Lisandro Giovanetti

Contenidos

- Proceso de absorción.
- Coeficiente de atenuación lineal.
- Origen de las oscilaciones EXAFS.
- Modelo de las oscilaciones EXAFS.
- Parámetros de la ecuación EXAFS.
- Pre-tratamiento de datos.
- Medidas de espectros de absorción.
- Ventajas de la técnica.
- Ejemplos

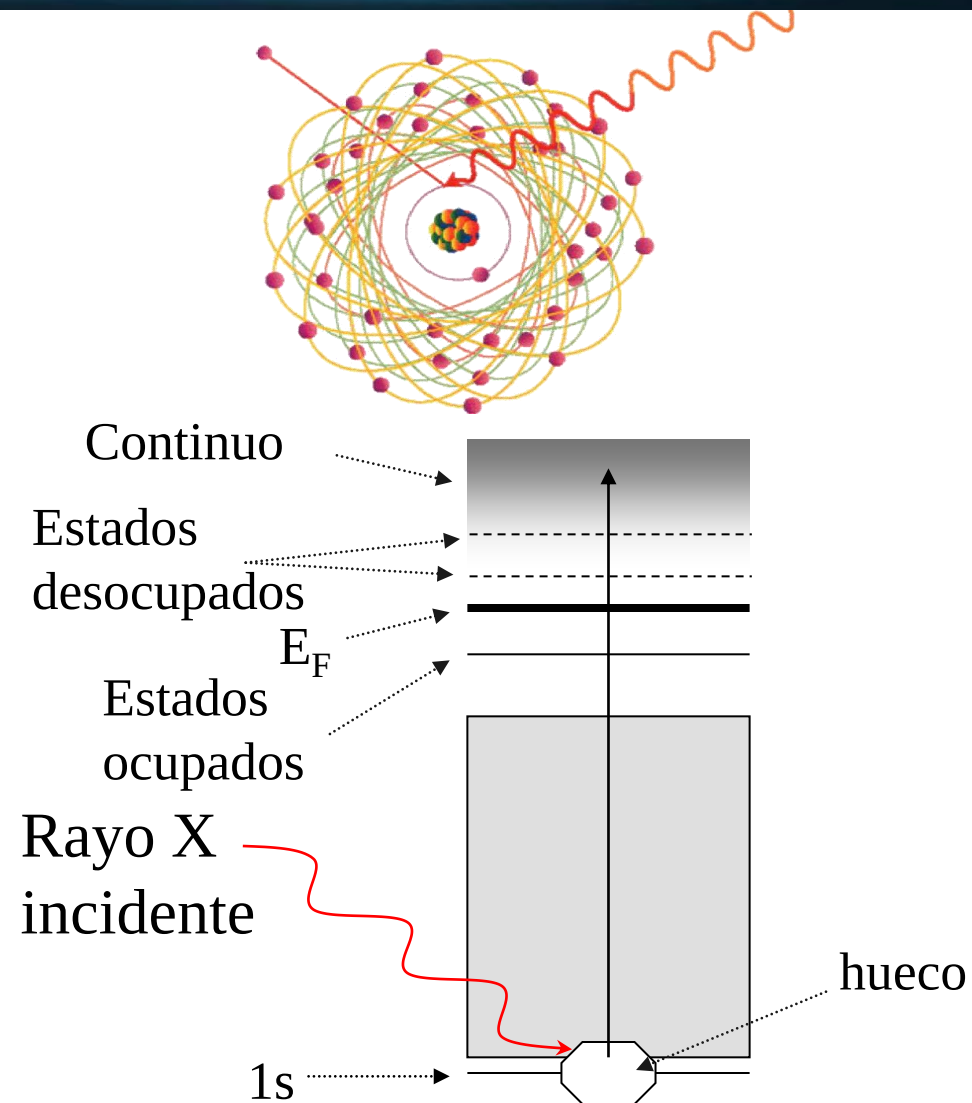


Proceso de absorción



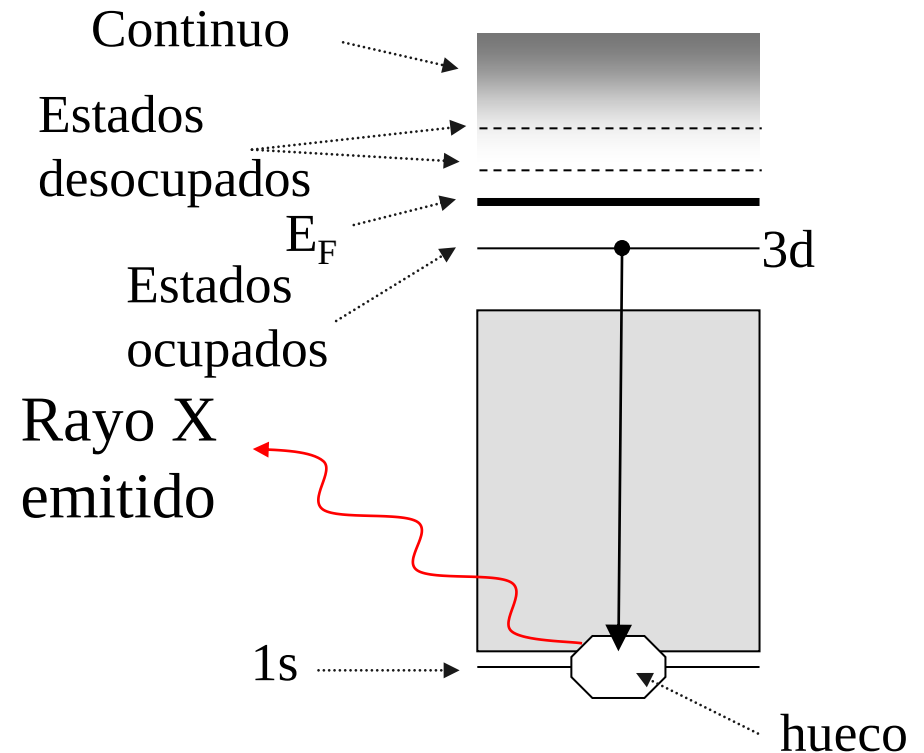
Proceso de absorción

- Los rayos X son absorbidos vía efecto fotoeléctrico.
- La absorción ocurre siempre y cuando los rayos X incidentes tengan la energía suficiente para poder “arrancar” un electrón de una capa interna.
- El átomo quedará con un hueco en algún determinado nivel electrónico.
- Cualquier exceso de energía del rayo X incidente se transmite al electrón eyectado.



Proceso de fluorescencia

- El hueco generado será ocupado por un electrón de algunos de los niveles excitados.
- En este proceso se emitirá un rayo X.
- La energía del rayo X emitido por la fluorescencia poseerá una energía característica del átomo absorbente.



Coeficiente de atenuación

- Intensidad de la radiación pasando a través de un material con un determinado espesor “t”:

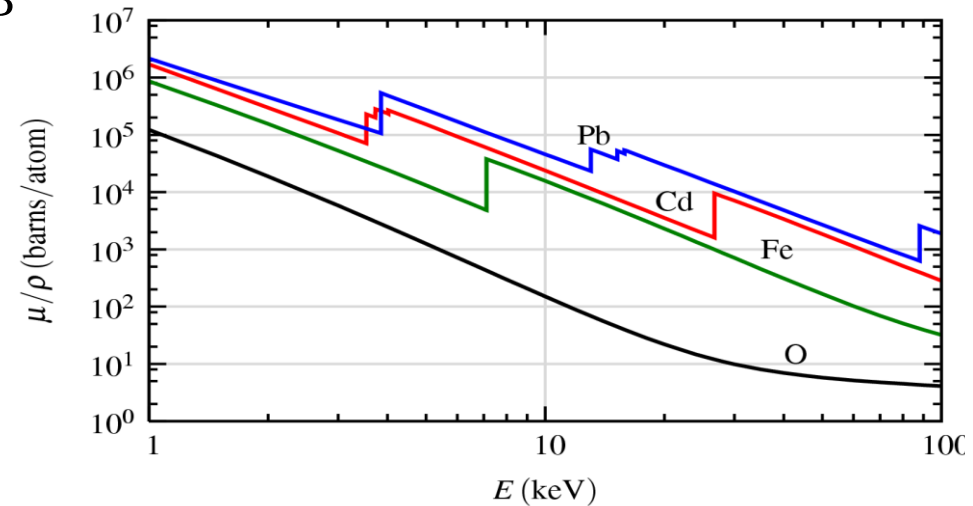
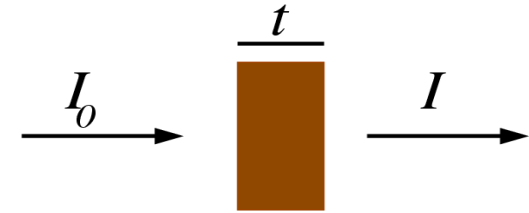
Ley de Beer:

$$I = I_0 e^{-\mu t}$$

$$\mu \approx \frac{\rho Z^4}{A E^3}$$

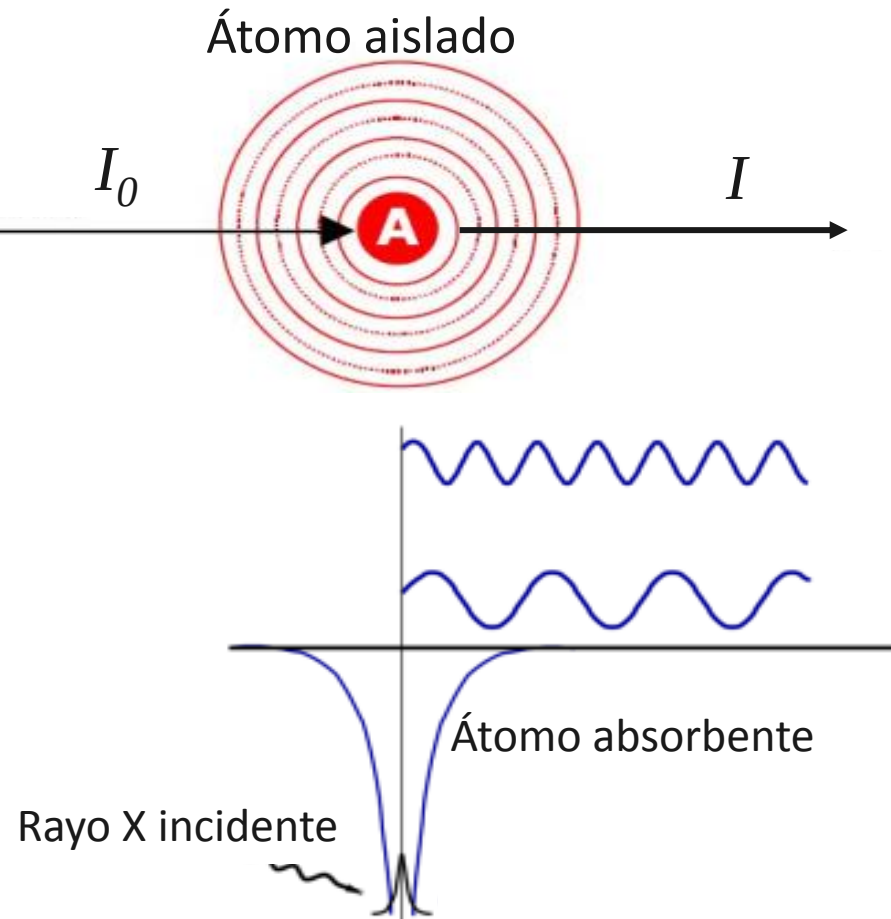
μ es el coeficiente de atenuación lineal o coeficiente de absorción. Depende de:

- La energía incidente **E**
- Número atómico del material **Z**
- Densidad del material ρ
- Masa atómica del material **A**

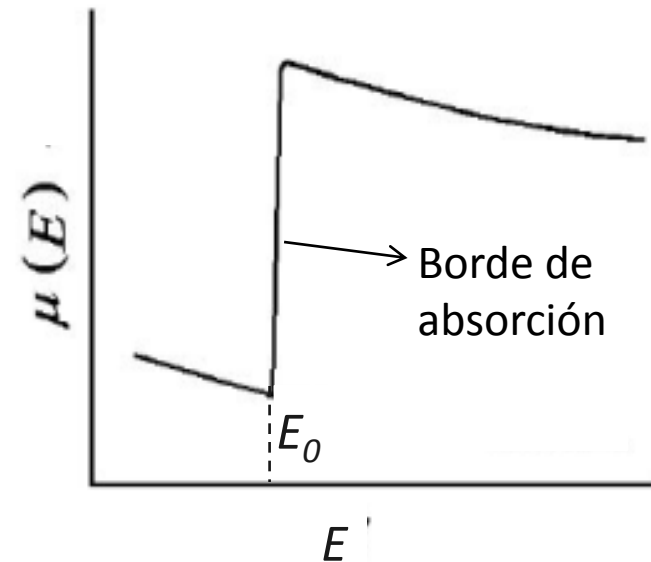


Absorción átomo aislado

El coeficiente de absorción de un átomo aislado varía suavemente con la energía de la radiación incidente luego del borde de absorción:

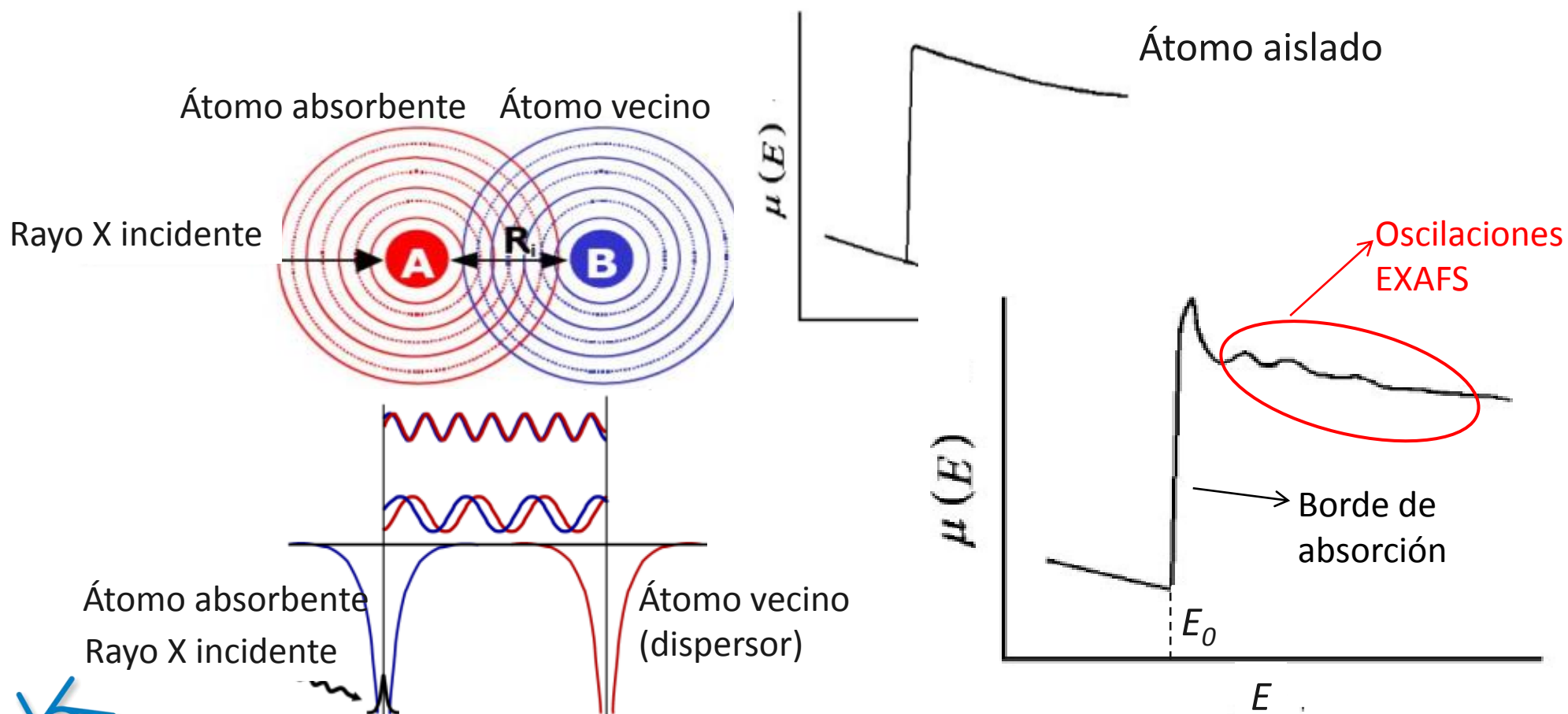


$$\mu(E) \propto -\ln(I / I_0)$$

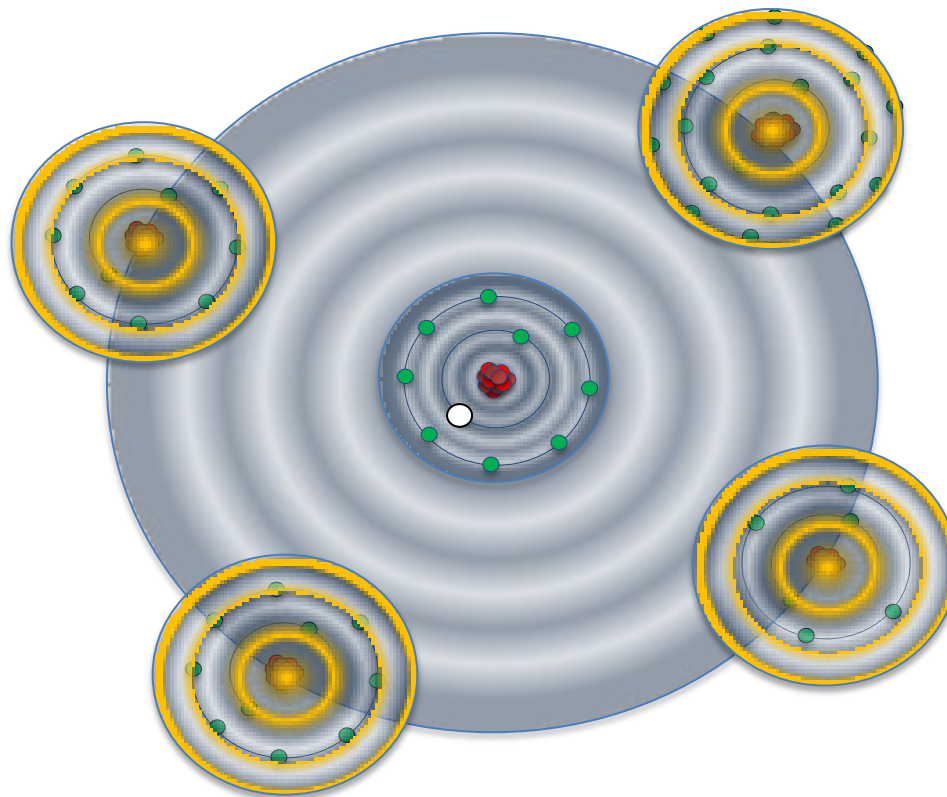


Absorción átomo no aislado

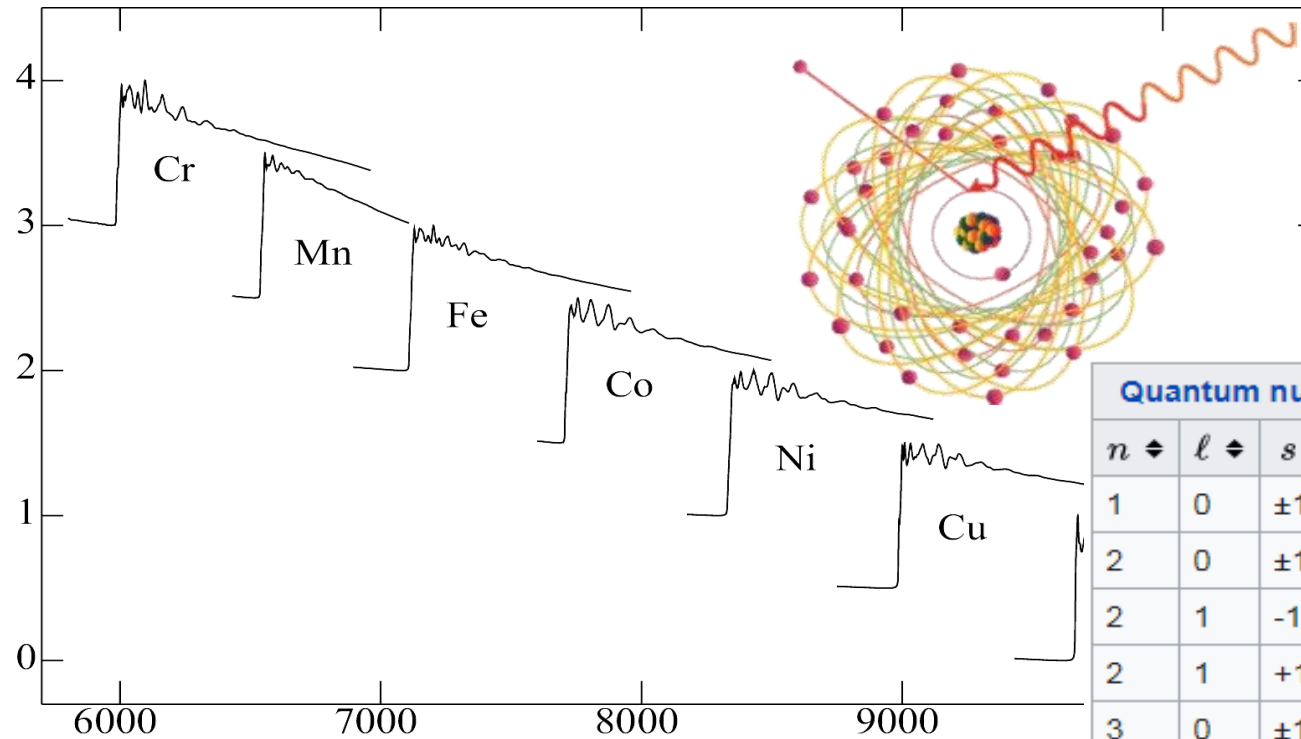
La estructura fina de absorción de rayos X es la modulación del coeficiente de absorción en la región posterior el borde de absorción:



Oscilación EXAFS



Selectividad química



Quantum numbers				Atomic notation ♦	X-ray notation ▲
n ♦	ℓ ♦	s ♦	j ♦		
1	0	$\pm 1/2$	$1/2$	$1S_{1/2}$	K_1
2	0	$\pm 1/2$	$1/2$	$2S_{1/2}$	L_1
2	1	$-1/2$	$1/2$	$2P_{1/2}$	L_2
2	1	$+1/2$	$3/2$	$2P_{3/2}$	L_3
3	0	$\pm 1/2$	$1/2$	$3S_{1/2}$	M_1
3	1	$-1/2$	$1/2$	$3P_{1/2}$	M_2
3	1	$+1/2$	$3/2$	$3P_{3/2}$	M_3
3	2	$-1/2$	$3/2$	$3D_{3/2}$	M_4
3	2	$+1/2$	$5/2$	$3D_{5/2}$	M_5



Energías de absorción

Name	Iron	Edge	Energy(eV)
Number	26	K	7112
Weight	55.85 amu	L1	844.6
Density	7.86 g/cm ³	L2	719.9
Filter	Mn	L3	706.8
		M1	91.3

Name	Gold	Edge	Energy(eV)
Number	79	K	80725
Weight	197.2 amu	L1	14353
Density	19.37 g/cm ³	L2	13734
Filter	Ga	L3	11919
		M1	3425



RaySpec X-ray Trans Energies

Periscope Design Education

★★★★★ 31

Everyone

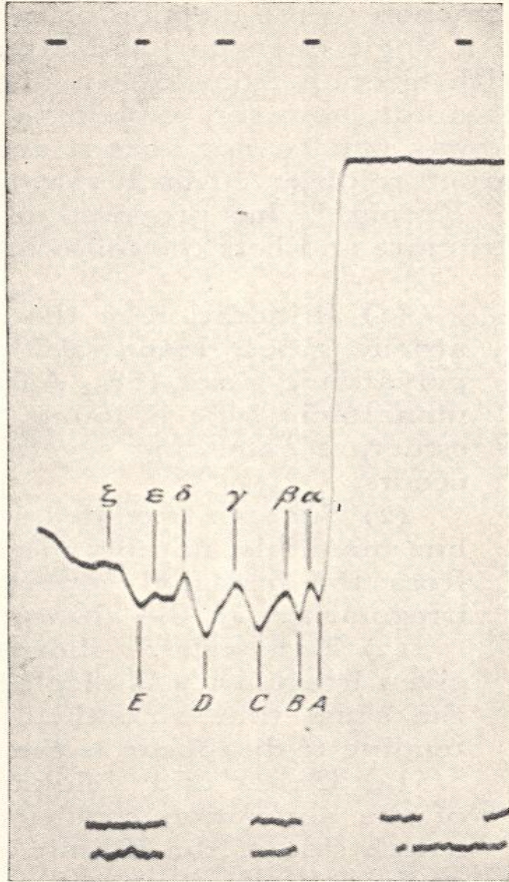
⚠ You don't have any devices.

+ Add to wishlist

Install



La historia del EXAFS



- Primeras observaciones de absorción de rayos de Broglie en 1913.
- Primeras observaciones de las oscilaciones EXAFS en 1920.
- Explicaciones del fenómeno fueron dadas por Kronig en 1931.
 - Utilizó orden de largo alcance en cristales para predecir lo que denominó estructuras oscilatorias de Kronig.
- Posteriormente se comenzó explicar el fenómeno basado en orden de corto alcance utilizando el concepto de la retrodispersión de los fotoelectrones.
 - Started by Kronig (1932)
 - Advanced by Peterson (phase shifts-1936)
 - Kostarev (all condensed matter-1949)
 - Sawada (mean free path-1959)
 - Shmidt (disorder-1961)

Coster and Veldkamp, Z. Phys.
70, 306 (1931).



La historia del EXAFS



Sayers, Stern and Lytle,
Phys. Rev. Lett. **71**, 1204
(1971)

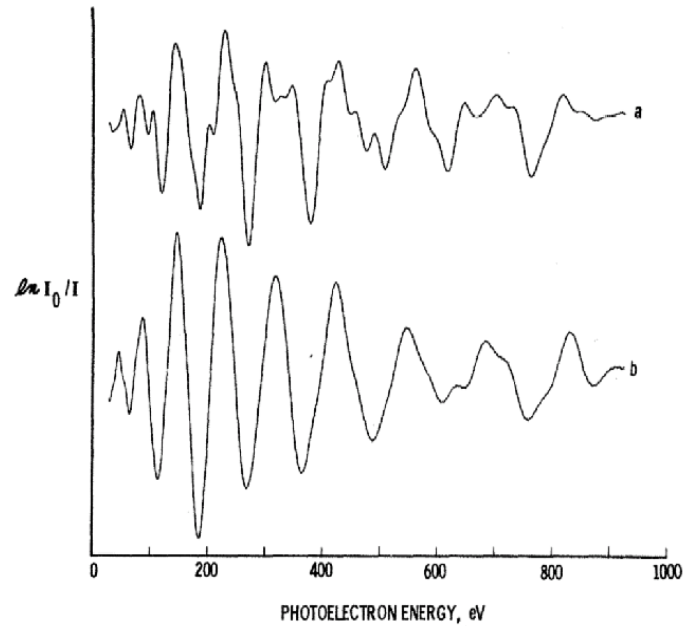


FIG. 1. Smoothed experimental EXAFS data for (a) crystalline and (b) amorphous Ge. Only the oscillatory part χ of the absorption edge is shown.

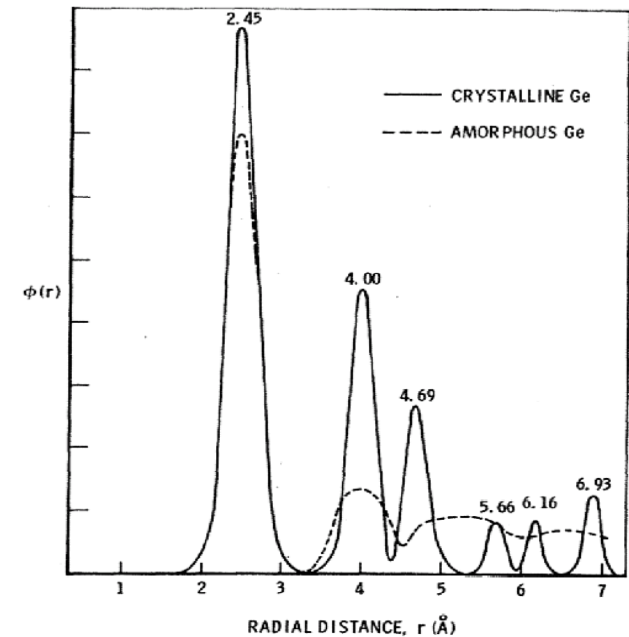


FIG. 2. Fourier transformation of the data of Fig. 1. $\phi(r)$, a radial structure function, compares amorphous and crystalline Ge. Numbers over the peaks indicate the measured distances in Å.

- Contempla las distintas dispersiones posibles del fotoelectrón con los átomos vecinos.
- Usa el concepto de Transformada de Fourier para el análisis de las oscilaciones EXAFS, usando computadoras con 32 kB RAM!

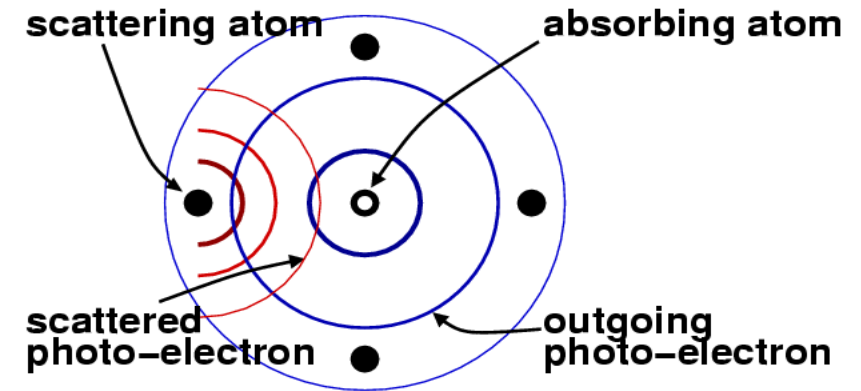


Modelo para EXAFS

- Modelo más simple asume que la oscilación EXAFS es proporcional a la amplitud del fotoelectrón dispersado en la posición del átomo absorbente.

Fotoelectrón:

- Deja el átomo absorbente.
- Es retrodispersado por los 1^{ros} vecinos
- Retorna al átomo absorbente.



Usando la Regla de Oro de Fermi:

$$|f\rangle = |f_0 + \Delta f\rangle$$

Átomo
aislado

Efecto de
los vecinos

$$\mu(E) = \langle i | \hat{H} | f \rangle$$

$$\mu(E) = \underbrace{\langle i | \hat{H} | f_0 \rangle}_{\mu_0(E)} + \underbrace{\langle i | \hat{H} | \Delta f \rangle}_{\chi(E)}$$



Ecuación EXAFS

$$\chi(k) = \sum_i S_0 N_i \frac{F_i(k)}{k R_i^2} \exp(-2k^2 \sigma_i^2) \exp\left(\frac{-2R_i}{\lambda}\right) \sin[2k R_i + \delta_i(k)]$$

Debo conocer:

- $F(k)$: Amplitud de la onda retrodispersada.
- $\delta(k)$: Cambio de fase de la onda retrodispersada.
- λ : Camino libre medio del fotoelectrón.



- Referencias experimentales.
- Cálculos *ab-initio* (FEFF).



Para determinar:

- N_i : Número de coordinación de una determinada esfera.
- R_i : Distancia interatómica entre el átomo absorbente y los vecinos de una determinada esfera.
- σ_i^2 : Desorden térmico y estructural en las distancias de una determinada esfera.



- Modelo + ajuste.

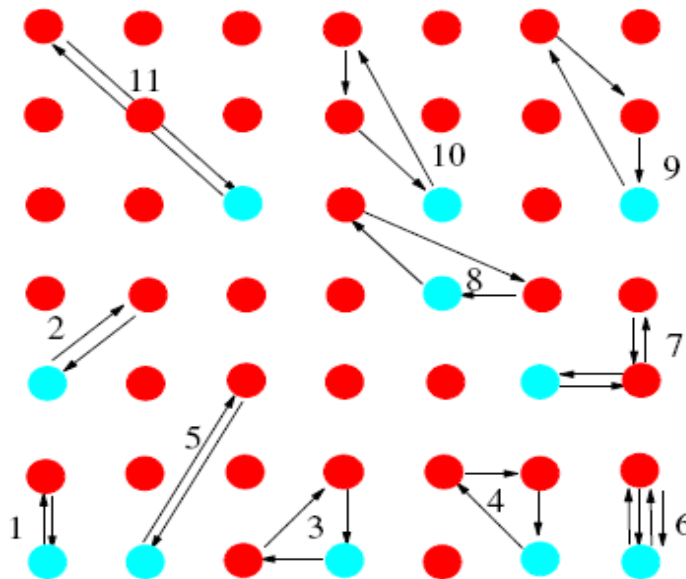
Ecuación EXAFS

$$\chi(k) = \sum_i S_0 N_i \frac{F_i(k)}{k R_i^2} \exp(-2k^2 \sigma_i^2) \exp\left(\frac{-2 R_i}{\lambda}\right) \sin[2k R_i + \delta_i(k)]$$

La sumatoria se realiza sobre todas las esferas de coordinación del átomo absorbente. En primera aproximación se suele hacer el ajuste sólo contemplando la 1^{ra} esfera de coordinación (simple scattering).

Para obtener información de las esferas más lejanas hay que contemplar las posibles dispersiones múltiples.

Se complica



S_0 se denomina factor de atenuación, y contempla los procesos inelásticos y de relajación de los e^- en el átomo absorbente. Estos efectos atenúan la señal EXAFS y por lo tanto deben ser estimados si se quiere obtener información cuantitativa.

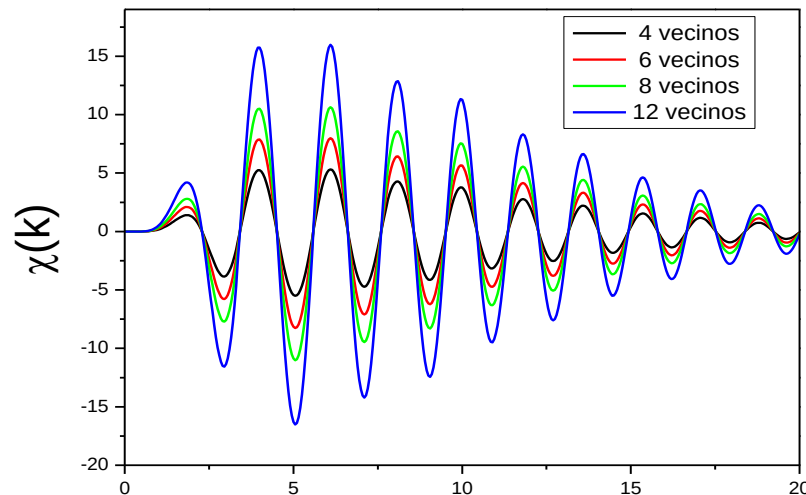


Efecto del N

$$\chi(k) = S_0 N \frac{F(k)}{k R^2} \exp(-2k^2 \sigma^2) \exp\left(\frac{-2R}{\lambda}\right) \sin[2k R + \delta(k)]$$

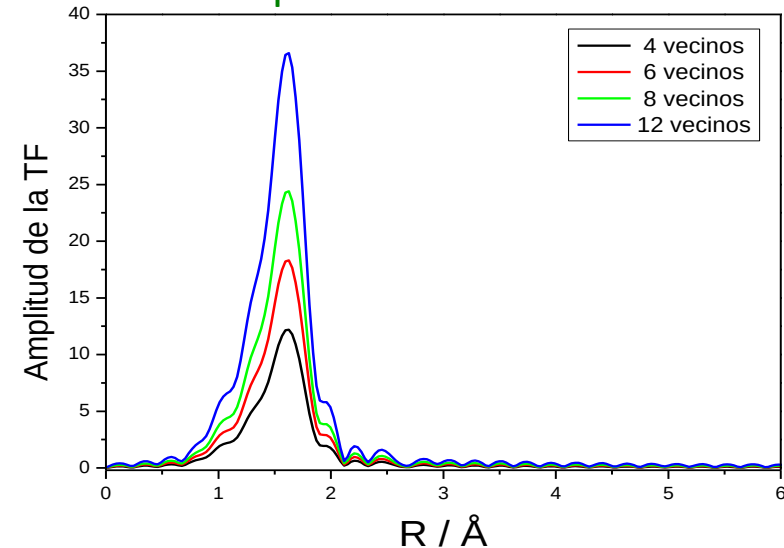
Estudio el efecto de la cantidad de 1^{ros} vecinos en torno al átomo absorbente.

Señal EXAFS

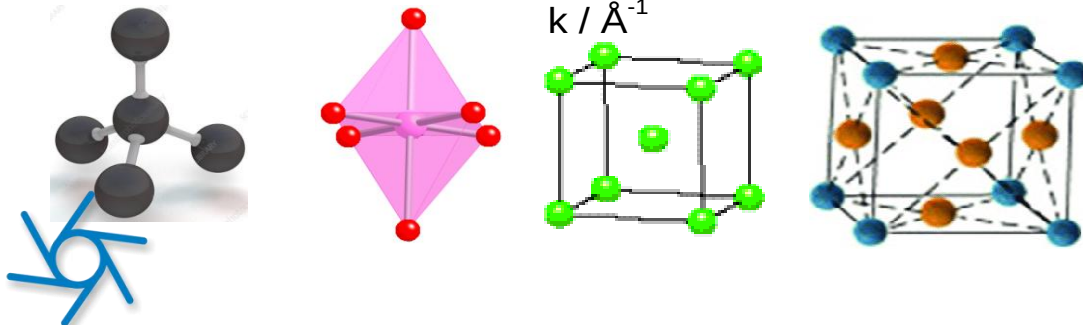


TF

Distribución pseudo-radial de distancias

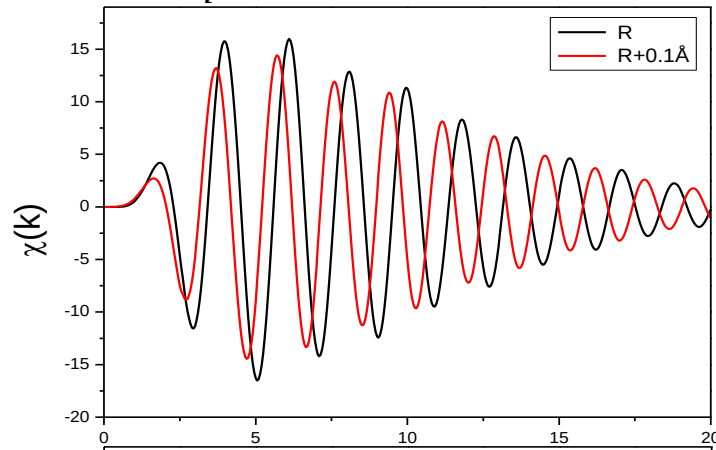
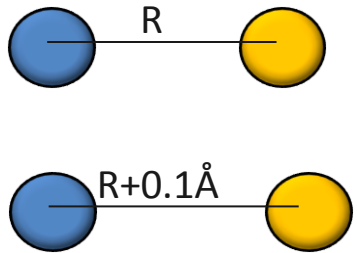


Asumo que la distancia entre el absorbente y sus 1^{ros} vecinos es la misma en todas las estructuras

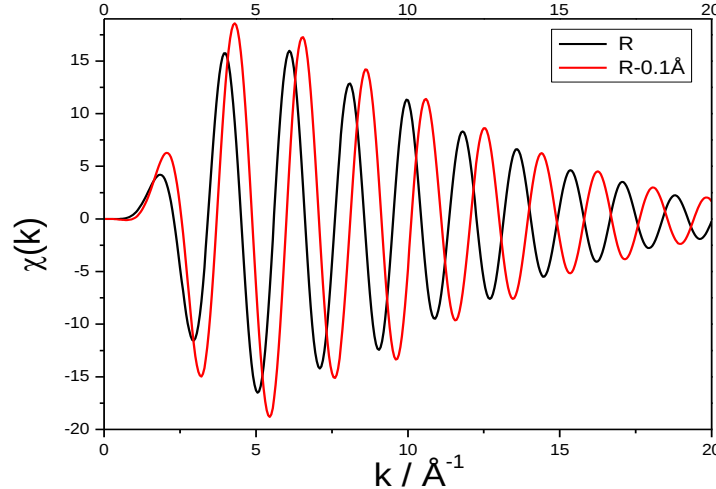
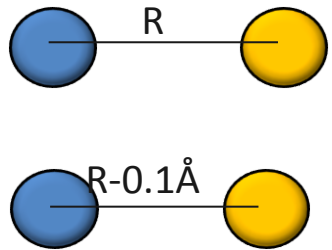
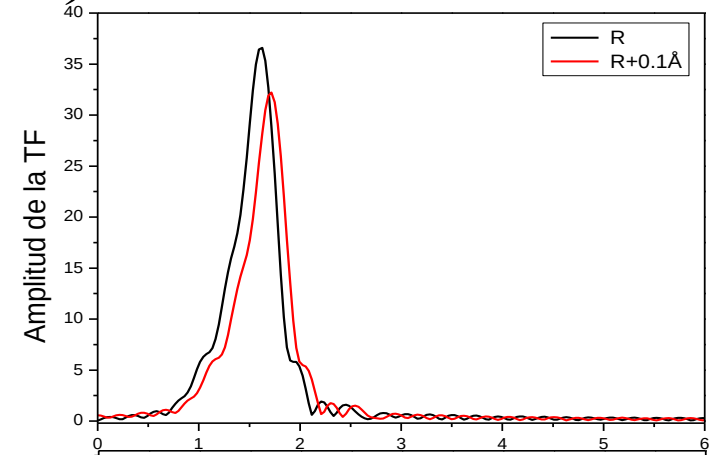


Ecuación EXAFS

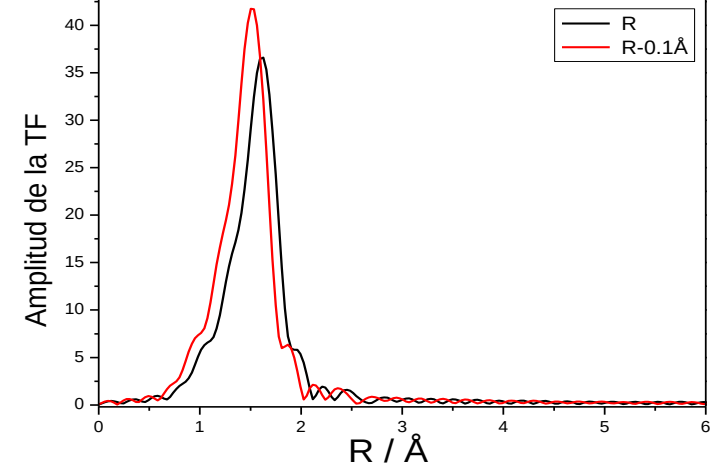
$$\chi(k) = \sum_i S_0 N_i \frac{F_i(k)}{k R_i^2} \exp(-2k^2 \sigma_i^2) \exp\left(\frac{-2 R_i}{\lambda}\right) \sin[2k R_i + \delta_i(k)]$$



TF

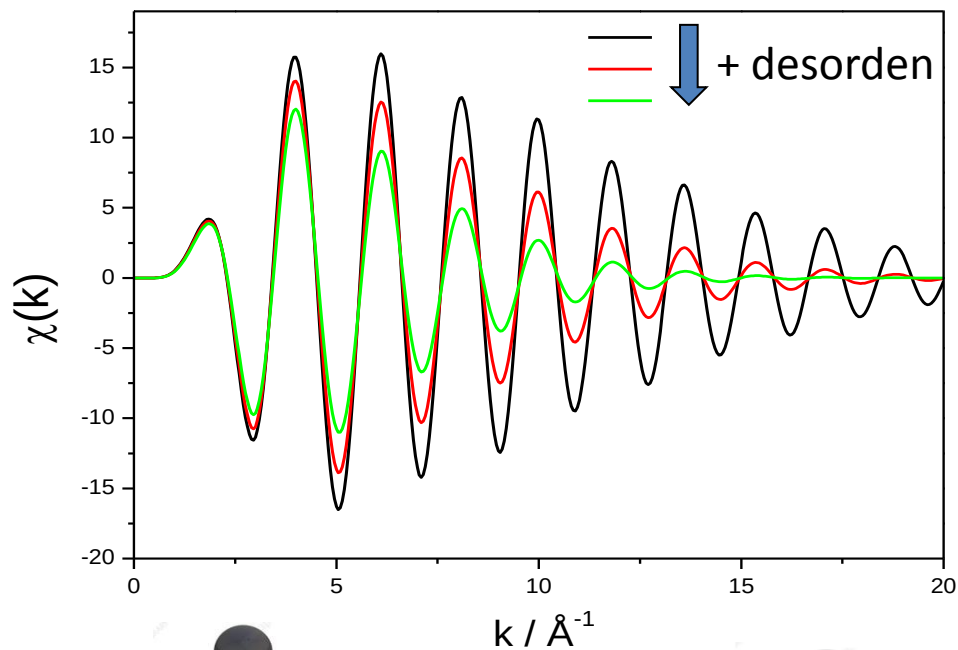


TF

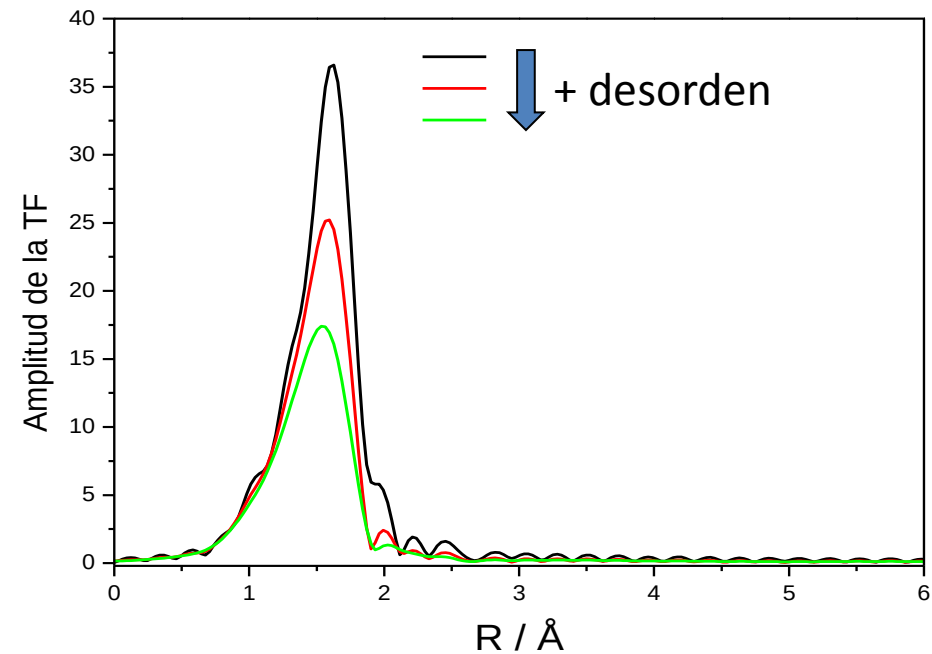


Ecuación EXAFS

$$\chi(k) = \sum_i S_0 N_i \frac{F_i(k)}{k R_i^2} \exp(-2k^2 \sigma_i^2) \exp\left(\frac{-2 R_i}{\lambda}\right) \sin[2k R_i + \delta_i(k)]$$



TF



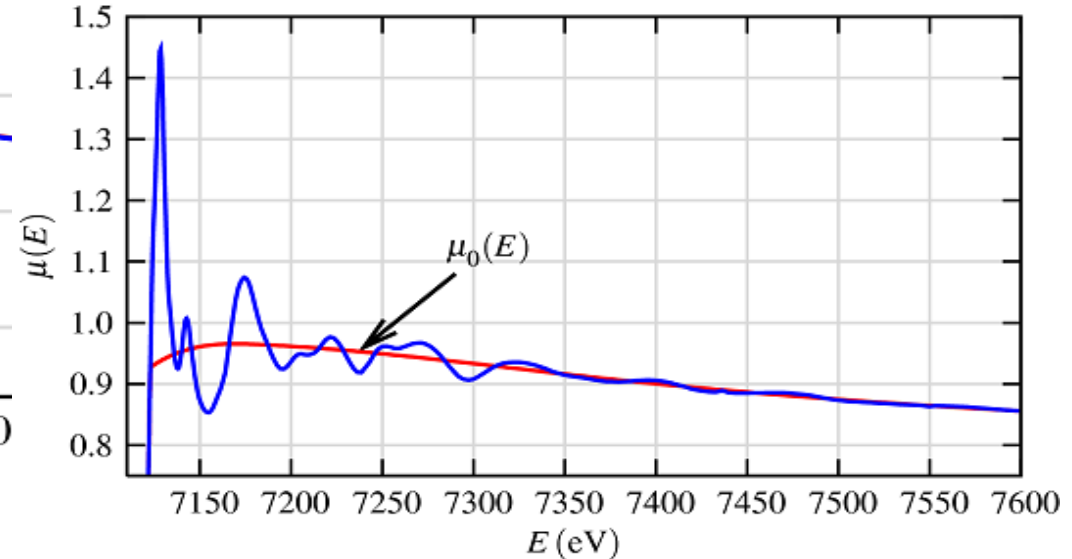
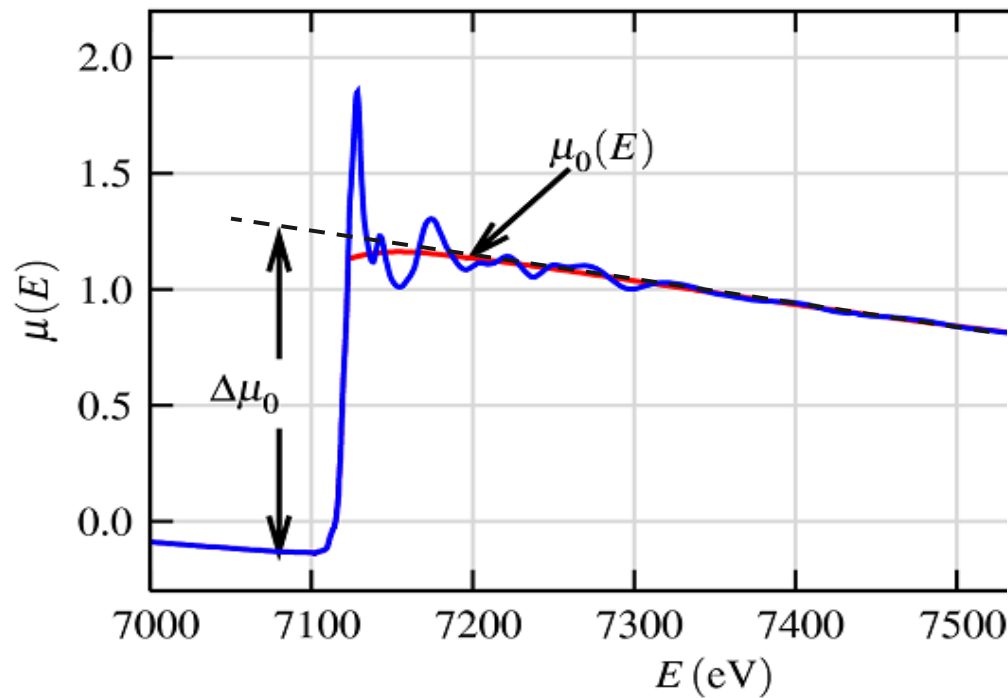
El N^* de coordinación y el desorden están muy correlacionados.



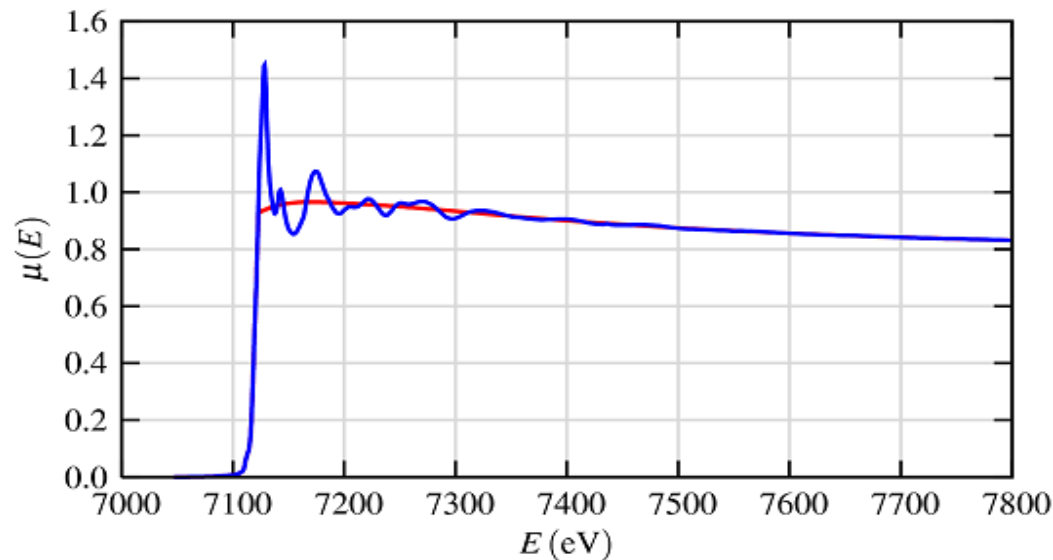
Pre tratamiento de datos

Necesitaremos aislar la oscilación de χ del el espectro de absorción completo. Para ello se debe restar al espectro la contribución del átomo aislado $\mu_0(E)$ y dividir por el salto $\Delta\mu_0(E_0)$ para obtener las oscilaciones normalizadas a 1 evento de absorción:

$$\chi(E) = \frac{\mu(E) - \mu_0(E)}{\Delta\mu_0(E_0)}$$



Pre tratamiento de datos

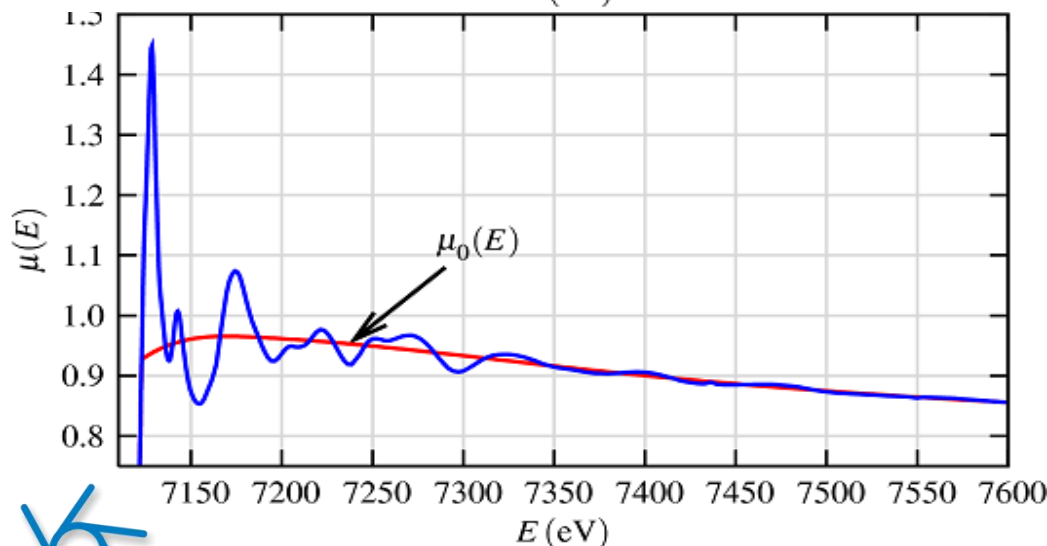


Sustracción del background:

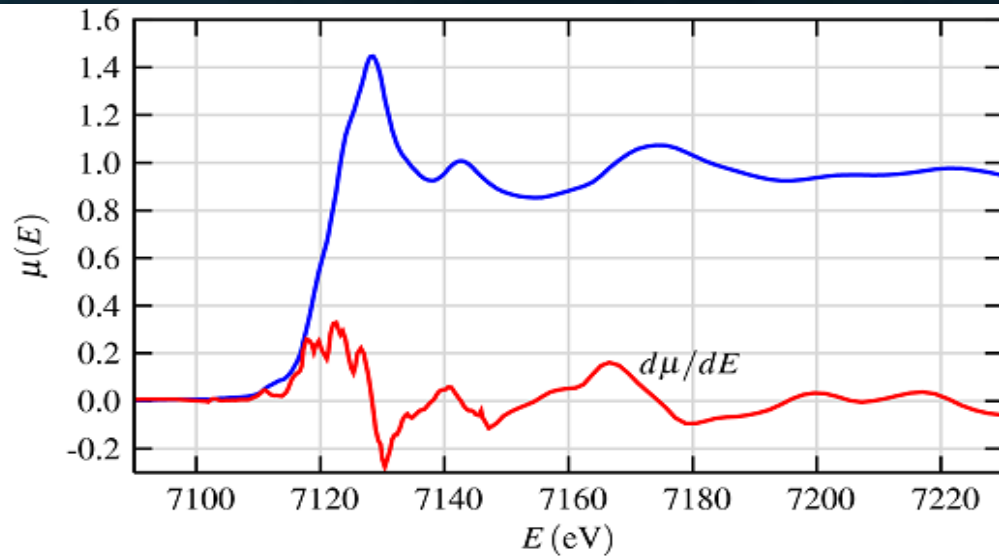
Como no se cuenta con una medida de $\mu_0(E)$ (coeficiente de absorción del átomo aislado), lo aproximamos con una función polinómica suave.

CUIDADO: si se usa un grado muy grande para el polinomio se pueden eliminar parte de las oscilaciones EXAFS!!!

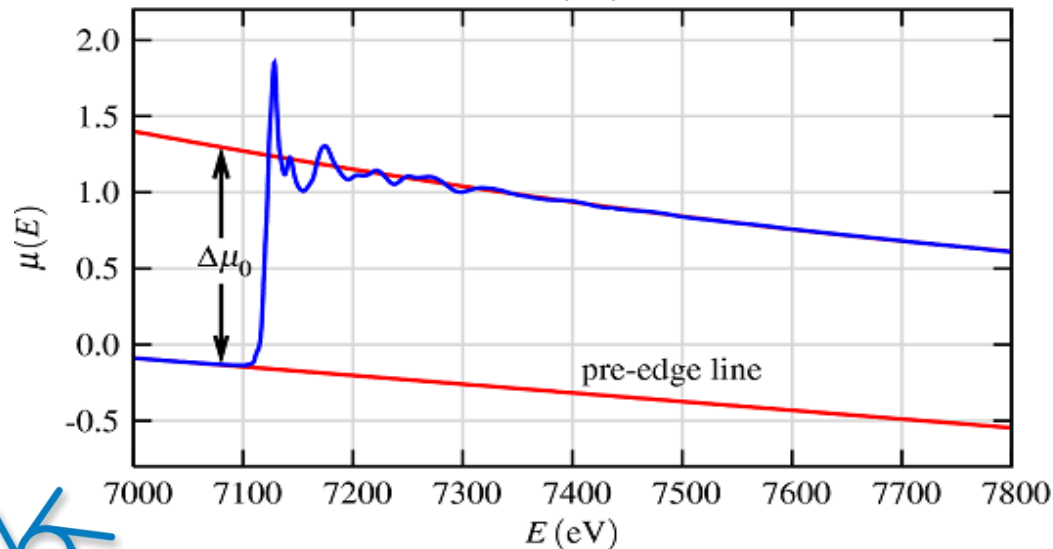
Elegimos un grado del polinomio que elimine sólo las contribuciones de baja frecuencia.



Pre tratamiento de datos



E_0 : La energía del borde de absorción se puede determinar del punto de inflexión del borde de absorción.



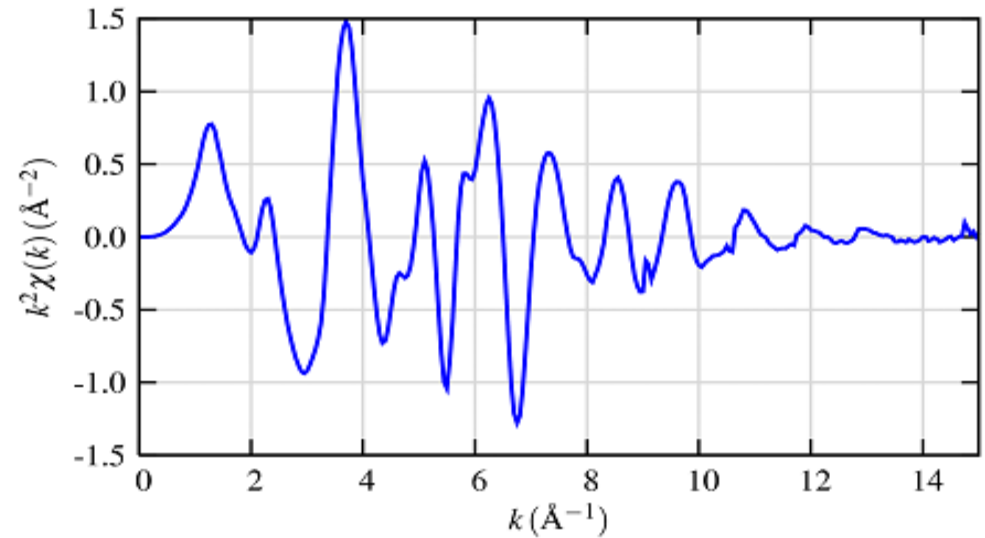
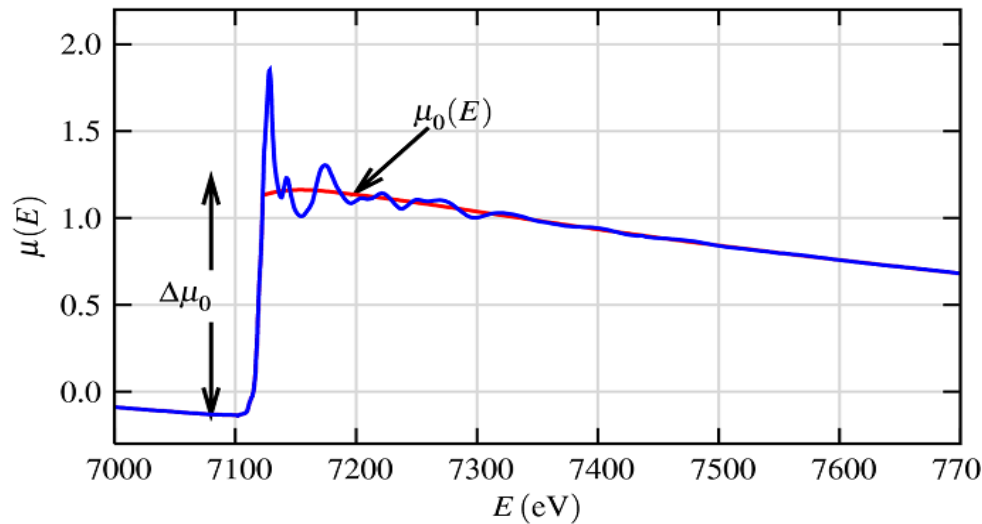
Sustracción del pre-borde: Permite eliminar contribuciones provenientes de otros bordes cercanos. Junto con la línea ajustada en el post-borde se estima el salto $\Delta\mu_0(E_0)$.



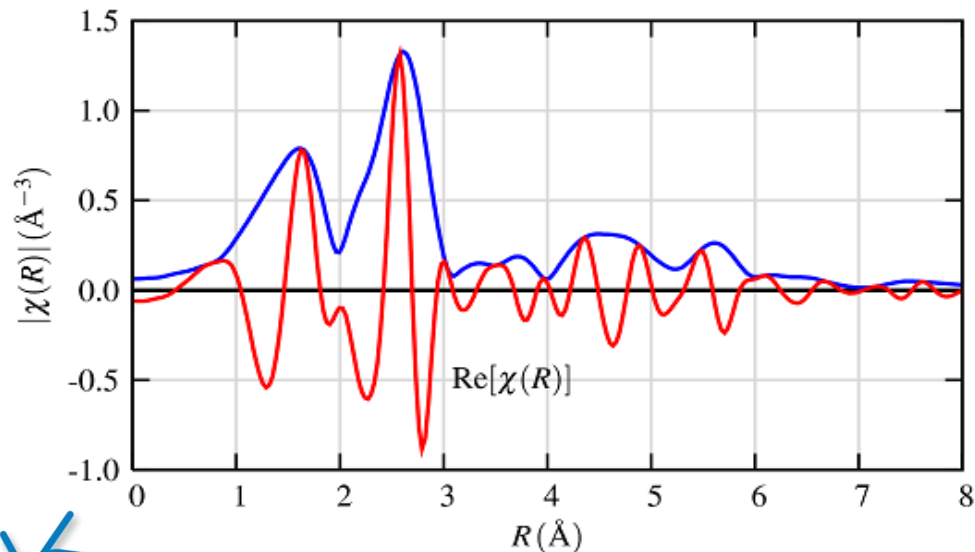
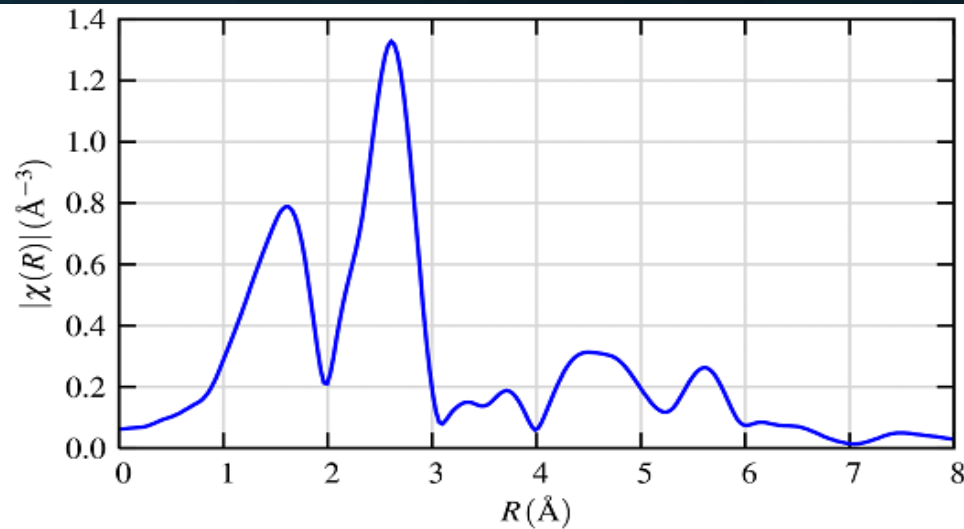
Pre tratamiento de datos

La oscilación EXAFS es un efecto de “interferencia” que depende del número de onda “k” del fotoelectrón. Este se relaciona con la energía incidente por:

$$k = \sqrt{\frac{2m(E - E_0)}{\hbar^2}}$$



Pre tratamiento de datos



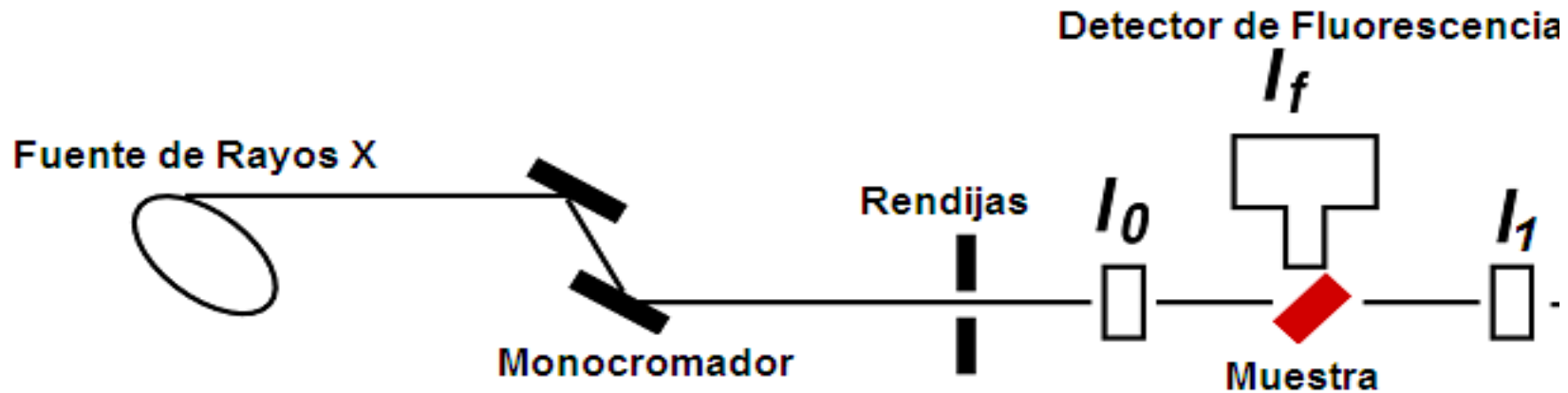
Transformada de Fourier de $\chi(k)$:

$\chi(R)$ es la TF de $\chi(k)$. En el caso del FeO, esta posee 2 picos principales correspondientes a las primeras 2 esferas de coordinación: Fe-O y Fe-Fe. La distancia Fe-O es de 2,14 $\text{\AA}$, sin embargo el primer pico se encuentra en 1,6 $\text{\AA}$. Esta diferencia es producto del corrimiento de fase $\delta(k)$: $\sin[2kR + \delta(k)]$. Un corrimiento de 0,5 $\text{\AA}$ es típico.

$\chi(R)$ es una cantidad compleja.



Medidas de absorción



Transmisión:

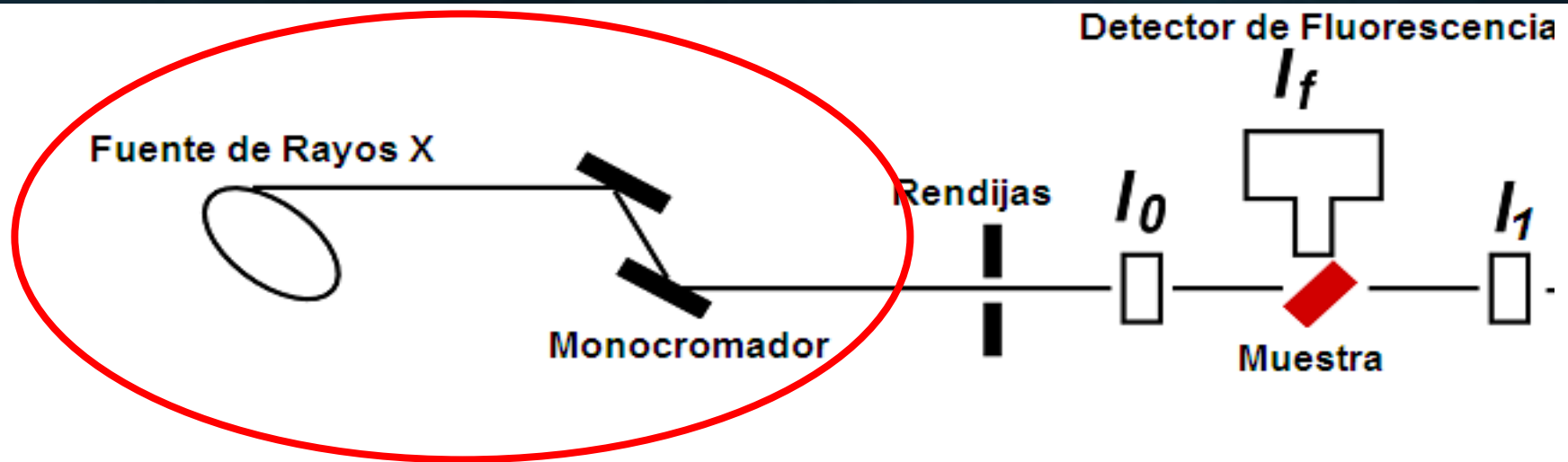
$$I_1 = I_0 \exp(-\mu(E)t)$$
$$\mu(E) \propto -\ln(I_1 / I_0)$$

Fluorescencia:

$$\mu(E) \propto (I_f / I_0)$$



Medidas de absorción



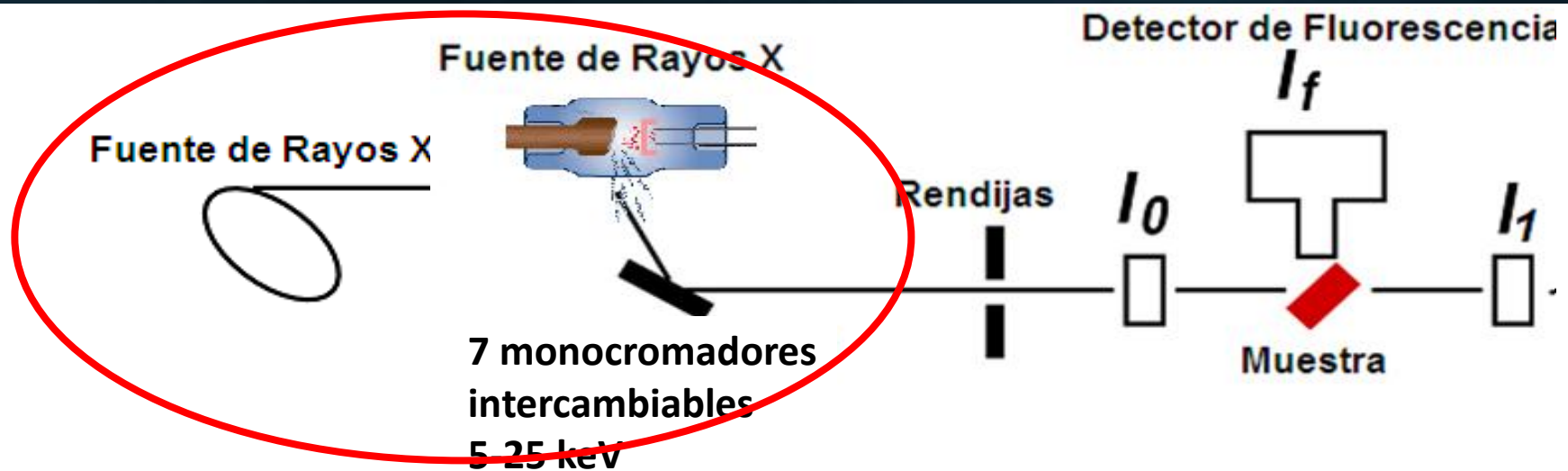
UVX

SIRIUS

Campinas - Brasil



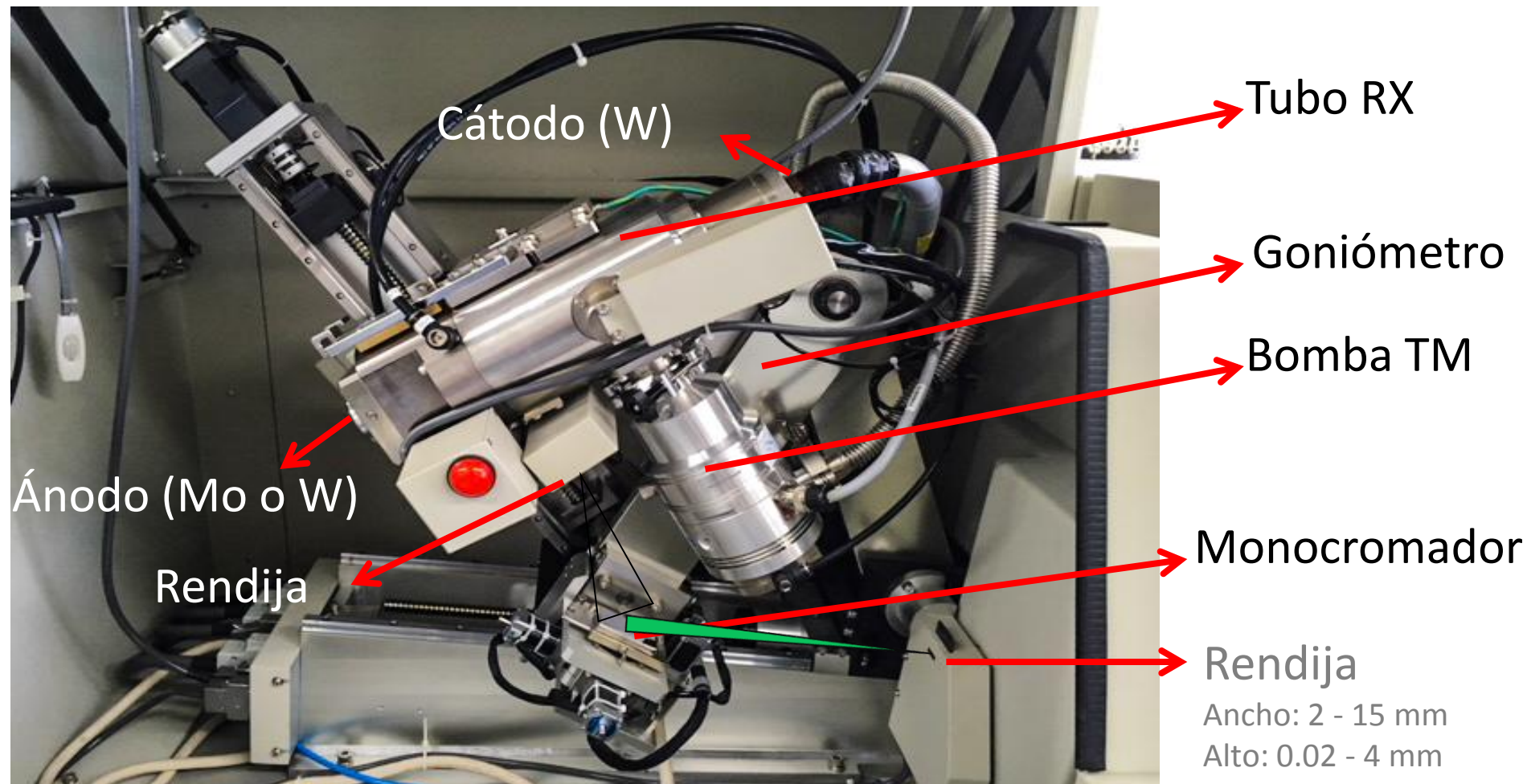
Medidas de absorción



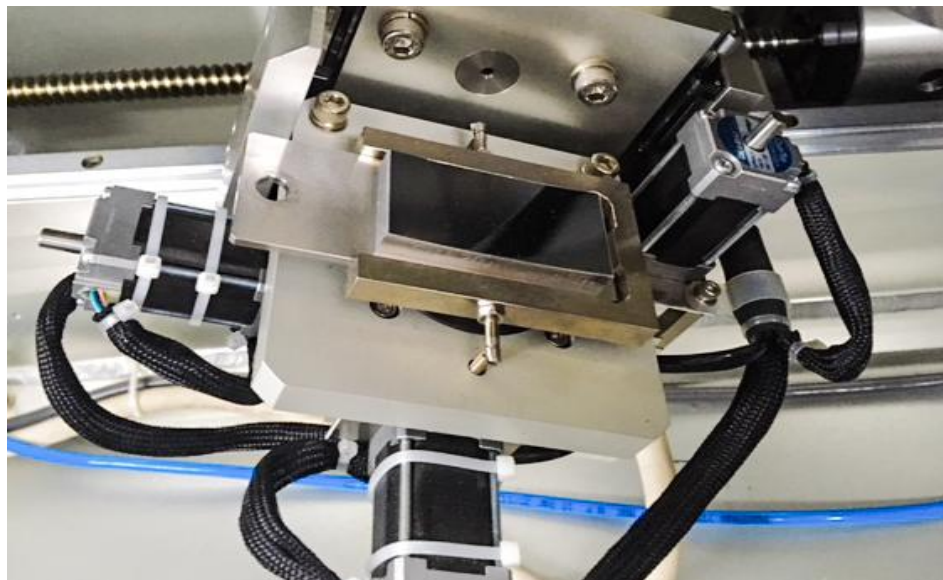
INIFTA – La Plata



EXAFS @ LP



EXAFS @ LP

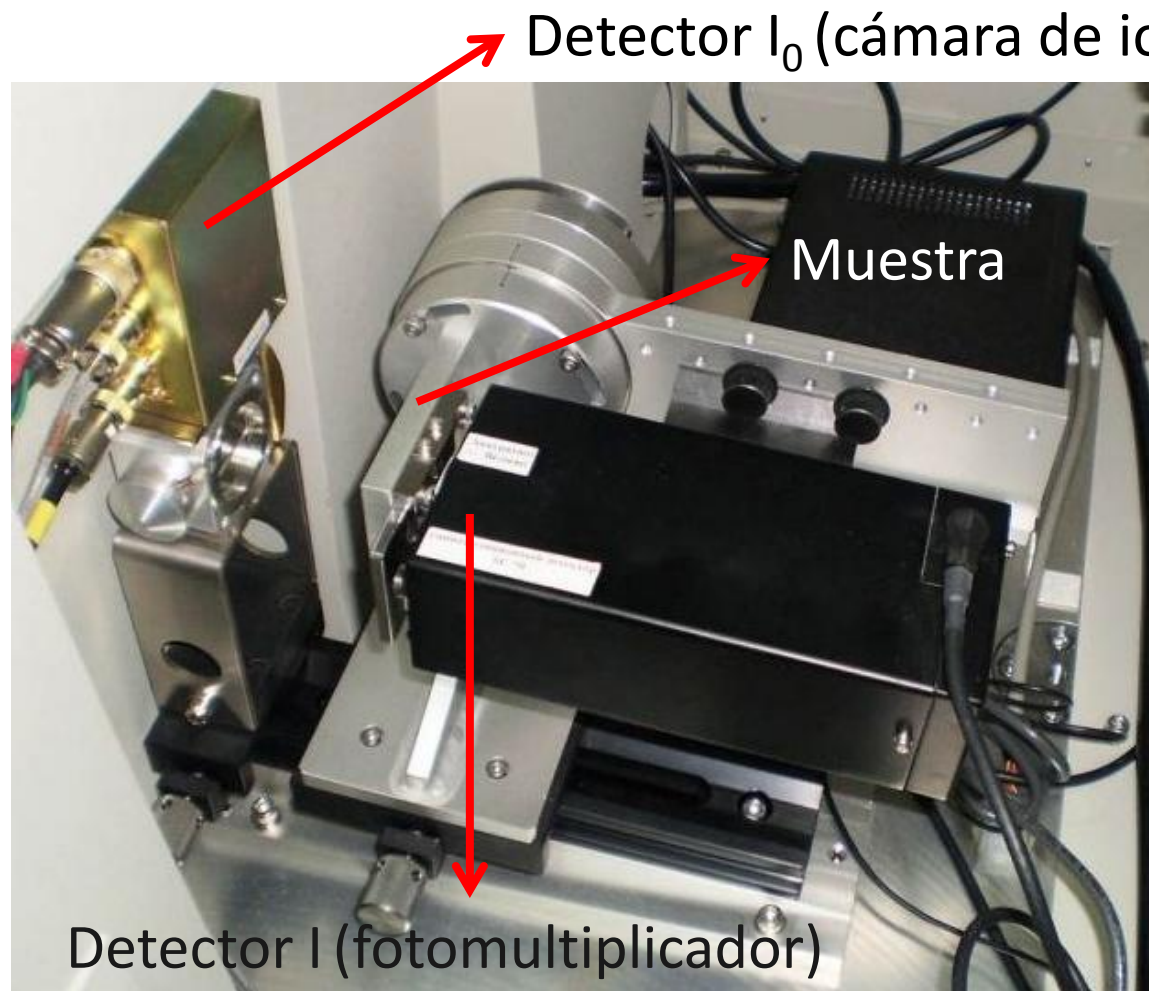


Monocromadores:

- Ge 111: 4,7~6,2 keV
- Ge 220: 4,7~11 keV
- Si 400: 6,7~16,7 keV
- Ge 311: 5,4~13,5 keV
- Ge 400: 6,4~16 keV
- Si 620: 10,5~25 keV
- Ge 840: 14~25 keV



EXAFS @ LP



EXAFS @ LP

1 2 3 4 5 6 7

1 H
HIDROGENO
1.00797
2.1

2 He
HELIO
4.0026

3 Li
LITIO
6.939
1.0

4 Be
BERILIO
9.0122
1.5

5 B
BORO
10.811
2.0

6 C
CARBONO
12.011
2.5

7 N
NITROGENO
14.0064
3.0

8 O
OXIGENO
15.9994
3.5

9 F
FLUOR
18.9984
4.0

10 Ne
NEON
20.183

11 Na
SODIO
22.9897
1.0

12 Mg
MAGNESIO
24.312
1.2

13 Al
ALUMINIO
26.9815
1.5

14 Si
SILICIO
28.0855
1.8

15 P
FOSFORO
30.9737
2.1

16 S
AZUFRE
32.06
2.5

17 Cl
CLORO
35.453
3.0

18 Ar
ARGON
39.948

19 K
POTASIO
39.102
0.9

20 Ca
CALCIO
40.08
1.0

21 Sc
ESCANDIO
44.955
1.3

22 Ti
TITANIO
47.88
1.5

23 V
VANADIO
50.942
1.8

24 Cr
CROMO
51.996
1.6

25 Mn
MANGANESE
54.938
1.5

26 Fe
HIERRO
55.847
1.8

27 Co
COBALTO
58.933
1.8

28 Ni
NIOBELIO
58.71
1.8

29 Cu
COBRE
63.546
1.9

30 Zn
ZINC
65.37
1.8

31 Ga
GALIO
69.723
1.6

32 Ge
GERMANIO
72.63
1.8

33 As
ARSENICO
74.921
2.0

34 Se
SELENIO
78.96
2.4

35 Br
BROMO
79.904
2.8

36 Kr
KRIPTON
83.80

37 Rb
RUBIDIO
85.47
0.8

38 Sr
ESTRONCIO
87.62
1.0

39 Y
ITRIO
88.905
1.3

40 Zr
CIRCONIO
91.224
1.4

41 Nb
NIOBIO
92.906
1.6

42 Mo
MOLIBDENO
95.94
1.8

43 Tc
TECNICIO
97.907
1.9

44 Ru
RUTENIO
101.07
2.2

45 Rh
RODO
102.905
2.2

46 Pd
PALADIO
106.42
2.2

47 Ag
PLATA
107.868
1.3

48 Cd
CADMIO
112.411
1.7

49 In
INDIO
114.818
1.7

50 Sn
ESTANIO
118.710
1.8

51 Sb
ANTIMONIO
121.757
1.9

52 Te
TELURO
127.60
2.1

53 I
YODO
126.904
2.5

54 Xe
XENON
131.30

55 Cs
CESIO
132.905
0.8

56 Ba
BARIO
137.327
0.5

57 La
LANTANO
138.905
1.1

58 Ce
CERIO
140.12
1.1

59 Pr
PRASEODIMIO
140.907
1.1

60 Nd
NEODIMIO
144.24
1.2

61 Pm
PROMETIO
147

62 Sm
SAMARIO
150.35
1.2

63 Eu
EUROPIO
151.96
1.1

64 Gd
GADOLINIO
157.25
1.1

65 Tb
TERBIO
158.924
1.2

66 Dy
DISPROSIO
162.50
1.2

67 Ho
HOLMIO
164.93
1.2

68 Er
ERBIO
167.259
1.2

69 Tm
TERBIO
168.934
1.2

70 Yb
YTERBIO
173.04
1.1

71 Lu
LUTECIO
174.967
1.2

72 Hf
HAFNIO
178.49
1.3

73 Ta
TANTALO
180.948
1.5

74 W
WOLFRAMIO
183.85
1.7

75 Re
RENIIO
186.207
1.9

76 Os
OSMIO
190.23
2.2

77 Ir
IRIDIO
192.225
2.2

78 Pt
PLATINO
195.084
2.3

79 Au
ORO
196.967
2.4

80 Hg
MERCURIO
200.59
1.9

81 Tl
TALIO
204.37
1.8

82 Pb
PLOMO
207.19
1.9

83 Bi
BISMUTO
208.98
1.9

84 Po
POLONIO
210

85 At
ASTATO
210

86 Rn
RADON
222

87 Fr
FRANCIO
223

88 Ra
RADIO
226

89 Ac
ACTINIO
227

90 Th
TORIO
232.037
1.5

91 Pa
PROTACTINIO
231.036
1.3

92 U
URANIO
238.028
1.7

93 Np
NEPTUNIO
237.048
1.3

94 Pu
PLUTONIO
244.064
1.3

95 Am
AMERICIO
243.061
1.3

96 Cm
CURIO
247

97 Bk
BERKELIO
247

98 Cf
CALIFORNIO
251

99 Es
EINSTEINIO
252

100 Fm
FERMIO
257

101 Md
MENDELEVIO
258

102 No
NOBELIO
259

103 Lr
LAWRENCIO
262

TABLA PERIODICA DE ELEMENTOS

■ Borde de absorción K

■ Borde de absorción L3

LANTANIDOS

ACTINIDOS

58 Ce
CERIO
140.12
3.4

59 Pr
PRASEODIMIO
140.907
3.4

60 Nd
NEODIMIO
144.24
3.0

61 Pm
PROMETIO
147

62 Sm
SAMARIO
150.35
2.3

63 Eu
EUROPIO
151.96
2.3

64 Gd
GADOLINIO
157.25
2.3

65 Tb
TERBIO
158.924
3.4

66 Dy
DISPROSIO
162.50
3.4

67 Ho
HOLMIO
164.93
3.4

68 Er
ERBIO
167.259
3.4

69 Tm
TERBIO
168.934
2.3

70 Yb
YTERBIO
173.04
2.3

71 Lu
LUTECIO
174.967
3.4

90 Th
TORIO
232.037
4.0

91 Pa
PROTACTINIO
231.036
4.5

92 U
URANIO
238.028
3.4, 5, 6

93 Np
NEPTUNIO
237.048
3.4, 5, 6

94 Pu
PLUTONIO
244.064
3.4, 5, 6

95 Am
AMERICIO
243.061
3.4, 5, 6

96 Cm
CURIO
247

97 Bk
BERKELIO
247

98 Cf
CALIFORNIO
251

99 Es
EINSTEINIO
252

100 Fm
FERMIO
257

101 Md
MENDELEVIO
258

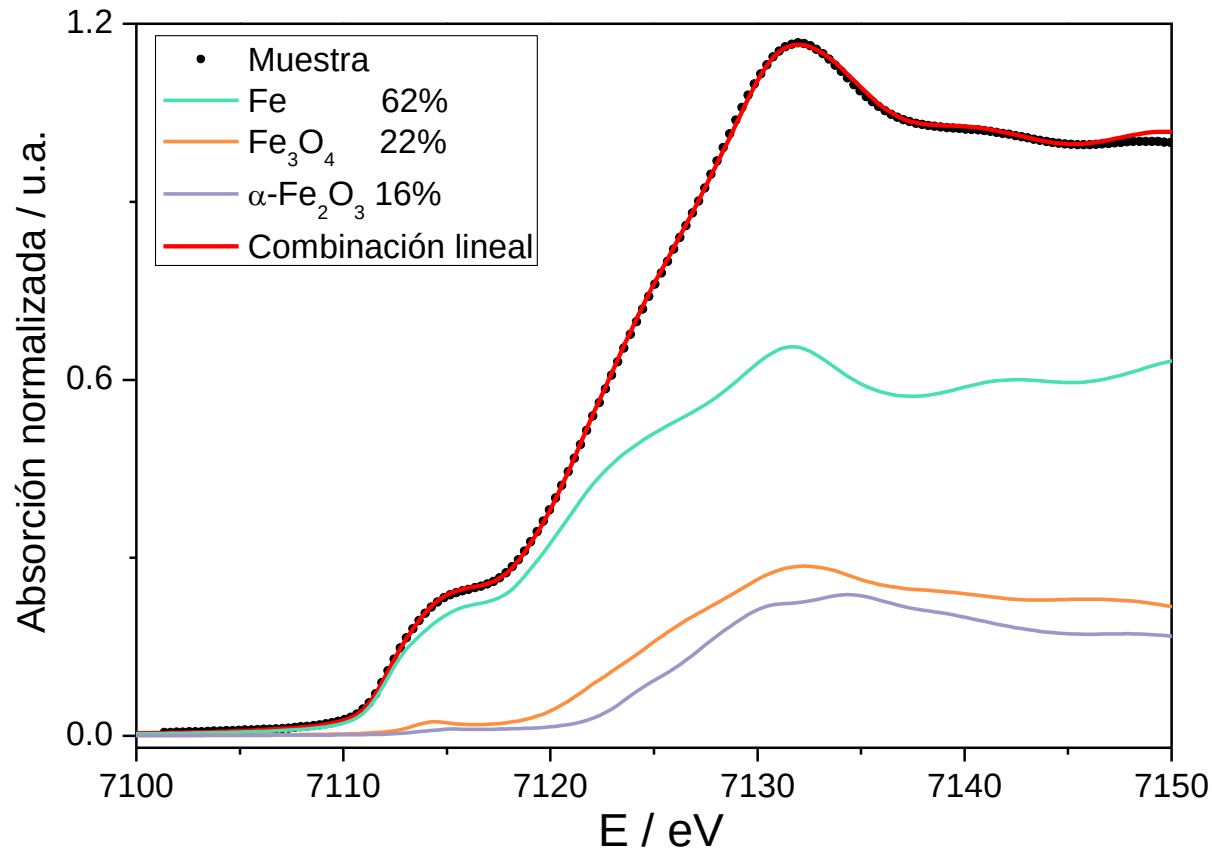
102 No
NOBELIO
259

103 Lr
LAWRENCIO
262



CAPACIDADES

Cuantificación de fases presentes (XANES)

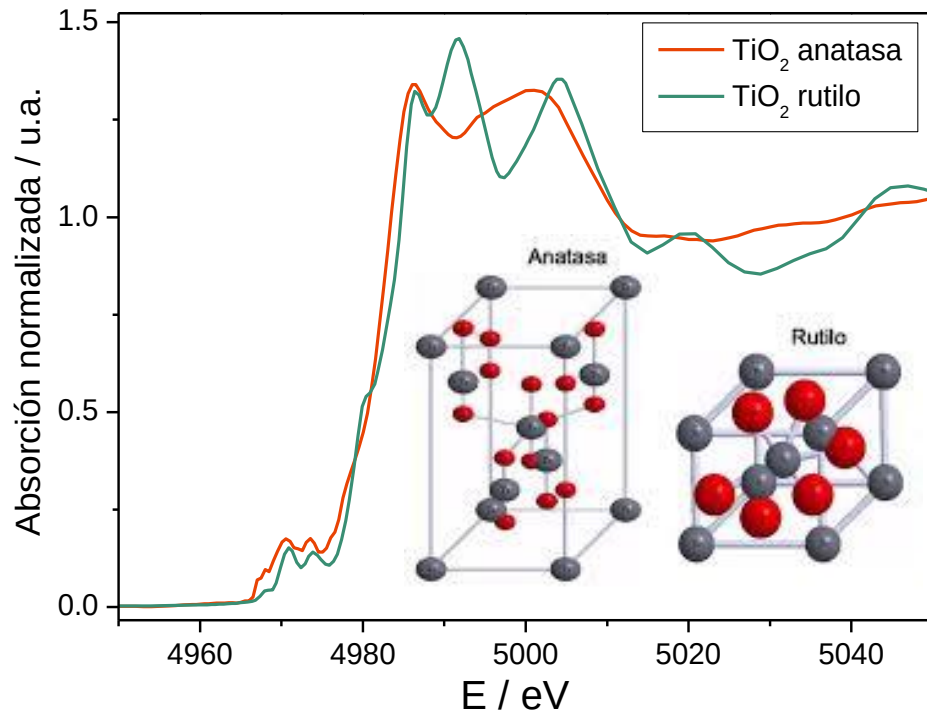


Mediante el mejor ajuste de una combinación lineal de espectros de referencia de las posibles fases presentes, se puede determinar la proporción de cada una de ellas en la muestra analizada.

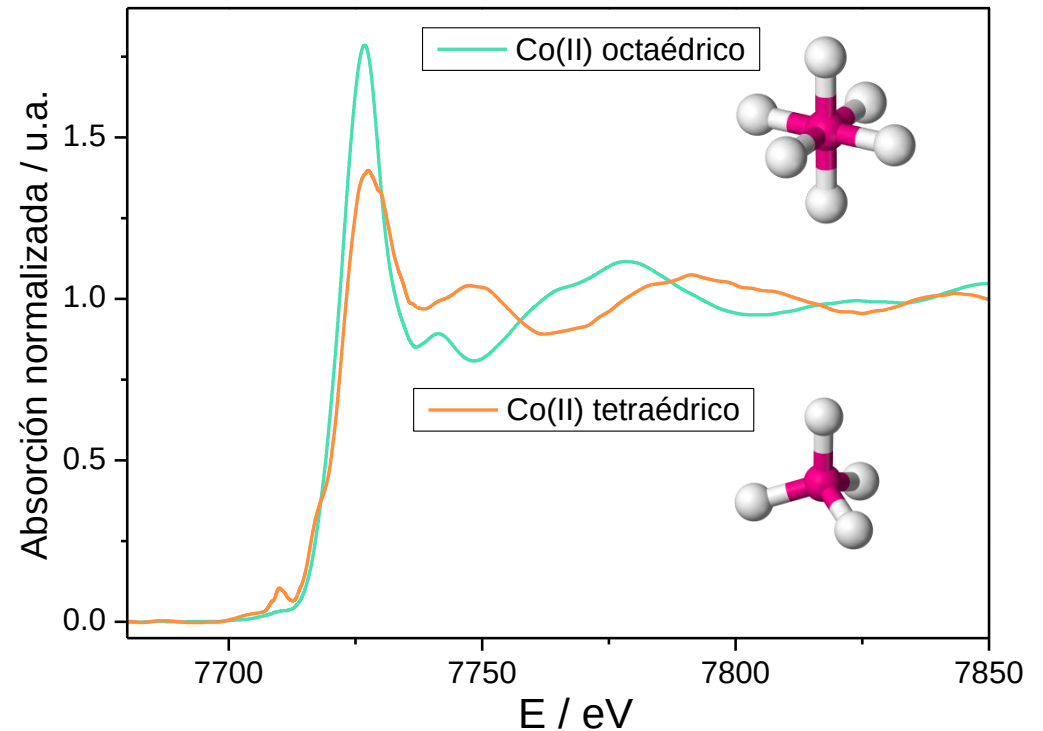


CAPACIDADES

Geometría del entorno atómico (XANES)



Dos fases con el mismo estado de valencia del átomo absorbente pueden ser diferenciadas.

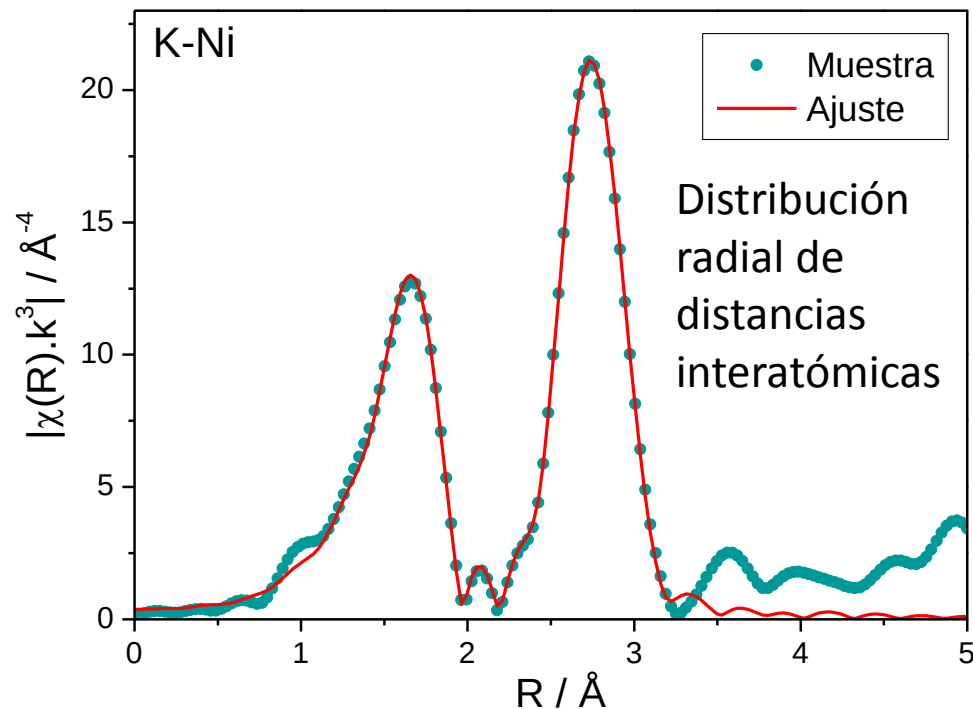
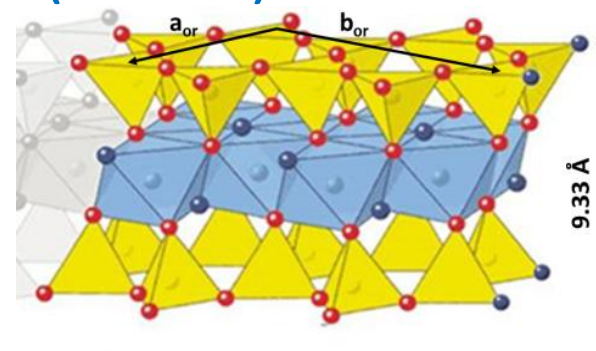


CAPACIDADES

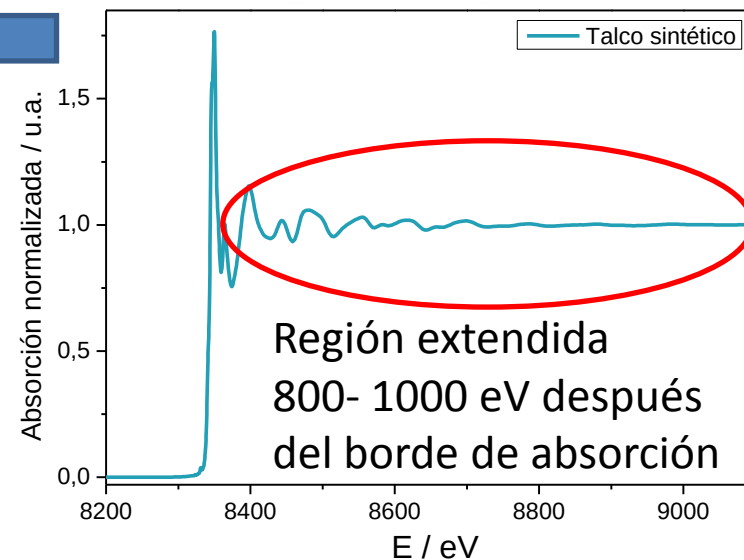
Parámetros estructurales (EXAFS)

Talco sintético: Estructuras laminares

Tetraedros de Si y octaedros de Ni:



Transformada de Fourier

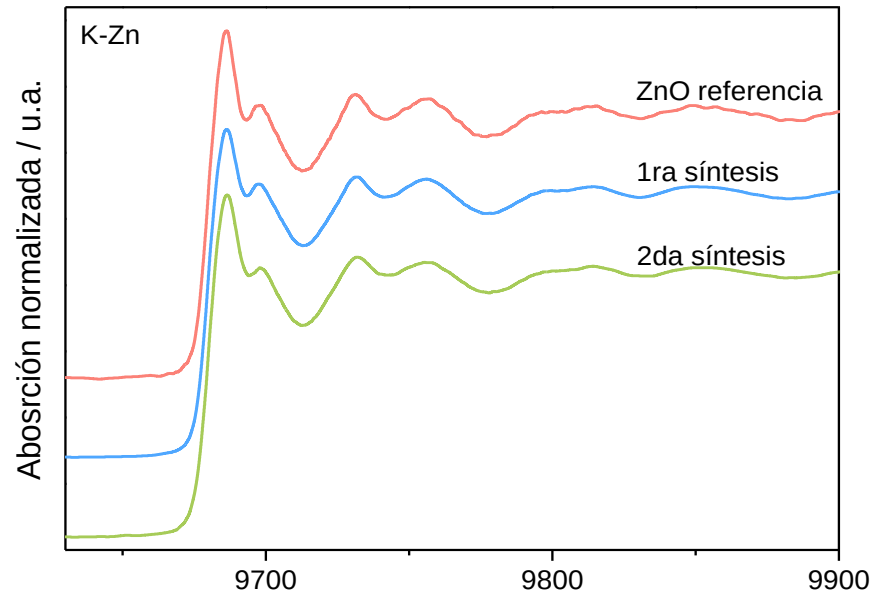


Ni-O			Ni-Ni			Ni-Si		
N° C _{Ni-O}	R _{Ni-O} (Å)	σ² _{Ni-O} (Å²)	N° C _{Ni-Ni}	R _{Ni-Ni} (Å)	σ² _{Ni-Ni} (Å²)	N° C _{Ni-Si}	R _{Ni-Si} (Å)	σ² _{Ni-Si} (Å²)
6.5 (0.2)	2.056 (0.003)	0.0053 (0.0004)	6.0 (1.2)	3.05 (0.01)	0.005 (0.001)	3.4 (0.8)	3.27 (0.02)	0.004 (0.002)

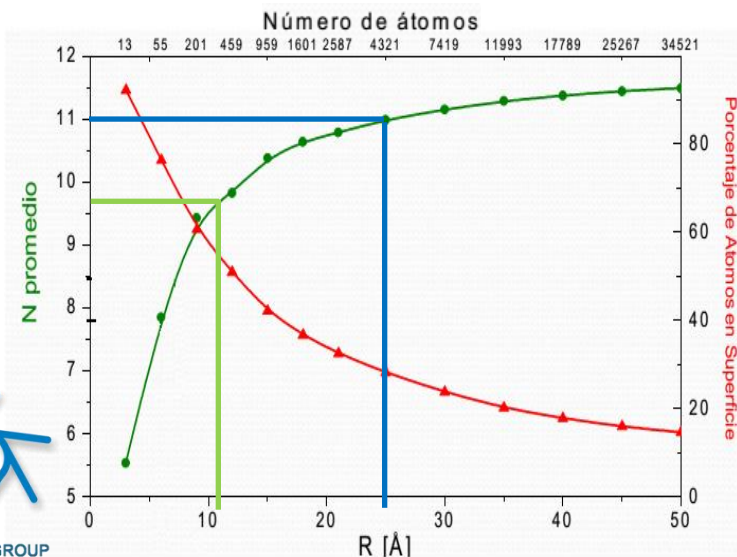
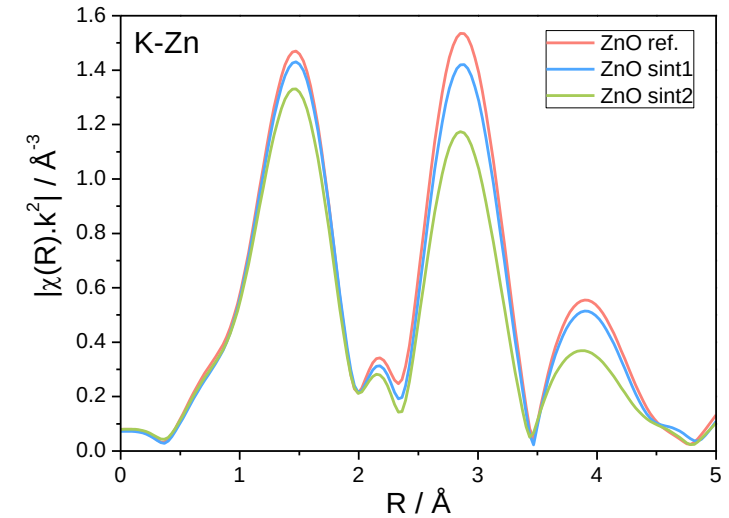
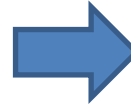


CAPACIDADES

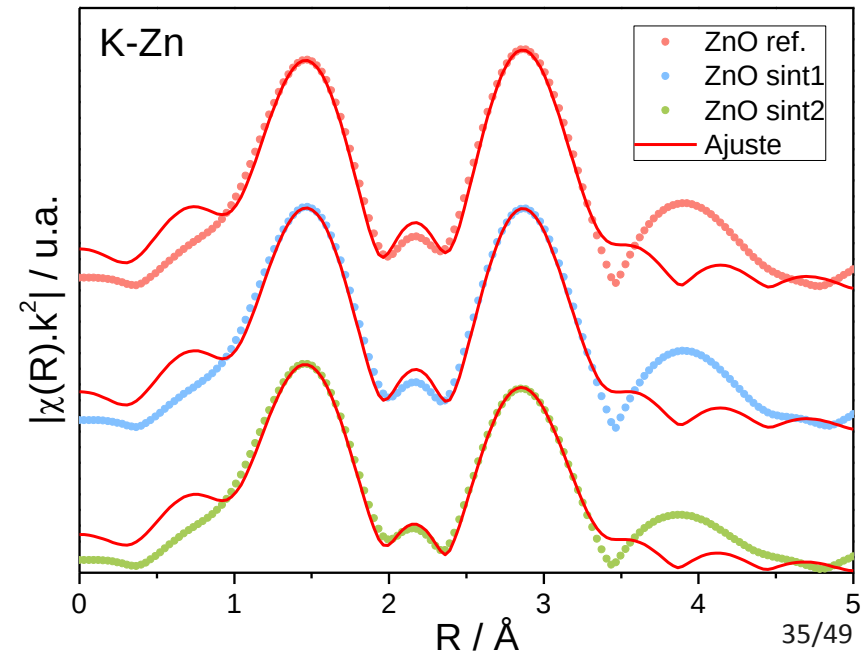
N° de coordinación en nanomateriales (EXAFS)



Transformada
de Fourier

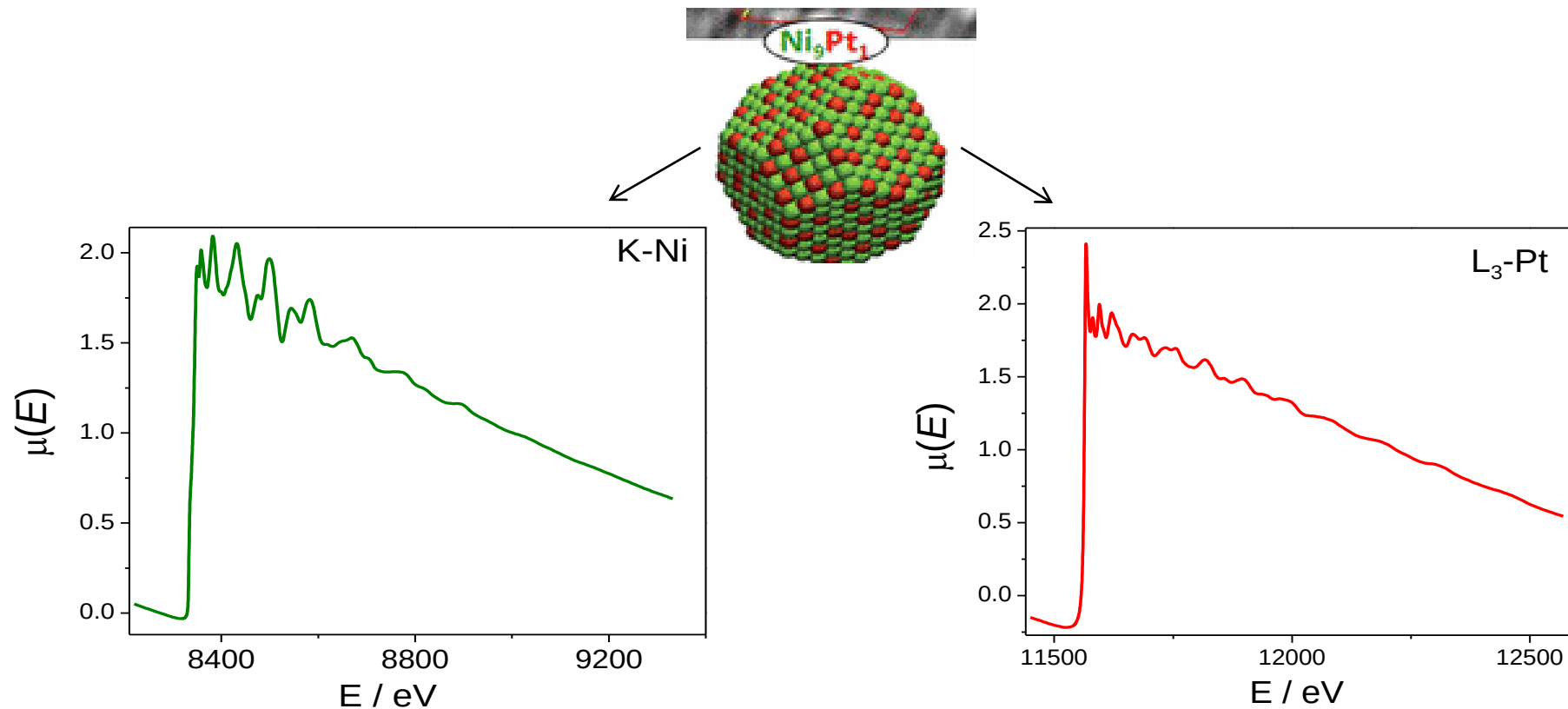


	$N_{\text{Zn-Zn}}$
Ref.	12
Sínt1	11
Sínt2	9,7



Beneficios de XANES y EXAFS

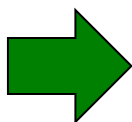
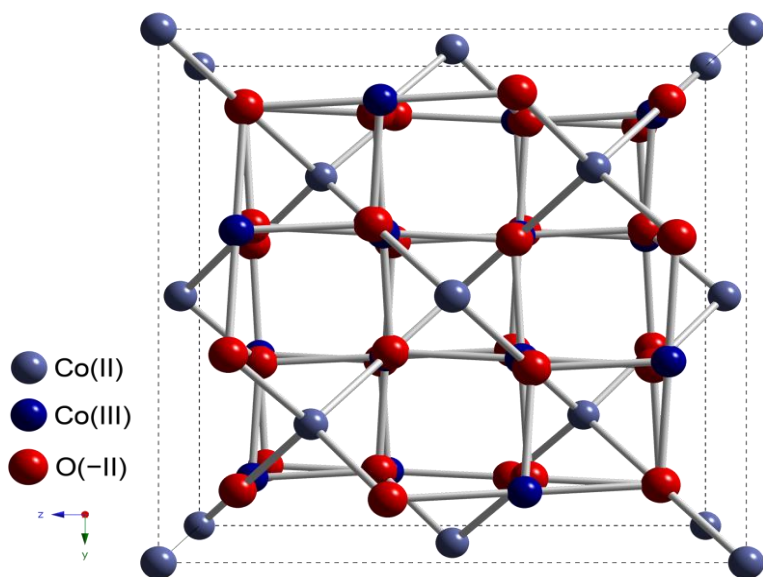
- Técnicas químicamente selectivas: puedo estudiar cada elemento por separado.



Beneficios de XANES y EXAFS

- Brinda información promedio con respecto a todos los átomos absorbentes.

XANES y EXAFS dan información que estará promediada entre todos los átomos absorbentes en el material, los cuales podrían no contribuir con la misma señal al total.



Se obtendrá un estado de valencia de los átomos de Co entre 2 y 3 promedio por la abundancia en cada sitio. Lo mismo ocurrirá con los números de coordinación, distancias interatómicas, etc.



Beneficios de XANES y EXAFS

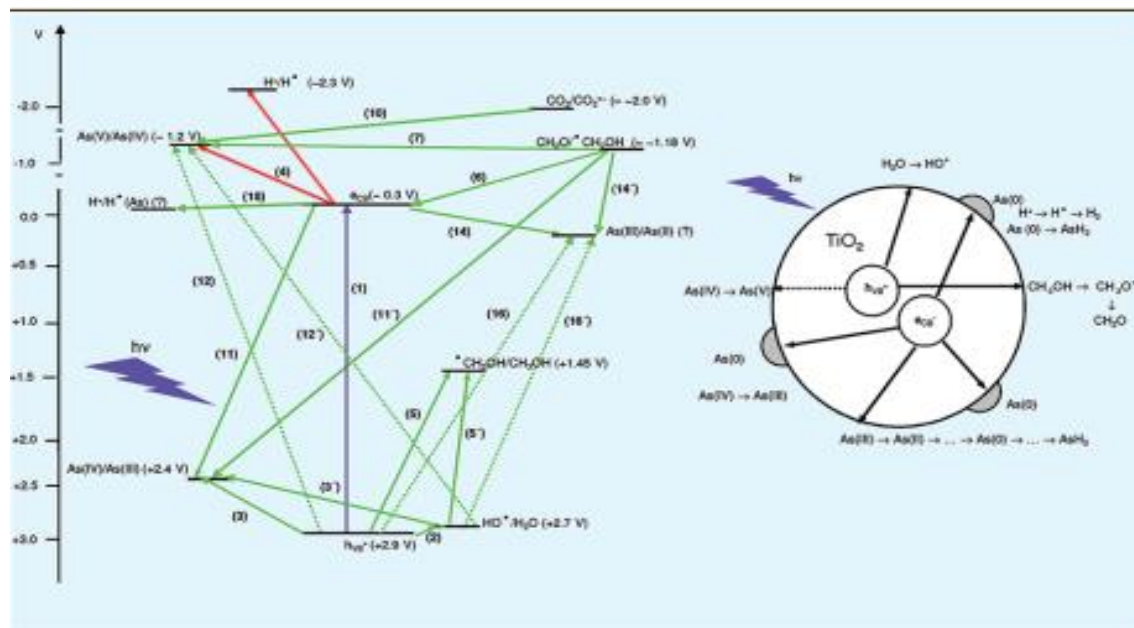
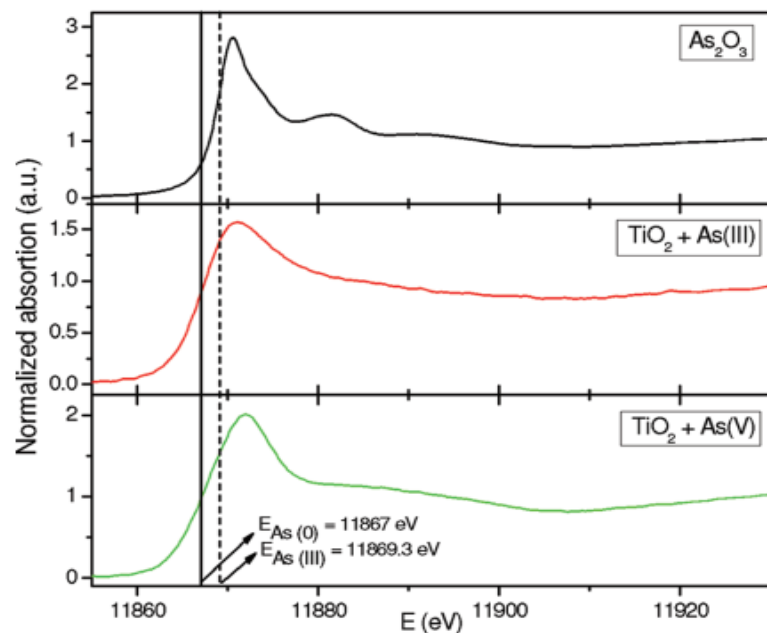
- Da información local del entorno del átomo absorbente.
- No se necesita orden de largo alcance. Se pueden estudiar muestras líquidas, geles y sólidos amorfos.
- Técnica no destructiva.
- Información que se puede obtener de cada elemento que se mida:
 - ✓ Estado de valencia.
 - ✓ Geometría del sitio.
 - ✓ Número de coordinación y elemento vecino.
 - ✓ Distancias interatómicas (con hasta centésimas de Å)
 - ✓ Grado del desorden en la estructura.



Ejemplos de XANES y EXAFS

TiO₂-Photocatalytic Reduction of Pentavalent and Trivalent Arsenic: Production of Elemental Arsenic and Arsine

Ivana K. Levy,^{†,‡,§} Martín Mizrahi,^{||} Gustavo Ruano,[⊥] Guillermo Zampieri,^{⊥,‡,‡} Félix G. Requejo,^{||,‡} and Marta I. Litter^{*,†,‡,▽}



Ejemplos de XANES y EXAFS

Unexpected Compositional and Structural Modification of CoPt₃ Nanoparticles by Extensive Surface Purification

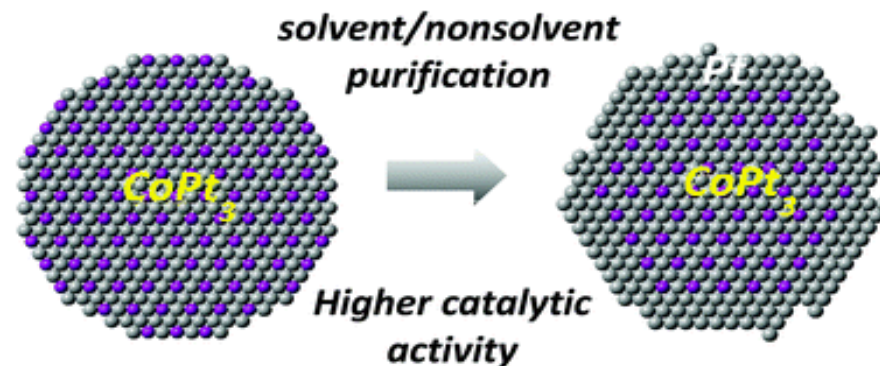
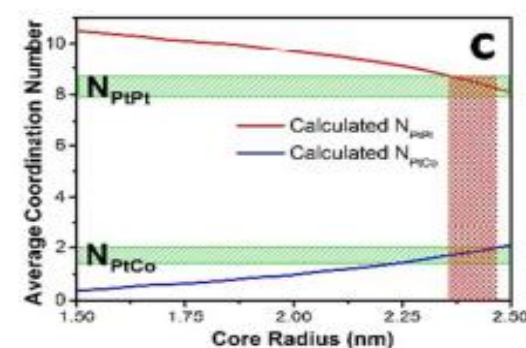
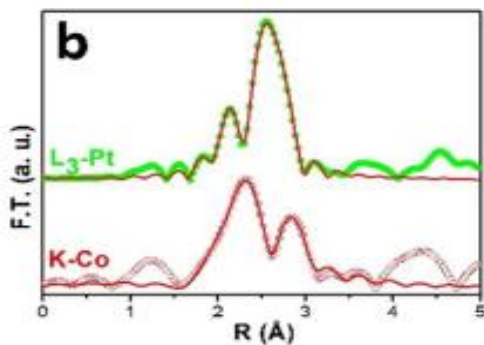
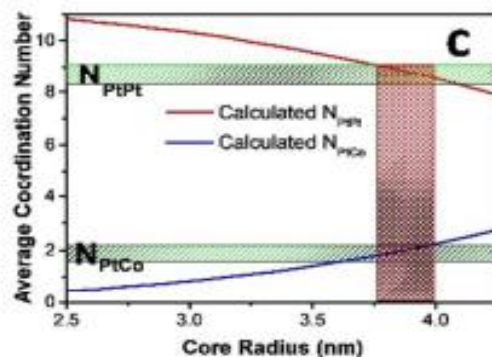
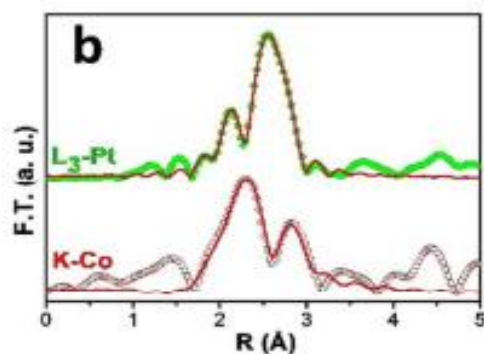
Martín D. Mizrahi,^a Galyna Krylova,^b Lisandro J. Giovanetti,^a José M. Ramallo-López,^a Yuzi Liu,^b Elena V. Shevchenko,^{b*} and Félix G. Requejo^{a*}

Nanoscale

Accepted Manuscript



This article can be cited: Nanoscale, 2018, DOI: 10.1039/C8NR00060C



Ejemplos de XANES y EXAFS

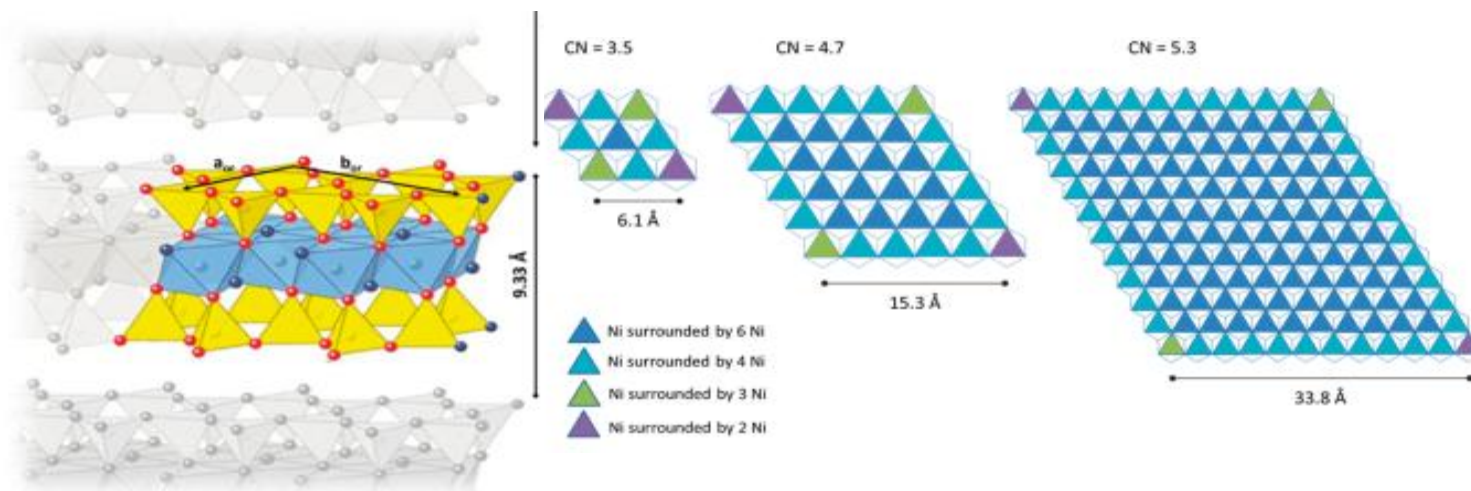
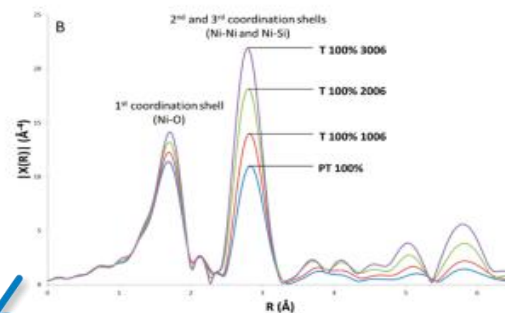
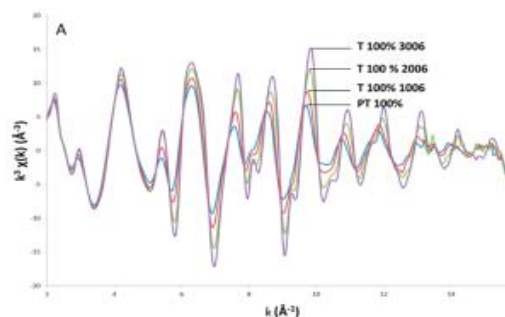
Local and Extended-Order Evolution of Synthetic Talc during Hydrothermal Synthesis: Extended X-ray Absorption Fine Structure, X-ray Diffraction, and Fourier Transform Infrared Spectroscopy Studies

Angela Dumas,^{*,†,‡} Martín Mizrahi,[†] François Martin,[‡] and Felix G. Requejo[†]

Cite this: *Cryst. Growth Des.* 2015, 15, 11, 5451-5463

Publication Date: October 5, 2015

Copyright © 2015 © 2015 American Chemical Society



Ejemplos de XANES y EXAFS

Bioelectrochemistry 121 (2018) 169–175



Contents lists available at ScienceDirect

Bioelectrochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/bioelechem

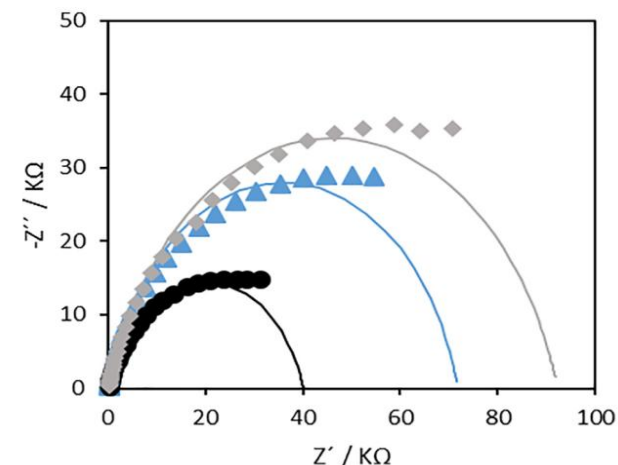
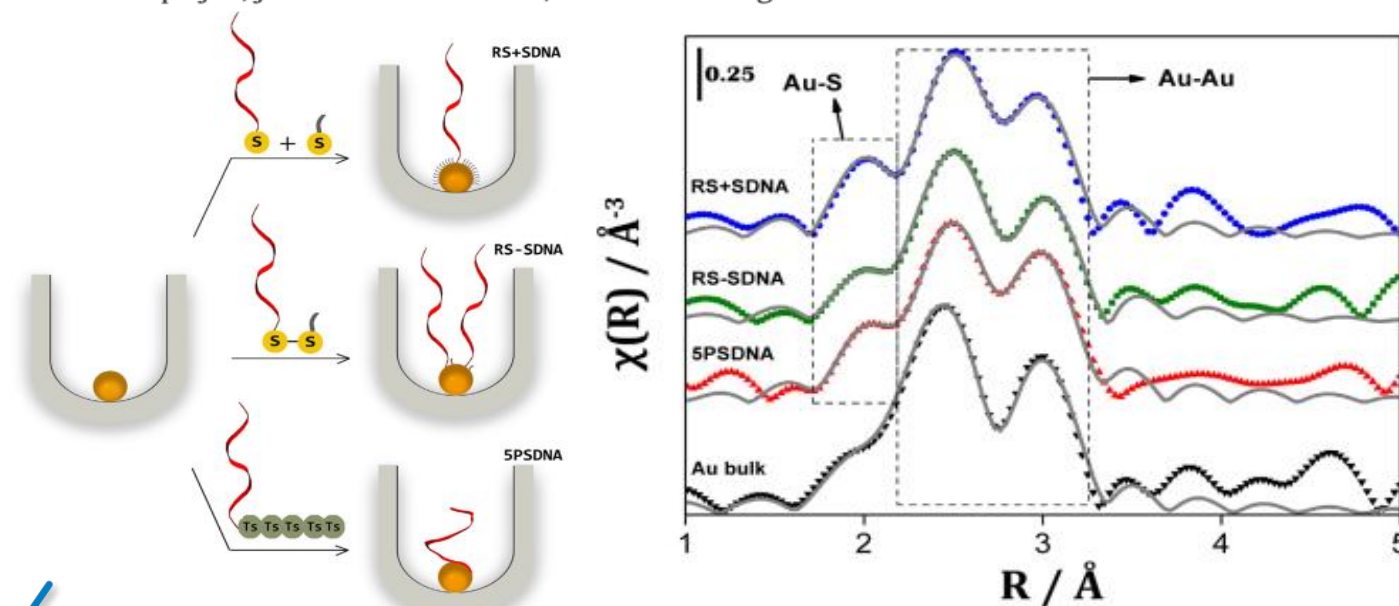


Bioelectrochemistry, 121, (2018)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2018.02.002>

Characterization and electrochemical response of DNA functionalized 2 nm gold nanoparticles confined in a nanochannel array

Ana S. Peinetti ^a, Helena Ceretti ^b, Martín Mizrahi ^c, Graciela A. González ^a, Silvana A. Ramírez ^b, Félix G. Requejo ^c, Javier M. Montserrat ^b, Fernando Battaglini ^{a,*}



Ejemplos de XANES y EXAFS

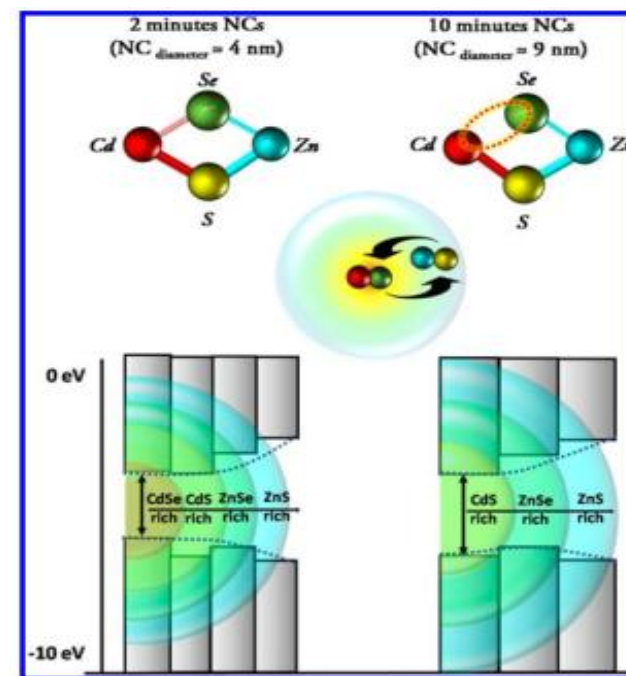
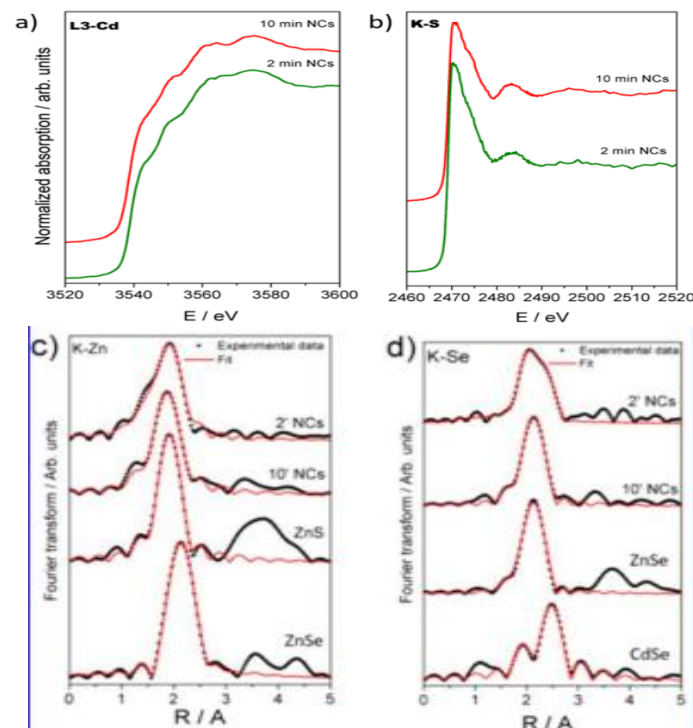
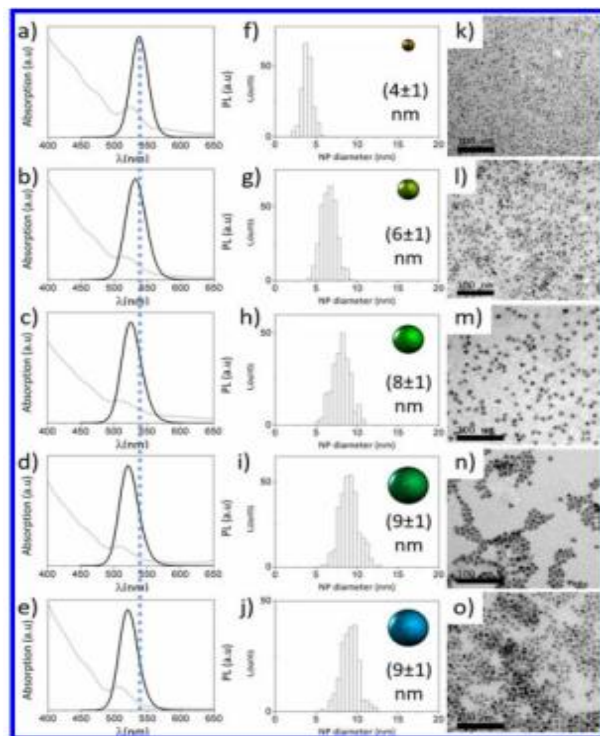
Unexpected Optical Blue Shift in Large Colloidal Quantum Dots by Anionic Migration and Exchange

María Acebrón,[†] Juan F. Galisteo-López,[‡] Cefe López,[§] Facundo C. Herrera,^{||} Martín Mizrahi,^{||} Félix G. Requejo,^{||} F. Javier Palomares,[§] and Beatriz H. Juárez^{*,†,⊥,||}

Cite this: *J. Phys. Chem. Lett.* 2018, 9, 11, 3124–3130

Publication Date: May 21, 2018

Copyright © 2018 American Chemical Society



Ejemplos de XANES y EXAFS

Nanoscale

PAPER

View Article Online
View Journal

Check for updates

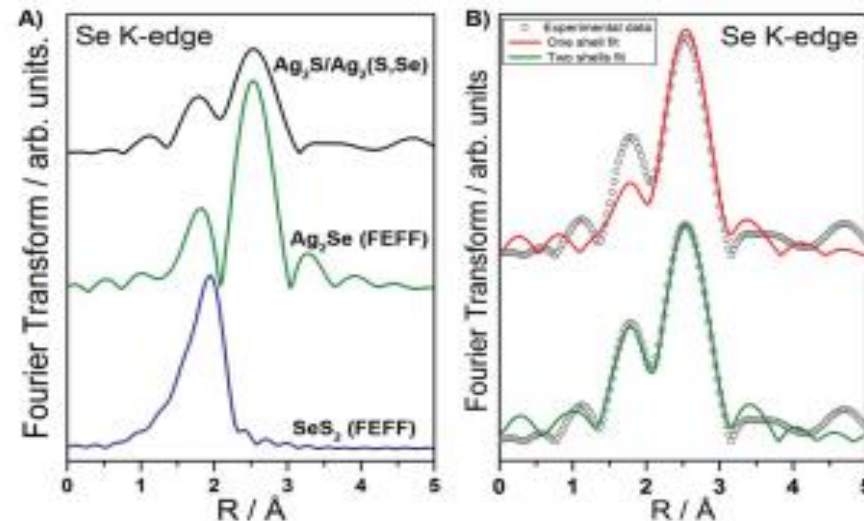
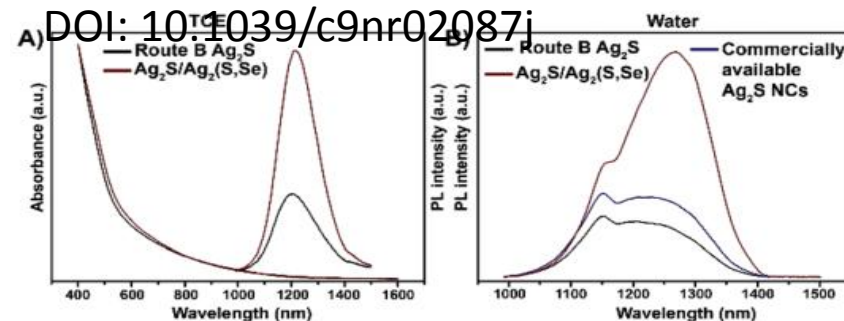
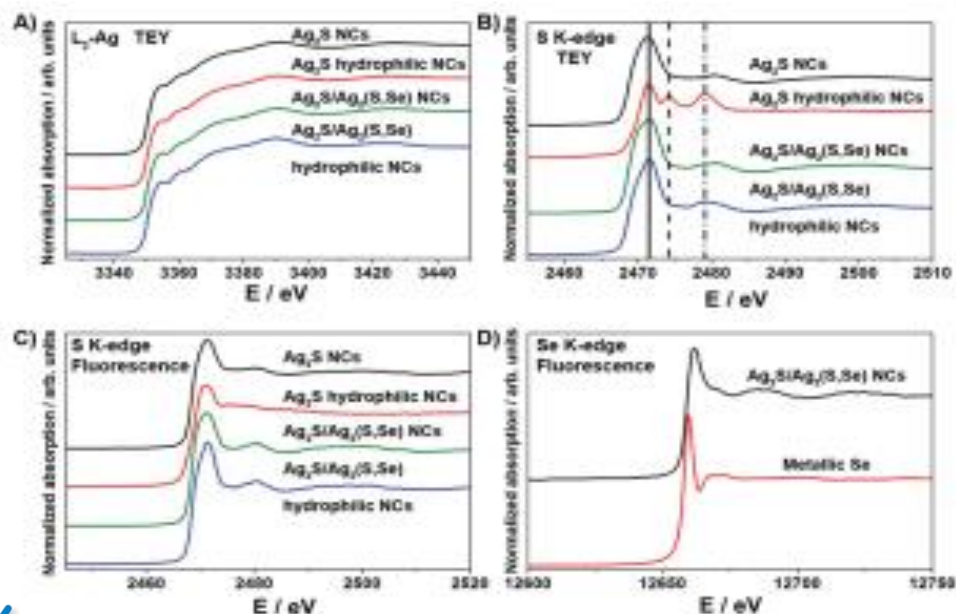
Cite this: DOI: 10.1039/c9nr02087j

Synthesis and characterization of Ag_2S and $\text{Ag}_2\text{S}/\text{Ag}_2(\text{S},\text{Se})$ NIR nanocrystals†

Diego Ruiz,^a Martín Mizrahi,^b Harrisson D. A. Santos,^{c,d} Daniel Jaque,^{b,c} Callum M. S. Jones,^b José Marqués-Hueso,^b Carlos Jacinto,^b Félix G. Requejo,^b Almudena Torres-Pardo,^f José M. González-Calbet^{f,g} and Beatriz H. Juárez^{b,*a,h}

Cite this: Nanoscale, 2019, 11, 9194-9200

DOI: 10.1039/c9nr02087j



SUNSET GROUP

Ejemplos de XANES y EXAFS

Journal of Colloid and Interface Science 516 (2018) 371–378



Contents lists available at ScienceDirect
Journal of Colloid and Interface Science
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jcis



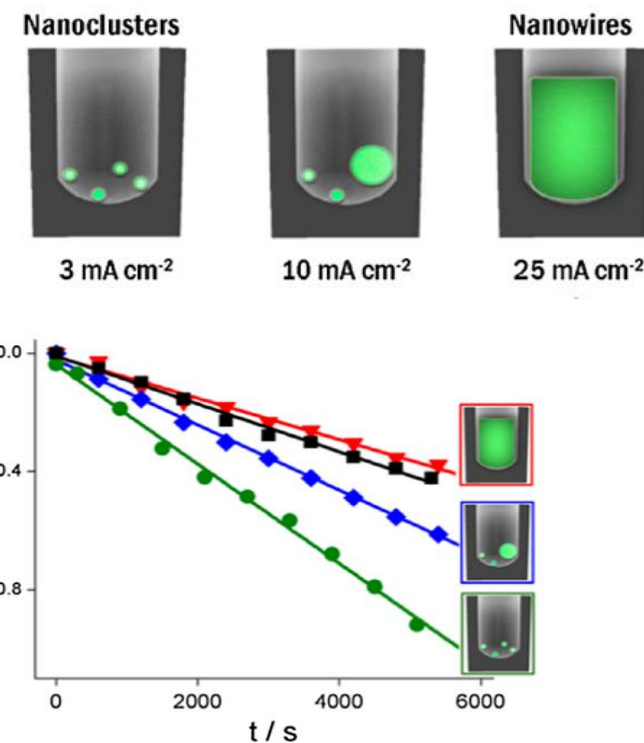
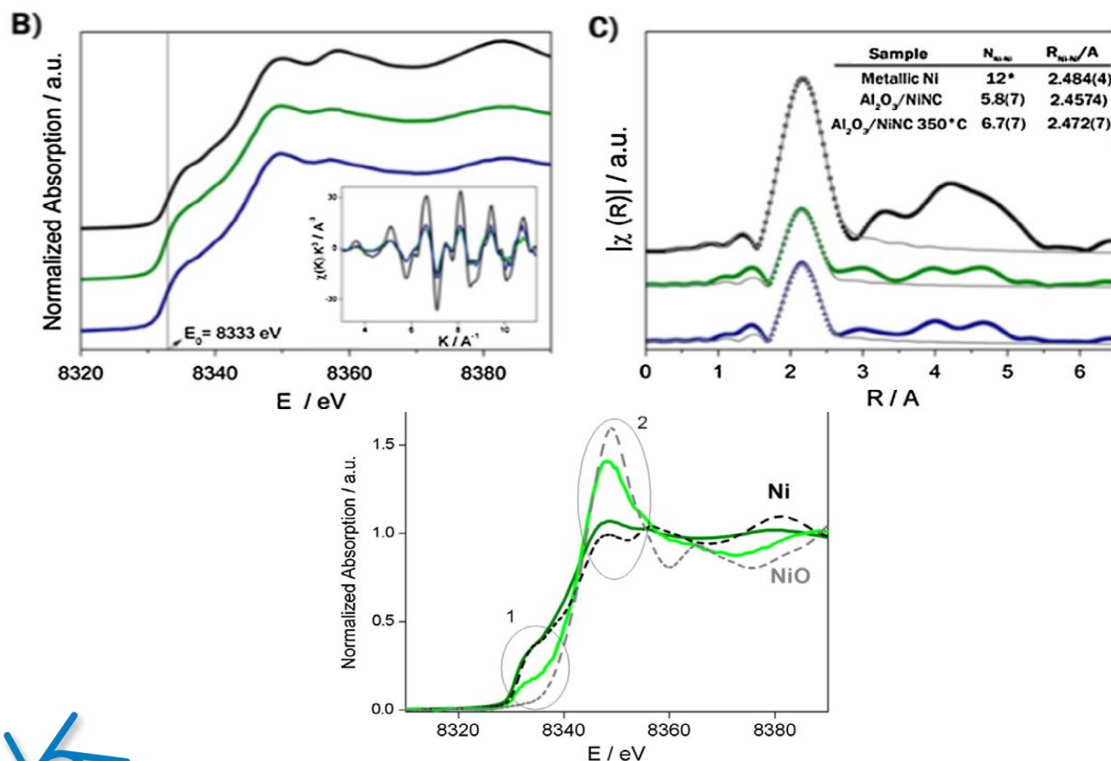
Journal of Colloid and Interface Science 516, (2018)
DOI: [10.1016/j.jcis.2018.01.083](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.01.083)

Regular Article

Synthesis of nickel entities: From highly stable zerovalent nanoclusters to nanowires. Growth control and catalytic behavior



Ana S. Peinetti^a, Martín Mizrahi^b, Félix G. Requejo^b, David Buceta^c, M. Arturo López-Ouintela^c



SUNSET GROUP

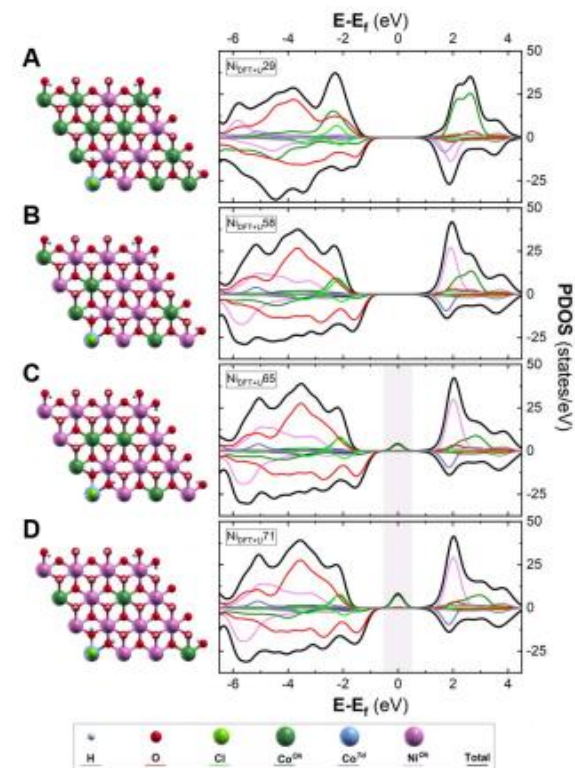
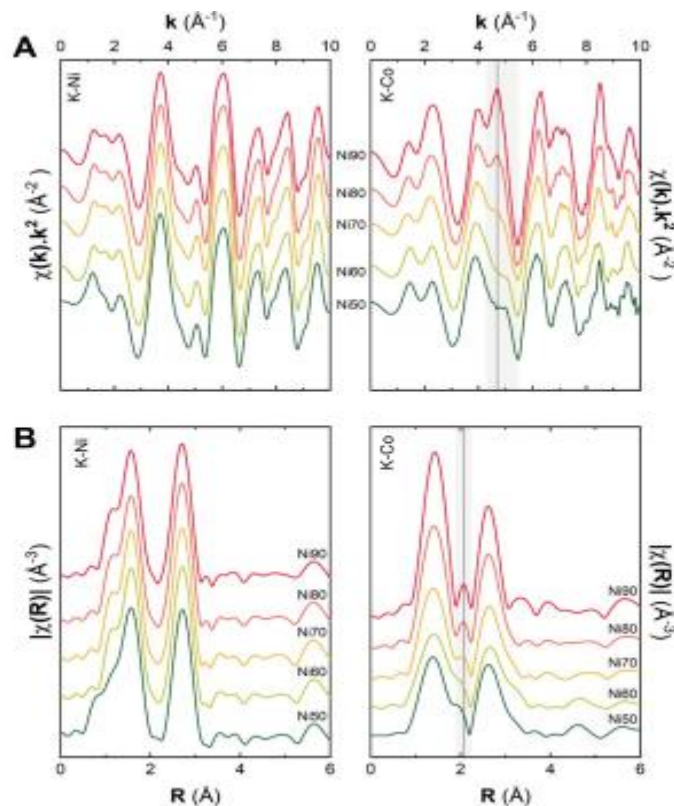
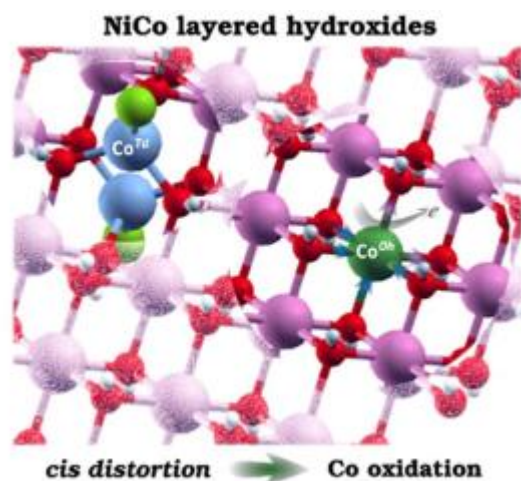
Ejemplos de XANES y EXAFS



Unveiling the occurrence of Co(III) in NiCo layered electroactive hydroxides: the role of distorted environments

Diego Hunt,^{*1‡} Victor Oestreicher,^{*2‡‡} Martin Mizrahi,^{3,4} Felix G. Requejo,³ and Matias Jobbágy^{*2}

To be cited as: *Chem. Eur. J.* 10.1002/chem.202001944



Ejemplos de XANES y EXAFS

Novel catalytic route for hydrogenation-dehydrogenation of $2\text{LiH}+\text{MgB}_2$ via *in-situ* formed core-shell Li_xTiO_2 nanoparticles[†]

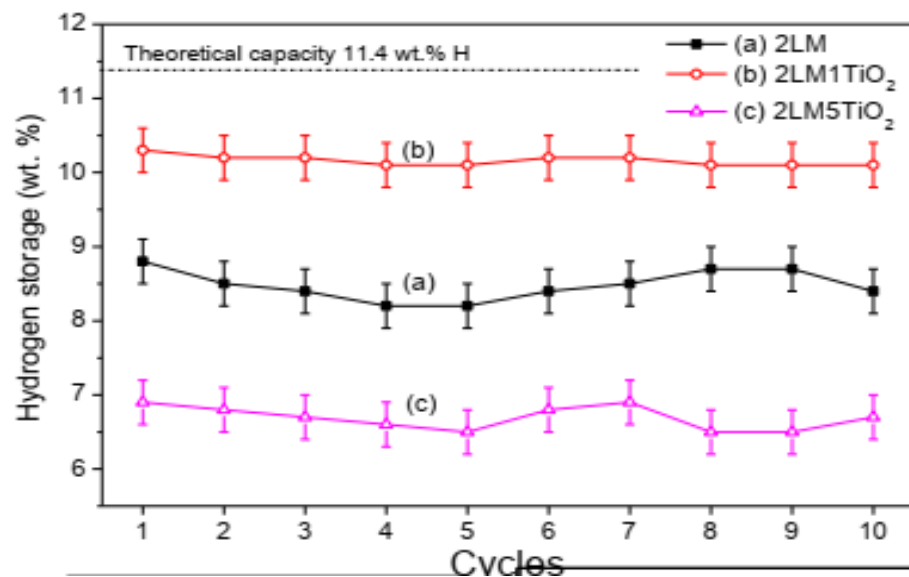
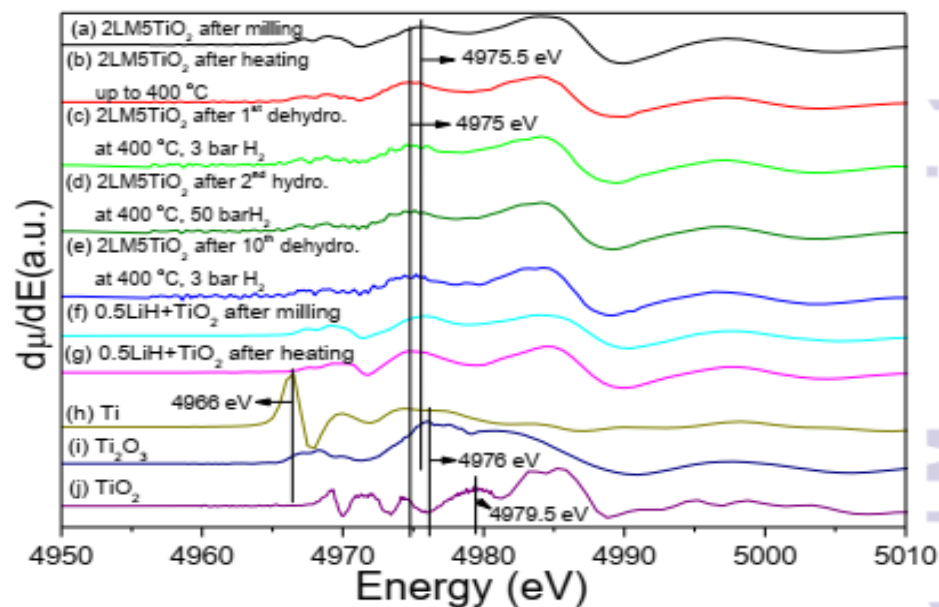
J.A. Puszkiel,^{a,a,d} M.V. Castro Riglos,^b J.M. Ramallo-López,^c M. Mizrahi,^c F. Karimi,^d A. Santoru,^d A. Hoell,^a F.C. Gennari,^a P. Arneodo Larochette,^a C. Pistidda,^d T. Klassen,^{d,f} J.M. Bellosta von Colbe^d and M. Dornheim^d

Journal of
Materials Chemistry A



This article can be cited *J. Mater. Chem. A*, 2017,

DOI: 10.1039/C7TA03117C.



Bibliografía

- www.xafs.org

- <http://cars.uchicago.edu/xafs/>

- **Books and Review Articles:**

X-ray Absorption: Principles, Applications, Techniques of EXAFS, SEXAFS, and XANES, in *Chemical Analysis* 92, D. C. Koningsberger and R. Prins, ed., John Wiley & Sons, 1988.

Basic Principles and Applications of EXAFS, Chapter 10 in *Handbook of Synchrotron Radiation*, pp 995–1014. E. A. Stern and S. M. Heald, E. E. Koch, ed., North-Holland, 1983

- **Tutorials and other Training Material:**

<http://gbxafs.iit.edu/training/tutorials.html> Grant Bunker's tutorials

<http://srs.dl.ac.uk/XRS/courses/> Tutorial from Daresbury Lab, UK

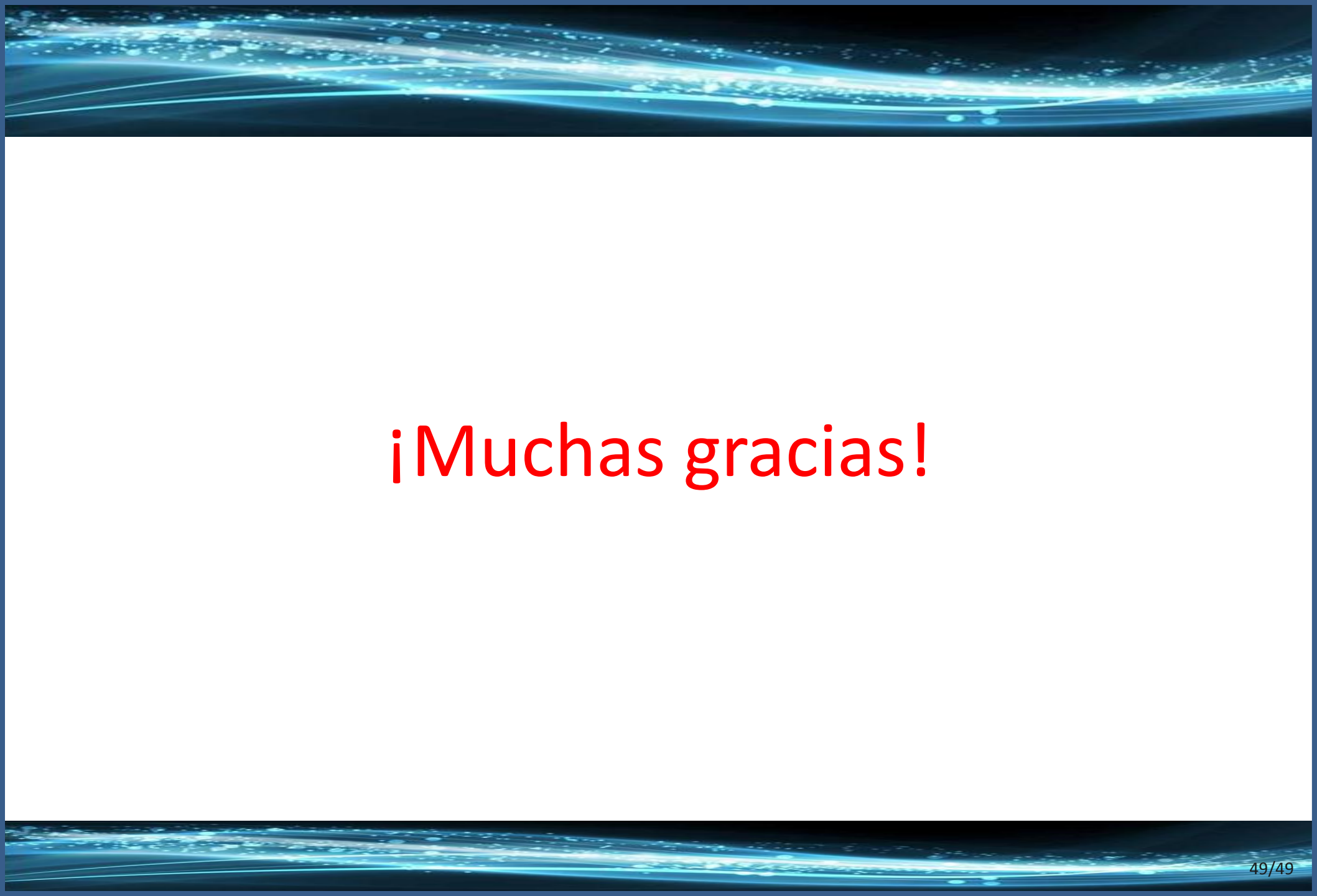
<http://leonardo.phys.washington.edu/~ravel/course/> Bruce Ravel's Course on Advanced EXAFS Analysis.

- **Software Resources:**

<http://www.esrf.fr/computing/scientific/exafs/>

http://cars9.uchicago.edu/IXS-cgi/XAFS_Programs

<http://leonardo.phys.washington.edu/feff>



¡Muchas gracias!