



QUIMICA DE COORDINACIÓN

Martha E. Sosa Torres

mest@unam.mx

¿Qué es un compuesto de coordinación?

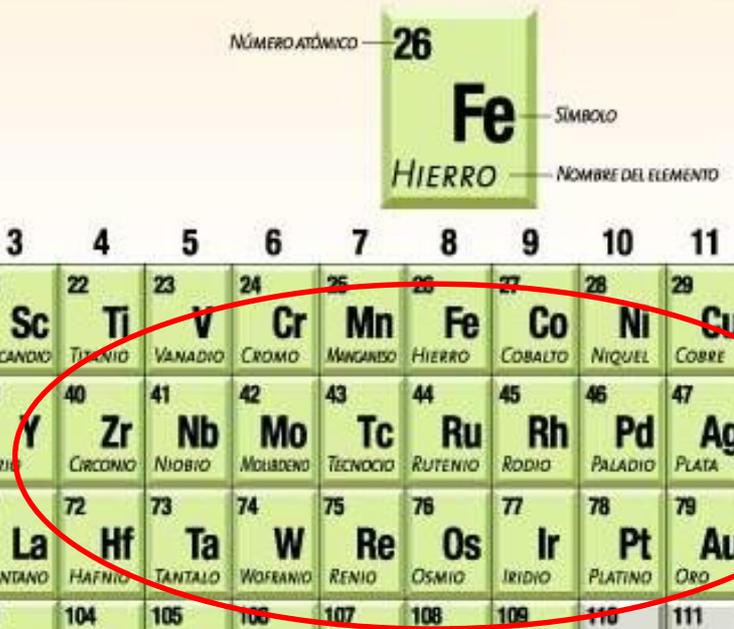
Es un compuesto formado por un **ácido** de Lewis y una **base** de Lewis:



Un **ácido** de Lewis es cualquier **metal** y una **base** de Lewis es un **ligante**, un donador de un par electrónico.

METALES DE TRANSICIÓN

PERÍODO	GRUPO																18							
	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
1	1 H HIDRÓGENO																			2 He HELIO				
2	3 Li LITIO	4 Be BERILIO																	5 B BORO	6 C CARBONO	7 N NITRÓGENO	8 O OXÍGENO	9 F FLÚOR	10 Ne NEÓN
3	11 Na SODIO	12 Mg MAGNESIO																	13 Al ALUMINIO	14 Si SILICIO	15 P FÓSFORO	16 S AZUFRE	17 Cl CLORO	18 Ar ARGÓN
4	19 K POTASIO	20 Ca CALCIO	21 Sc ESCANDIO	22 Ti TITANIO	23 V VANADIO	24 Cr CROMO	25 Mn MANGANESO	26 Fe HIERRO	27 Co COBALTO	28 Ni NIQUEL	29 Cu COBRE	30 Zn ZINC	31 Ga GALIO	32 Ge GERMANIO	33 As ARSÉNICO	34 Se SELENIO	35 Br BROMO	36 Kr CRIPCIÓN						
5	37 Rb RUBIDIO	38 Sr ESTRONCIO	39 Y ITRIO	40 Zr CIRCONIO	41 Nb NIOBIO	42 Mo MOLIBDENO	43 Tc TECNOCIO	44 Ru RUTENIO	45 Rh RODIO	46 Pd PALADIO	47 Ag PLATA	48 Cd CADMIO	49 In INDIO	50 Sn ESTAÑO	51 Sb ANTIMONIO	52 Te TELURO	53 I YODO	54 Xe XENÓN						
6	55 Cs CESIO	56 Ba BARIO	57 La LANTANO	72 Hf HAFNIO	73 Ta TANTALO	74 W WOLFRAMIO	75 Re RENIÓ	76 Os OSMIO	77 Ir IRIDIO	78 Pt PLATINO	79 Au ORO	80 Hg MERCURIO	81 Tl TALO	82 Pb PLOMO	83 Bi BISMUTO	84 Po POLONIO	85 At ASTATO	86 Rn RADÓN						
7	87 Fr FRANCIO	88 Ra RADIO	89 Ac ACTINIO	104 Rf RIFORDIO	105 Db DUBNIO	106 Sg SUBORGIO	107 Bh BOHNIO	108 Hs HASSIO	109 Mt METLENIO	110 Uun UNUNUNIO	111 Uuu UNUNUNIO	112 Uub UNUNUNIO		114 Uuq UNUNQUATRO		116 Uuh UNUNSEIS		118 Uuo UNUNOCHO						



LANTÁNIDOS	6	58 Ce CERIO	59 Pr PRASODIMIO	60 Nd NEODIMIO	61 Pm PROMECIO	62 Sm SAMARIO	63 Eu EUROPIO	64 Gd GADOLINO	65 Tb TARBIO	66 Dy DISPROSIO	67 Ho HOLMIO	68 Er ERBIO	69 Tm TULIO	70 Yb HARBIO	71 Lu LUTECIO
ACTÍNIDOS	7	90 Th TORIO	91 Pa PROACTINIO	92 U URANIO	93 Np NEPTUNIO	94 Pu PLUTONIO	95 Am AMERICIO	96 Cm CURIO	97 Bk BERKELIO	98 Cf CALIFORNIO	99 Es EINSTEINIO	100 Fm FERMIÓ	101 Md MENDELÉVIO	102 Np NOBELIO	103 Lr LAURENCIO

EJEMPLOS DE COMPUESTOS DE COORDINACION



Sulfato de cobre pentahidratado



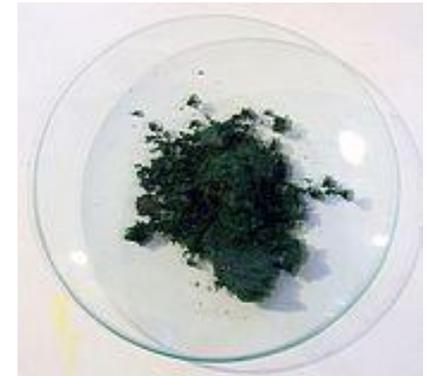
Heliodoro



Cloruro de cromo anhidro



Oxido de cromo (VI)



Cloruro de cromo hidratado



Cloruro de hexaammin cobalto(III)

EJEMPLOS DE COMPUESTOS DE COORDINACION NATURALES



Crocoita (PbCrO_4)



Cromato de sodio (Na_2CrO_4)



Rubí: ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$)



Cristal de esmeralda



Cristal hexagonal de Esmeralda
($\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6:\text{Cr}$)



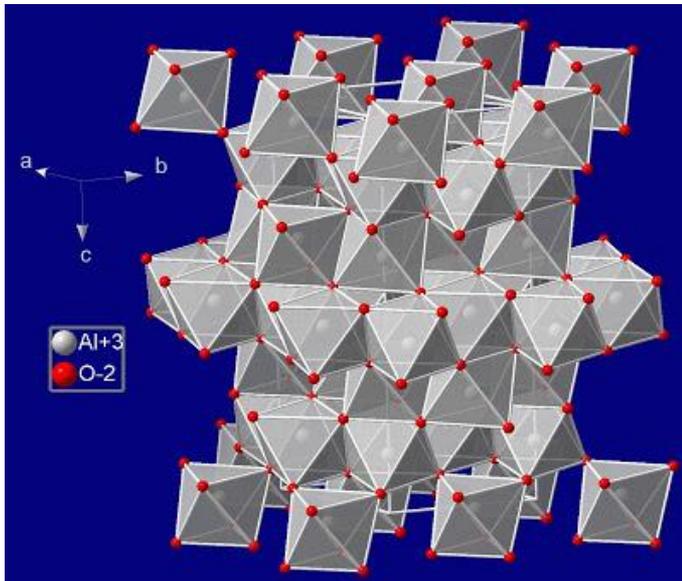
Alejandrita: ($\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}$)

Azul-verde en la luz del día y rojo purpura bajo la luz incandescente.

El Rubí

El rubí es una variedad del corindón (óxido de aluminio Al_2O_3) con una pequeña fracción de los iones Al^{+3} remplazados por iones Cr^{+3} .

Siendo la estructura cristalina del corindón:



Encontrándose cada ion Cr^{+3} , al igual que el Al^{+3} , coordinado a seis iones O^{-2} adoptando una geometría octaédrica, ya que ésta es la más estable. Si nos fijamos en la teoría del campo cristalino, con una energía de estabilización del campo cristalino: $\text{EECC} = -1.2 \Delta_0$

El Zafiro



El zafiro, al igual que el rubí, es una variedad del corindón (óxido de aluminio Al_2O_3) con una pequeña fracción de los iones Al^{+3} remplazados por iones vanadio (dando color púrpura al mineral), titanio (dando color azul) y hierro (dando color amarillo-verde al mineral). Donde el ion hierro puede encontrarse como Fe^{+2} o Fe^{+3} , mientras el titanio se encuentra generalmente como Ti^{+4} . Debiéndose el color a las transiciones d-d para el caso del vanadio e hierro, y a las bandas de transferencia de carga en el titanio.

Química de los compuestos de coordinación

- Compuestos de los metales de transición
- Estados de oxidación variables
- Presentan colores
- Los colores de los compuestos del mismo metal varían según el ligante
- Composición compleja
- Propiedades magnéticas inusuales
- Propiedades luminiscentes

Nombres dados a los compuestos después de su descubrimiento

<i>Complejo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fórmula moderna</i>
$\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot \text{NH}_4\text{SCN} \cdot 2\text{NH}_3$	Sal de Reinecke	$\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{NCS})_4(\text{NH}_3)_2]$
$2\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$	Sal verde de Magnus	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$
$\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{KNO}_2 \cdot 2\text{NH}_3$	Sal de Erdmann	$\text{K}[\text{Co}(\text{NO}_2)_4(\text{NH}_3)_2]$
$\text{PtCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot \text{C}_2\text{H}_4$	Sal de Zeise	$\text{K}[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)]$

Nombres dados a los compuestos de acuerdo a su color

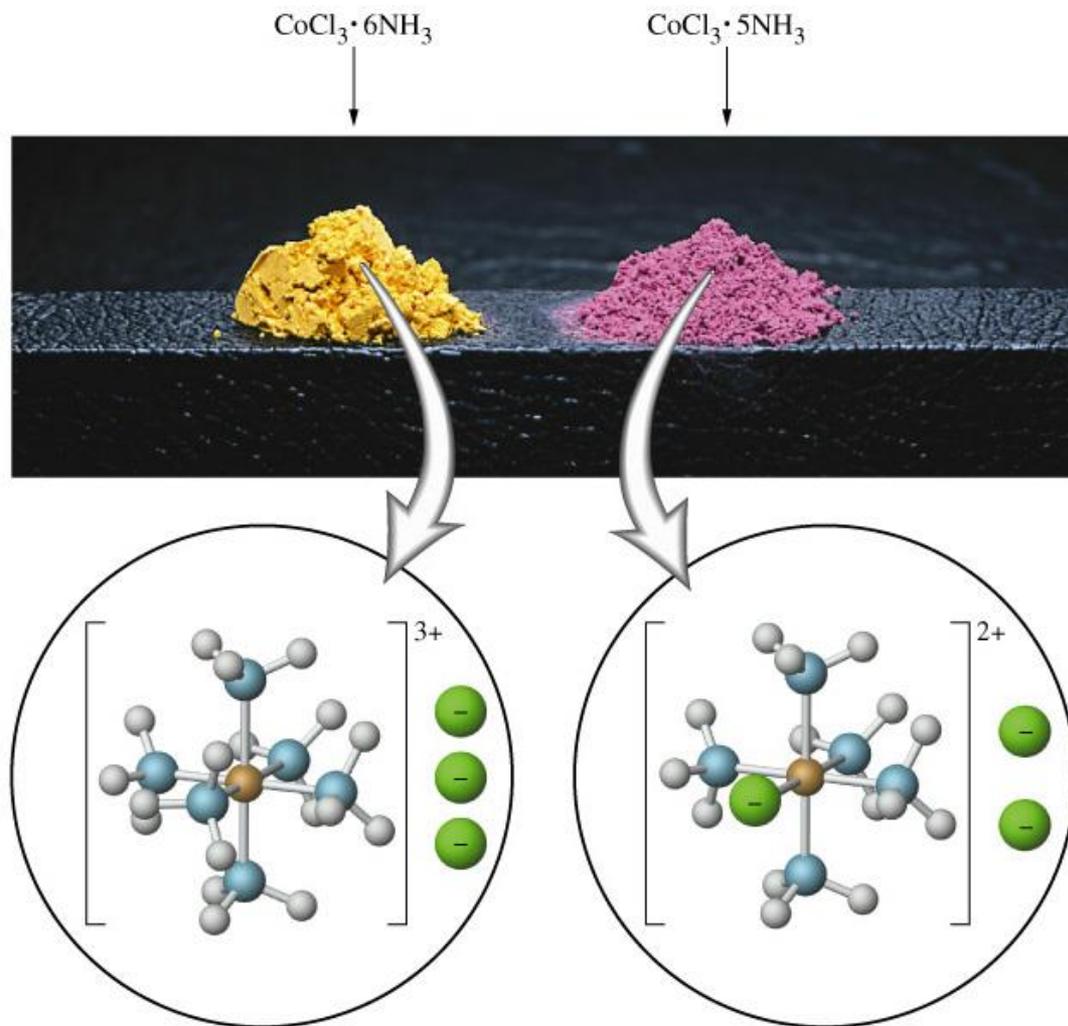
<i>Complejo</i>	<i>Color</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fórmula moderna</i>
$\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$	Amarillo	Cloruro luteocobáltico	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$
$\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$	Morado	Cloruro purpureocobáltico	$[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$
$\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$	Verde	Cloruro praseocobáltico	<i>trans</i> - $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
$\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$	Violeta	Cloruro violeocobáltico	<i>cis</i> - $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
$\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Rojo	Cloruro roseocobáltico	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$
$\text{IrCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$	Blanco	Cloruro luteoirídico	$[\text{Ir}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

Número de iones cloruro precipitados como AgCl

<i>Complejo</i>	<i>Número de iones Cl⁻ precipitados</i>	<i>Fórmula moderna</i>
$\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$	3	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}, 3\text{Cl}^-$
$\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$	2	$[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]^{2+}, 2\text{Cl}^-$
$\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$	1	$[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+, \text{Cl}^-$
$\text{IrCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3$	0	$[\text{IrCl}_3(\text{NH}_3)_3]$

Conductividad molar de complejos de platino (IV)

<i>Complejo</i>	<i>Conductividad molar (S)</i>	<i>Número de iones</i>	<i>Fórmula moderna</i>
$\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$	523	5	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]^{4+}, 4\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{NH}_3$	404	4	$[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]^{3+}, 3\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$	229	3	$[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_4]^{2+}, 2\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 3\text{NH}_3$	97	2	$[\text{PtCl}_3(\text{NH}_3)_3]^+, \text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{NH}_3$	0	0	$[\text{PtCl}_4(\text{NH}_3)_2]$
$\text{PtCl}_4 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{KCl}$	109	2	$\text{K}^+, [\text{PtCl}_5(\text{NH}_3)]^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{KCl}$	256	3	$2\text{K}^+, [\text{PtCl}_6]^{2-}$

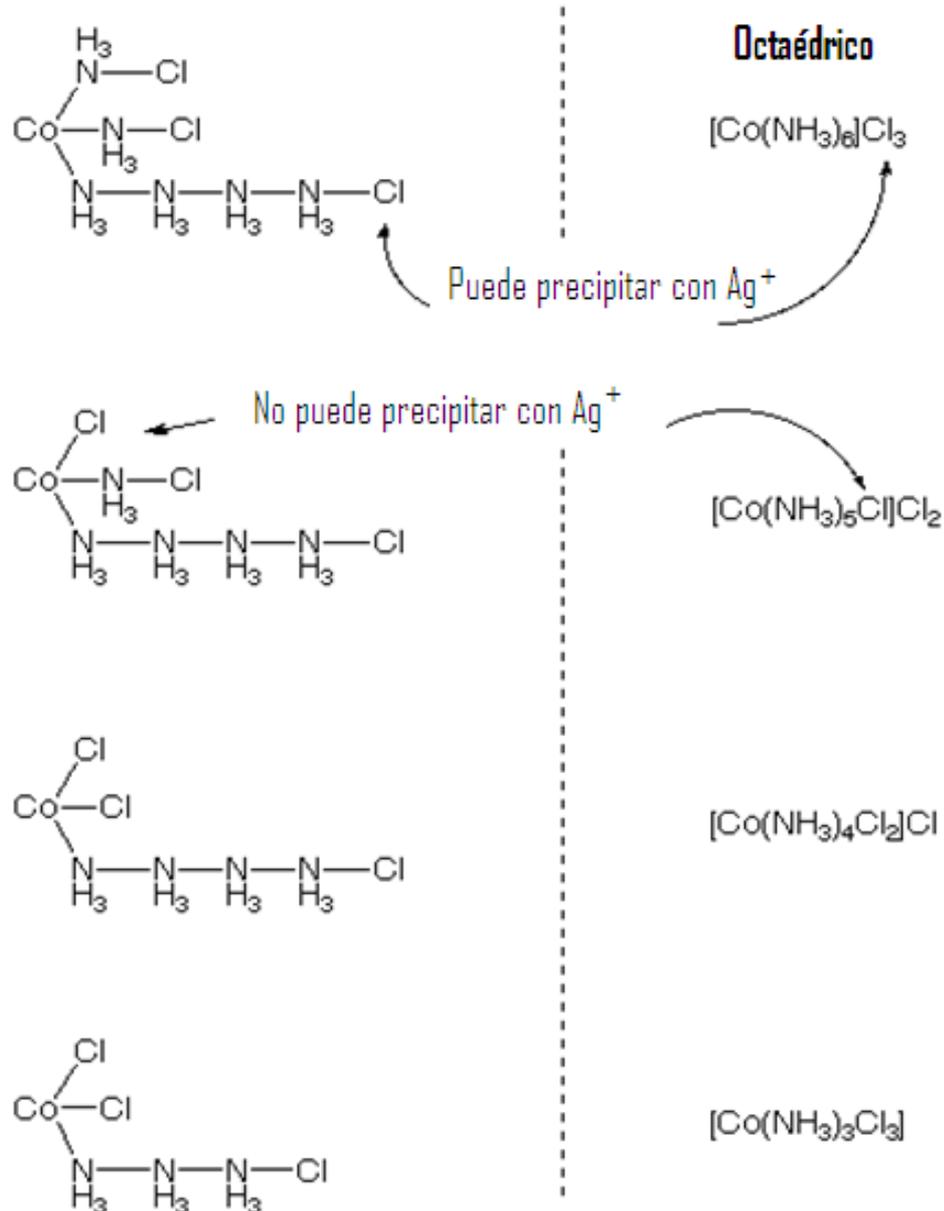


Alfred Werner propuso su **Teoría de Coordinación** cuando tenía 26 años y por tal contribución el recibió el Premio Nobel de Química Inorgánica en 1913.



Sophus M Jørgensen
(1837- 1914) Danés

Blomstrand -Jørgensen



Werner

Teoría de Coordinación de Werner

Postulados

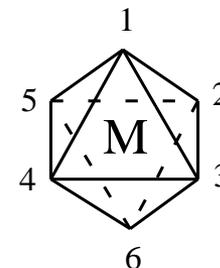
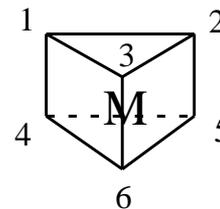
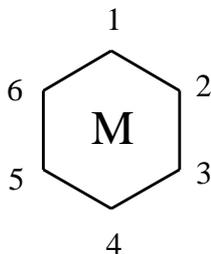
(1) La mayoría de los elementos exhiben dos tipos de valencia. (a) la valencia primaria (—) y (b) la valencia secundaria (— — —)

(a) Corresponde al estado de oxidación (b) Corresponde al número de coordinación

(2) Cada elemento tiende a satisfacer ambas valencias, la primaria y la secundaria

(3) La valencia secundaria está dirigida hacia posiciones fijas en el espacio. Notar que ésta es la base para la estereoquímica de los compuestos de coordinación.

Número de isómeros conocidos comparado con las posibilidades teóricas para tres diferentes estructuras

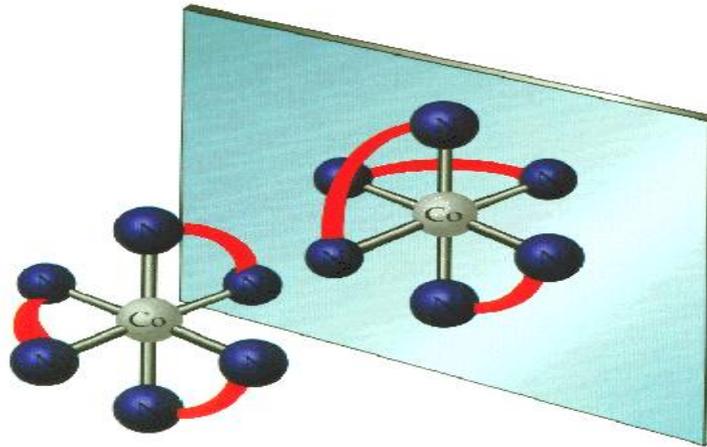


Complejos	Número de isómeros conocidos	Plana	Prisma trigonal	Octaédrica
MA₅B	Uno	Uno	Uno	Uno
MA₄B₂	Dos	Tres (1,2; 1,3; 1,4)	Tres (1,2; 1,4; 1,6)	Dos (1,2; 1,6)
MA₃B₃	Dos	Tres (1,2,3; 1,2,4; 1,3,5)	Tres (1,2,3; 1,2,4; 1,2,6)	Dos (1,2,3; 1,2,6)

Isómeros ópticos

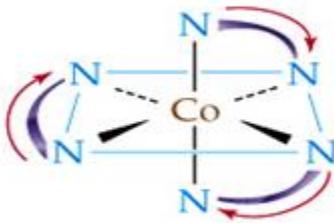
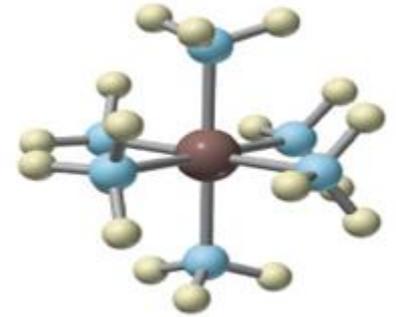
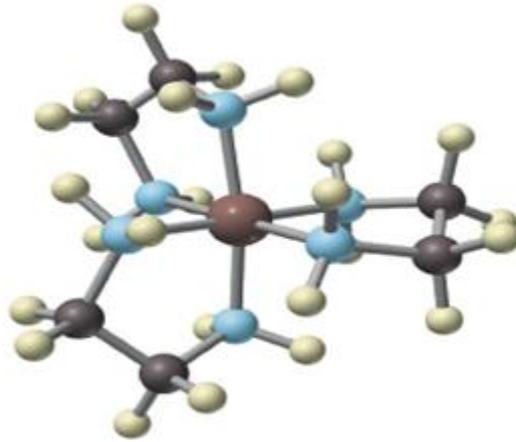
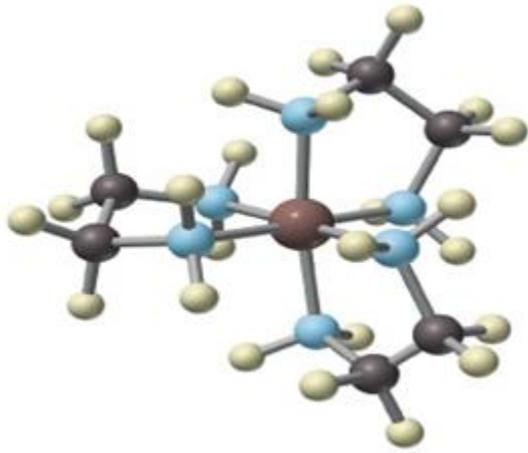
$K_3 [Cr(C_2O_4)_3]$, trioxalatocromato(III) de potasio

$[Co(en)_3]Cl_3$, cloruro de tris(etilendiamina)cromo(III)

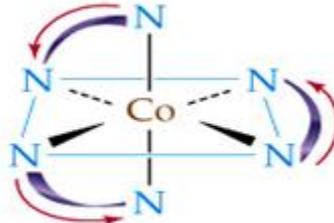


Isomería óptica en los compuestos de coordinación

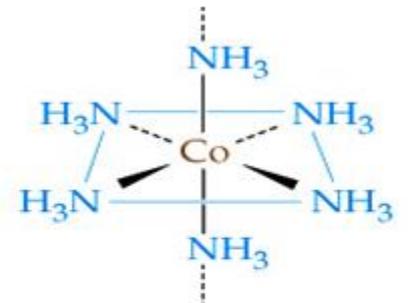
- 1) Centro estereogénico en el centro metálico.
- 2) Centro estereogénico en un ligante con un carbón quiral.
- 3) Centro estereogénico en un nitrógeno quiral coordinado.



$[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

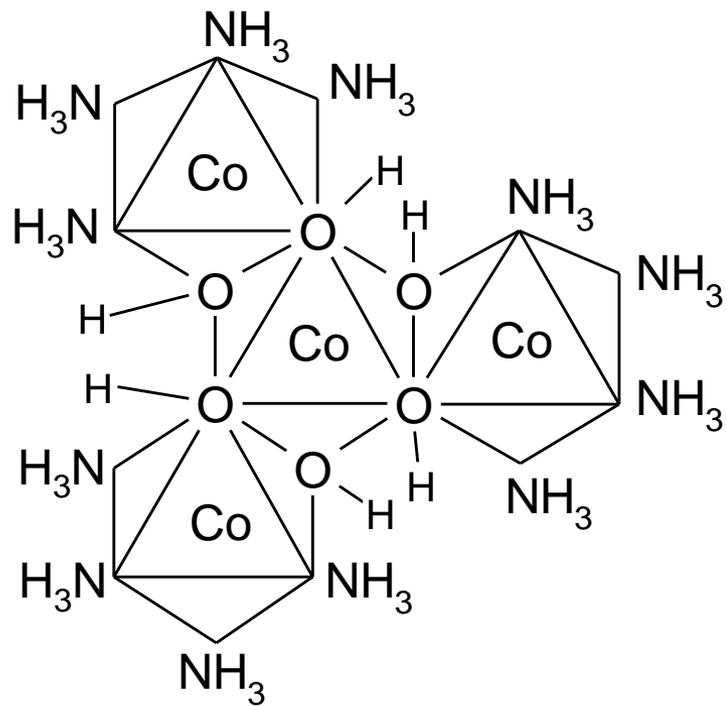


$[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

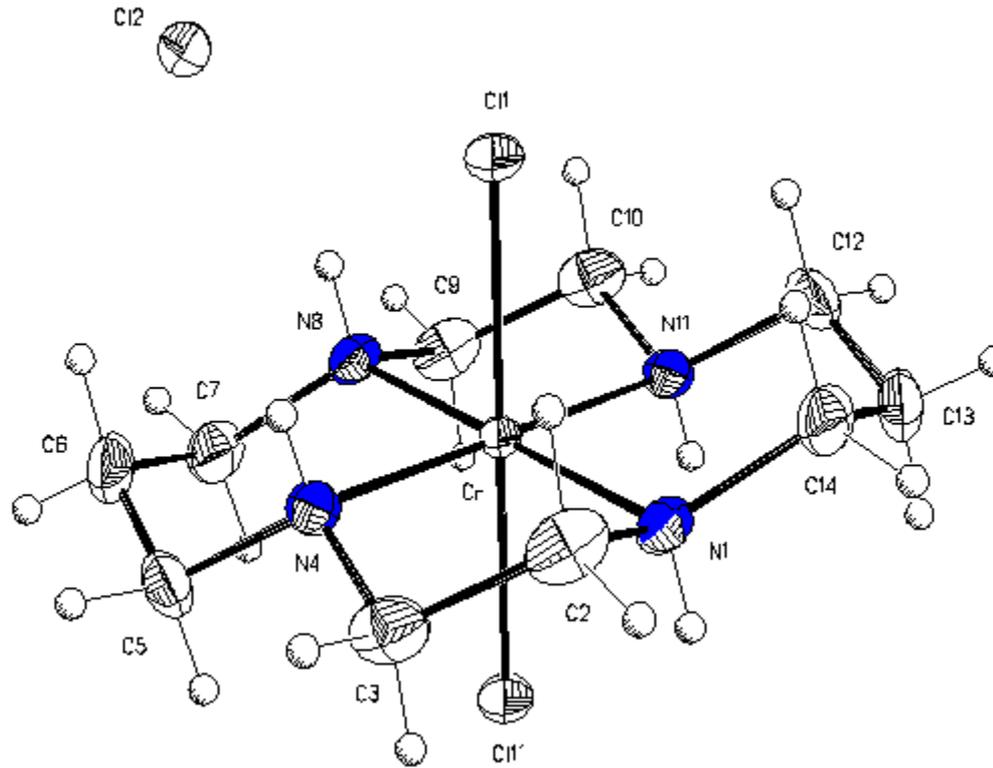


$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

Enantiómero del catión
{tris[tetrammin- μ -dihidroxocobalto(III)]cobalto(III)}⁶⁺

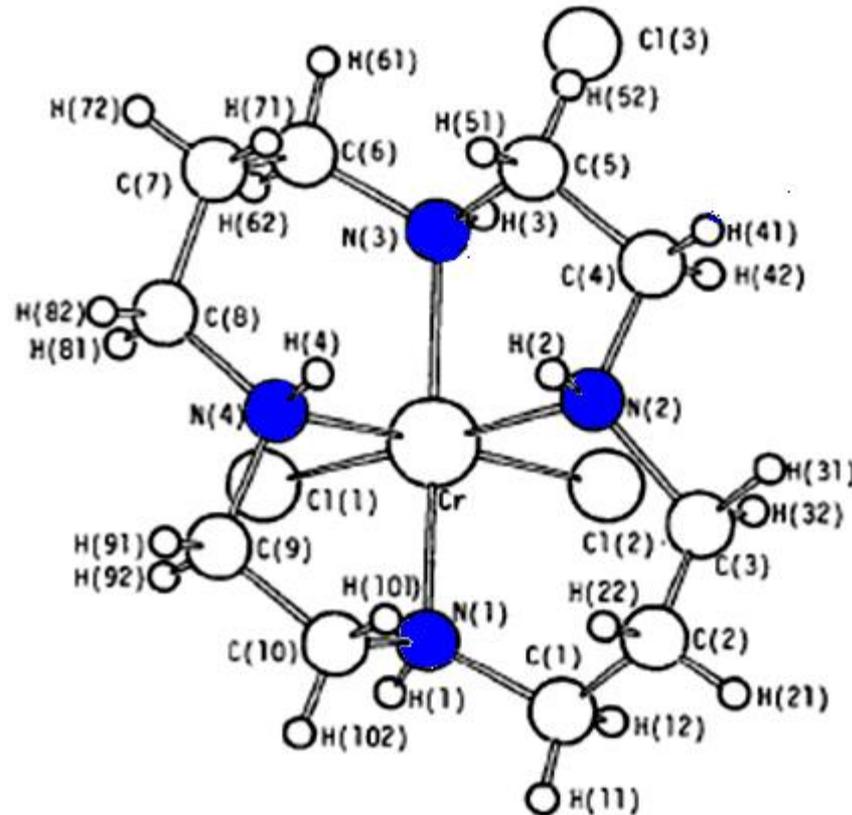


Centro estereogénico en los nitrógenos coordinados



trans-RSSR-[CrCl₂(ciclam)]Cl , (ciclam = 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecano
Cloruro de *trans*-RSSR-dicloro, (1,4,8,11-tetraazacyclotetradecano)

Centro estereogénico en los nitrógenos coordinados



cis-RRRR(SSSS) [CrCl₂(ciclam)]Cl, (ciclam = 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecano
Cloruro de *cis*-RRRR(SSSS) dicloro(1,4,8,11-tetraazacyclotetradecano)

El *(-)-cis-(RRRR)-[CrCl₂(cyclam)]ClO₄*

fue resuelto por *House & McKee* en 1984

NOMENCLATURA

IUPAC

Las sales se designan en la forma común utilizando un nombre de dos palabras y a los compuestos neutros se les da nombre de una palabra.

Por ejemplo:

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ Cloruro de hexammincobalto(III)*

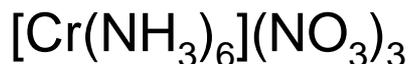
$\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ Diammindicloroplatino(II)

* Sugerida por de Stocks

Listado de los iones

-Se nombra primero el anión seguido del nombre del catión. Ejemplos:

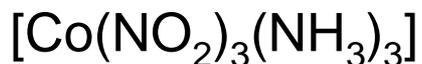
NaCl Cloruro de sodio



Nitrato de hexaammincromo(III)

Complejos no iónicos

El nombre de los complejos no iónicos es una sola palabra



triammintrinitrocobalto(III)

Nombres de los ligantes

Los ligantes neutros reciben el mismo nombre que su molécula, los ligantes negativos tienen la terminación o y los ligantes positivos (que son poco comunes) tienen la terminación io.



etilendiamina

trifenilfosfina

cloro

acetato

hidrazinio

Excepciones:

H₂O	agua(o)
NH₃	ammin
CO	carbonil
NO	nitrosil

Orden de los ligantes

Los ligantes en un complejo se enlistan en orden alfabético:

[PtCl(NO₂)₂(NH₃)₃]₂(SO₄) sulfato de triamminclorodinitroplatino(IV)

NH₄[CrBr₄(en)] tetrabromo(etilendiamina)cromato(III) de amonio

en = NH₂CH₂CH₂NH₂ = etilendiamina

Prefijos numéricos

Se usan los prefijos di-, tri-, tetra-, etc., antes de los nombres de los ligantes simples tales como bromo, nitro y oxalato; los prefijos bis-, tris-, tetraquis-, pentaquis-, etc., se usan antes de nombres complejos como etilendiamina y trialquilfosfina.

$K_3[Al(C_2O_4)_3]$ trioxalatoaluminato(III) de potasio

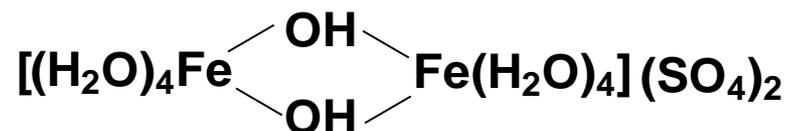
$[CoCl_2(en)_2]_2SO_4$ sulfato de diclorobis(etilendiamina)cobalto(III)

Terminación de los nombres

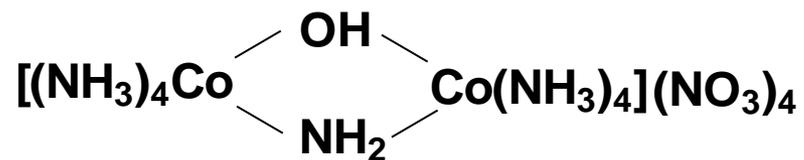
La terminación del metal en los complejos aniónicos es ato. En los compuestos catiónicos o neutros el nombre del metal se utiliza sin ninguna terminación característica.

Ligantes puente

El nombre de los ligantes que unen dos centros de coordinación va precedido por la letra griega μ , que se repite antes del nombre de cada ligante puente.



sulfato de μ -dihidroxobis(tetraacuahierro(III))



nitrateo de μ -amido- μ -hidroxobis(tetraammincobalto(III))

Átomo de enlace

Cuando sea necesario, se puede designar el átomo de enlace de un ligante colocando el símbolo del elemento que está directamente unido, después del nombre del grupo (en letras cursivas), separada por un guión.

$(\text{NH}_4)_3[\text{Cr}(\text{NCS})_6]$ hexatiocianato-*N*-cromato(III) de amonio

$(\text{NH}_4)_2[\text{Pt}(\text{SCN})_6]$ hexatiocianato-*S*-platino(IV) de amonio

para el tiocianato, nitrito y cianuro, se pueden utilizar los siguientes nombres:

-SCN tiocianato

-NO₂ nitro

-CN ciano

-NCS isotiocianato

-ONO nitrito

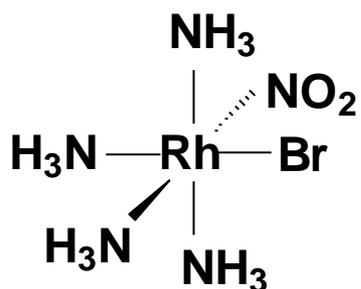
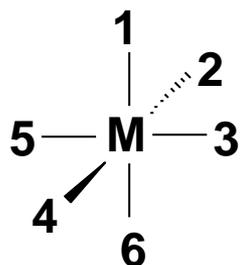
-NC isociano

Isómeros geométricos

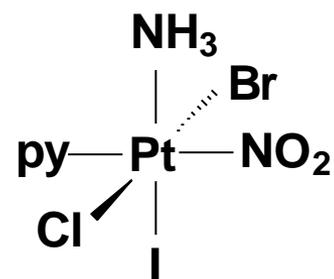
A los isómeros geométricos se les da nombre utilizando los términos *cis* que designa posiciones adyacentes (90°) y *trans* posiciones opuestas (180°). A veces es necesario utilizar un sistema numérico para designar la posiciones de cada ligante.

En los complejos cuadrados los ligantes 1-3 y 2-4 se encuentran en posiciones *trans*.

En los complejos octaédricos, los ligantes en posición *trans* se numeran 1-6, 2-4 y 3-5:

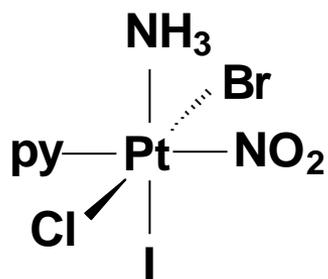
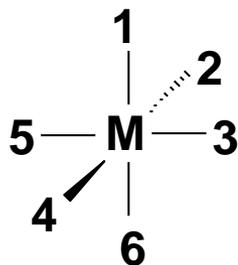


ion *cis*-tetraamminbromonitrorodio(III)

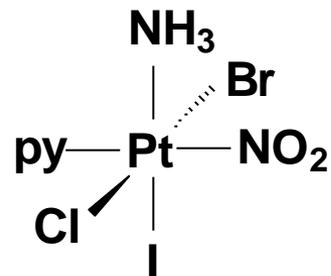


1-ammin-2-bromo-4-cloro-6-iodonitro(piridina)platino(IV)

nombre opcional:

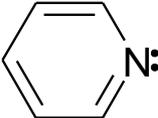
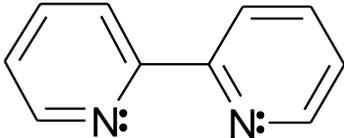
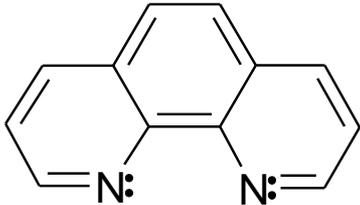


1-ammin-2-bromo-4-cloro-6-iodonitro(piridina)platino(IV)

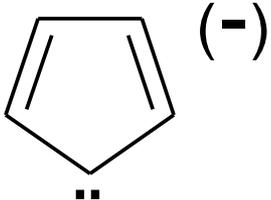


trans-amminiido-trans-bromocloronitro(piridina)platino(IV)

Símbolos usados para algunos ligantes

<i>Símbolo</i>	<i>Nombre del ligante</i>	<i>Fórmula</i>
en	etilendiamina	$\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{H}_2$
py	piridina	
pn	propilendiamina	$\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{H}_2$
dien	dietilentriamina	$\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{HCH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{H}_2$
trien	trietilentetramina	$\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{HCH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{HCH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}}\text{H}_2$
bipy	2,2'-bipiridina	
phen	1,10-fenantrolina	

Símbolos usados para algunos ligantes

<i>Símbolo</i>	<i>Nombre del ligante</i>	<i>Fórmula</i>
EDTA	etilendiaminatetraacetato	$\begin{array}{c} \text{:OOCCH}_2 \quad \quad \quad \text{CH}_2\text{COO:}^- \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \quad \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \ddot{\text{N}}\text{CH}_2\text{CH}_2\ddot{\text{N}} \\ \quad \quad \quad \diagup \quad \quad \quad \diagdown \\ \text{:OOCCH}_2 \quad \quad \quad \text{CH}_2\text{COO:}^- \end{array}$
DMG	dimetilgloximato	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C} \quad \text{---} \quad \text{CCH}_3 \\ \quad \quad \quad \parallel \quad \quad \quad \parallel \\ \quad \quad \quad \text{N} \quad \quad \quad \text{N} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \quad \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{HO} \quad \quad \quad \text{O}^- \end{array}$
gly	glicinato	$\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{COO:}^-$
acac	acetilacetato	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C} \quad \text{CH}=\quad \text{CCH}_3 \\ \quad \quad \quad \parallel \quad \quad \quad \mid \\ \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \text{O}^- \\ \quad \quad \quad \cdot\cdot \quad \quad \quad \cdot\cdot \end{array}$
PPh ₃	trifenilfosfina	$\text{:P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$
Cp	ciclopentadienil	

¿Qué es un compuesto de coordinación?

Es un compuesto formado por un **ácido** de Lewis y una **base** de Lewis:



Un **ácido** de Lewis es cualquier **metal** y una **base** de Lewis es un **ligante**, un donador de un par electrónico.

PERÍODO	GRUPO																	18				
	1																	2				
1	1 H HIDRÓGENO																	2 He HELIO				
2	3 Li LITIO	4 Be BERILIO															5 B BORO	6 C CARBONO	7 N NITRÓGENO	8 O OXÍGENO	9 F FLÚOR	10 Ne NEÓN
3	11 Na SODIO	12 Mg MAGNESIO															13 Al ALUMINIO	14 Si SILICIO	15 P FÓSFORO	16 S AZUFRE	17 Cl CLORO	18 Ar ARGÓN
4	19 K POTASIO	20 Ca CALCIO	21 Sc ESCANDIO	22 Ti TITANIO	23 V VANADIO	24 Cr CROMO	25 Mn MANGANESO	26 Fe HIERRO	27 Co COBALTO	28 Ni NIQUEL	29 Cu COBRE	30 Zn ZINC	31 Ga GALIO	32 Ge GERMANIO	33 As ARSÉNICO	34 Se SELENIO	35 Br BROMO	36 Kr CRIPCIÓN				
5	37 Rb RUBIDIO	38 Sr ESTRONCIO	39 Y ITRIO	40 Zr ZIRCONIO	41 Nb NIOBIO	42 Mo MOLIBDENO	43 Tc TECNOCIO	44 Ru RUTENIO	45 Rh RODIO	46 Pd PALADIO	47 Ag PLATA	48 Cd CADMIO	49 In INDIO	50 Sn ESTAÑO	51 Sb ANTIMONIO	52 Te TELURO	53 I YODO	54 Xe XENÓN				
6	55 Cs CESIO	56 Ba BARIO	57 La LANTANO	72 Hf HAFNIO	73 Ta TANTALO	74 W WOLFRAMIO	75 Re RENIIO	76 Os OSMIO	77 Ir IRIDIO	78 Pt PLATINO	79 Au ORO	80 Hg MERCURIO	81 Tl TALO	82 Pb PLOMO	83 Bi BISMUTO	84 Po POLONIO	85 At ASTATO	86 Rn RADÓN				
7	87 Fr FRANCIO	88 Ra RADIO	89 Ac ACTINIO	104 Rf RUFONIO	105 Db DUBNIO	106 Sg SUBORGIO	107 Bh BOHNIO	108 Hs HASSIO	109 Mt METELNO	110 Uun UNUNUNIO	111 Uuu UNUNUNIO	112 Uub UNUNBIO		114 Uuq UNUNQUADIO		116 Uuh UNUNHEXADIO		118 Uuo UNUNOCTADIO				

NÚMERO ATÓMICO — 26

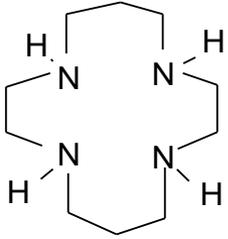
Fe — SÍMBOLO

HIERRO — NOMBRE DEL ELEMENTO



LANTÁNIDOS	6	58 Ce CERIO	59 Pr PRASODIMIO	60 Nd NEODIMIO	61 Pm PRIMENIO	62 Sm SAMARIO	63 Eu EUROPIO	64 Gd GADOLINIO	65 Tb TERBIO	66 Dy DISPROSIO	67 Ho HOLMIO	68 Er ERBIO	69 Tm TULIO	70 Yb YTERBIO	71 Lu LUTECIO
ACTÍNIDOS	7	90 Th TORIO	91 Pa PROTACTINIO	92 U URANIO	93 Np NEPTUNIO	94 Pu PLUTONIO	95 Am AMERICIO	96 Cm CURIO	97 Bk BERKELIO	98 Cf CALIFORNIO	99 Es EINSTEINIO	100 Fm FERMIIO	101 Md MENDELÉVIO	102 Np NOBELIO	103 Lr LAURENCIO

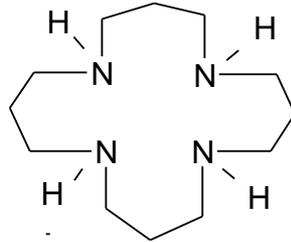
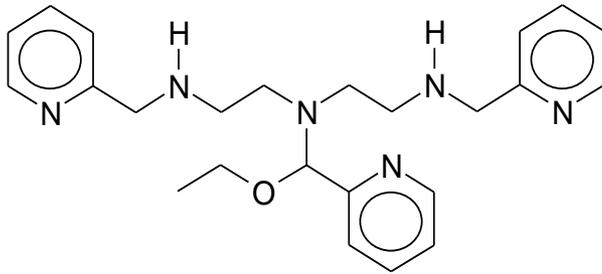
Tipos de ligantes



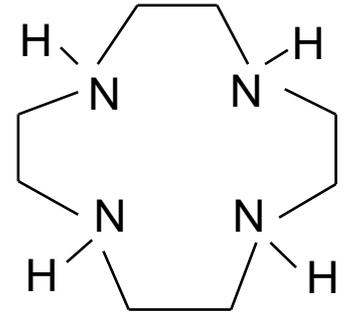
O_2

CO

N_2

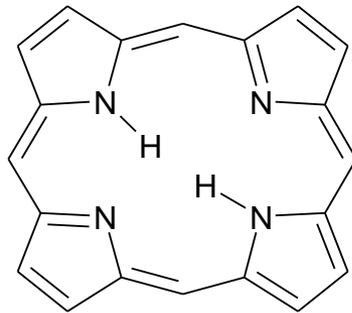


NH_3

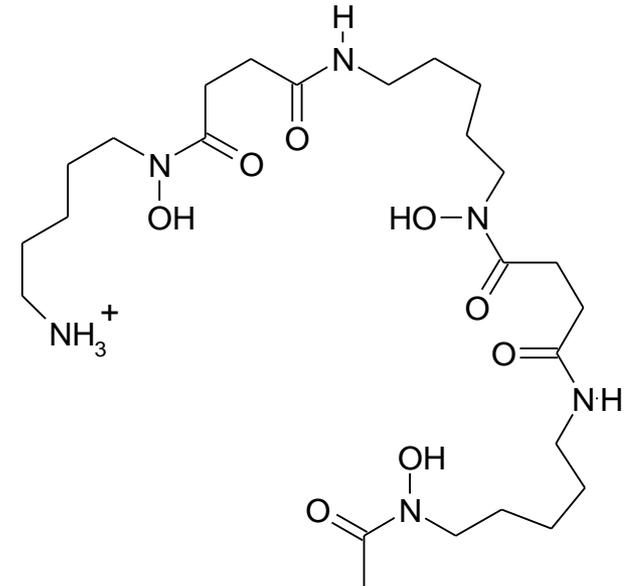


Cl^-

CN^-

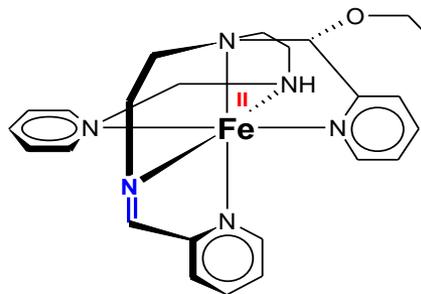
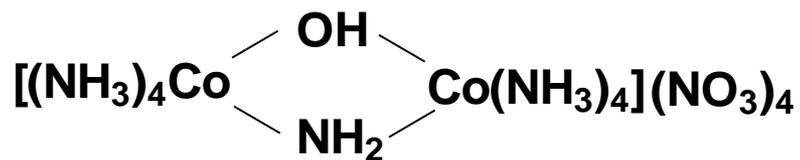
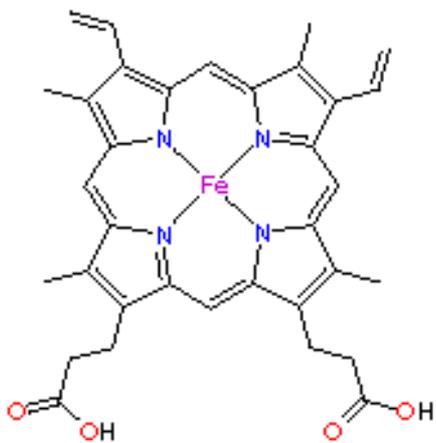
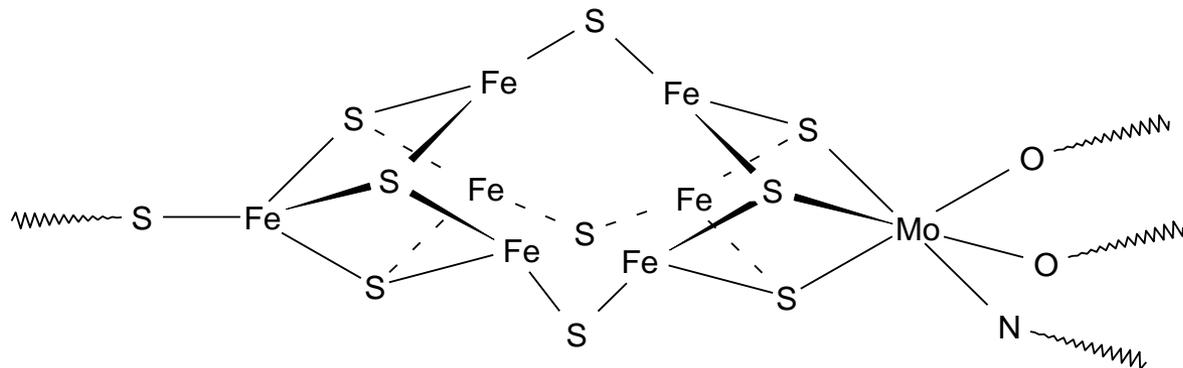
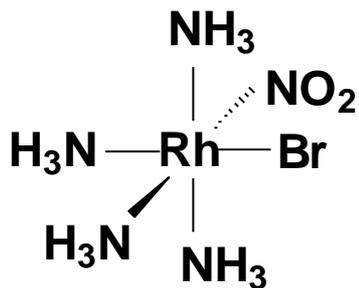


$NO\bullet$



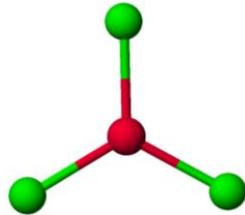
Bases of Lewis

Compuestos de coordinación

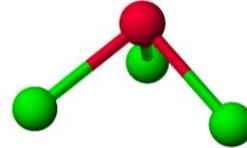


Geometrías de coordinación más comunes

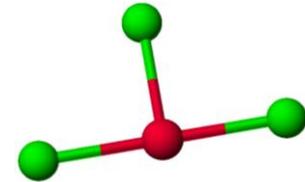
3



Trigonal

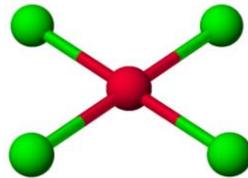


Trigonal piramidal

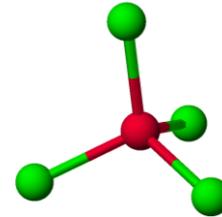


Forma-T

4

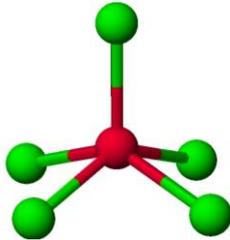


Plana cuadrada

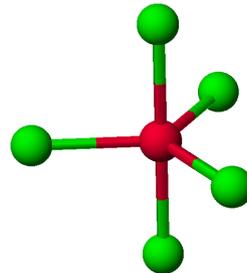


Tetraédrica

5

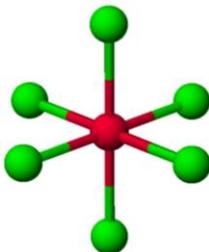


Pirámide cuadrada



Bipirámide trigonal

6

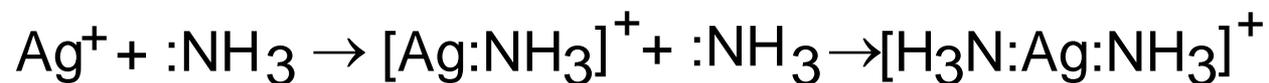


Octahédrica

G. N. Lewis, profesor de química de la Universidad de California en Berkeley, postuló en 1916 que el enlace entre dos átomos A y B surge de la compartición de un par de electrones, y que cada átomo aporta un electrón del enlace.



Sin embargo, en la molécula de amoniaco, **:NH₃** el átomo de nitrógeno posee un par de electrones libre que puede utilizar para enlazarse con otro átomo, ion o molécula. El enlace formado se conoce como **Enlace Covalente Coordinado**.



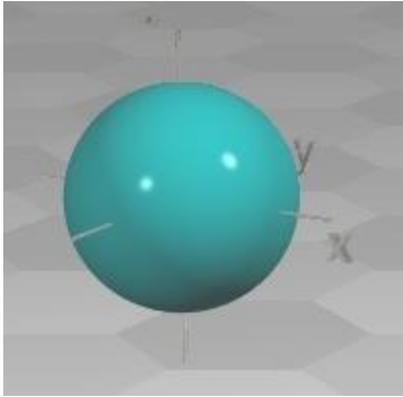
Reacción entre un ácido y una base de Lewis

Química de coordinación

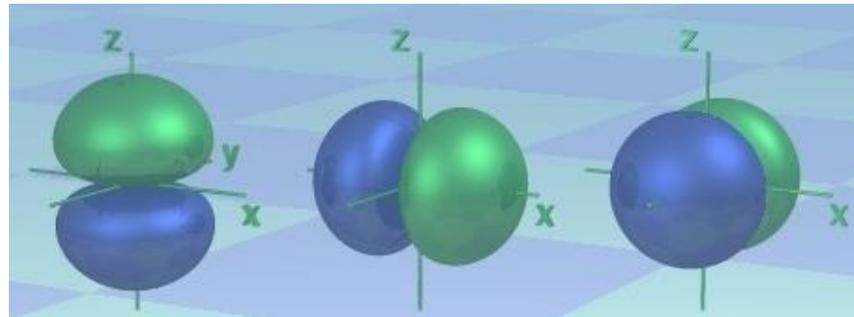
Puede ser explicada por diferentes teorías:

- *a) Valence Bond Theory*
- *b) Crystal Field Theory*
- *c) Molecular Orbital Theory*

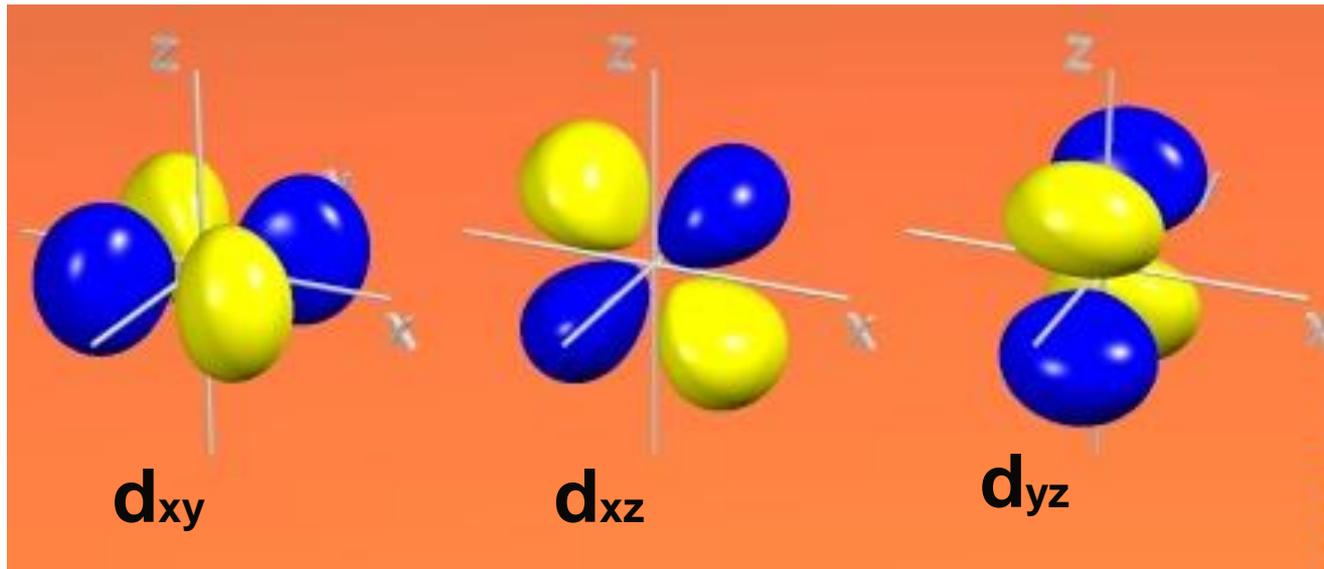
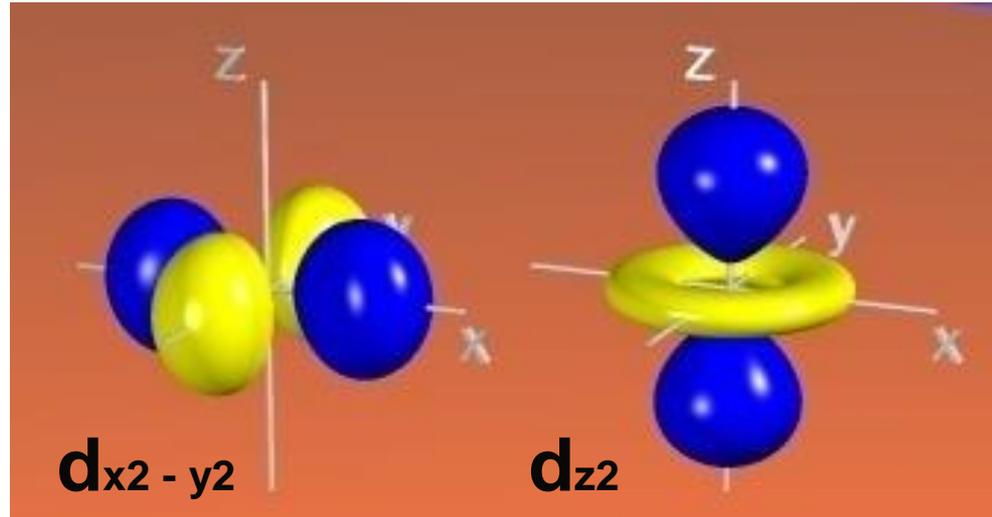
*Orbital **s***



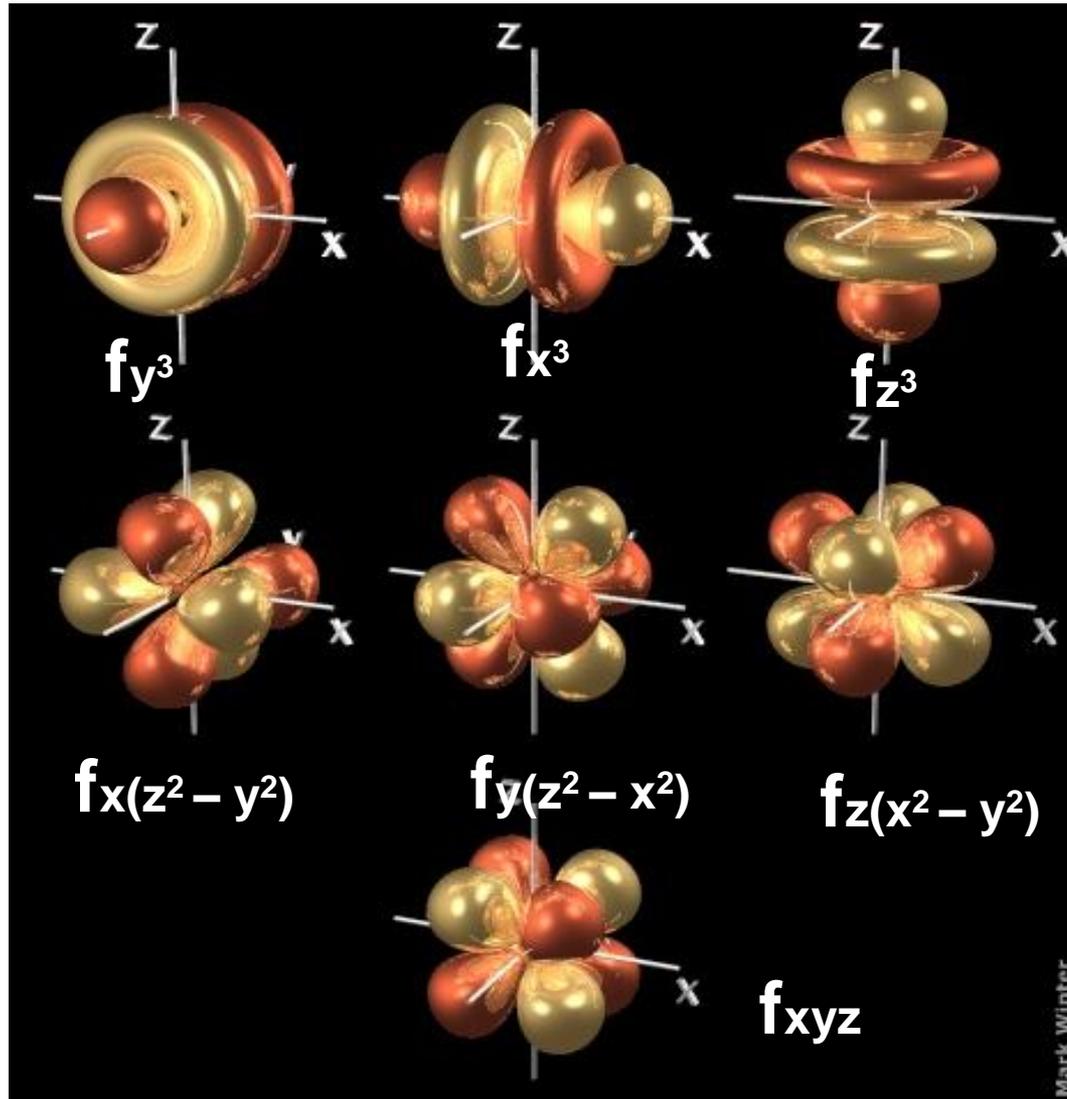
*Orbitales **p***

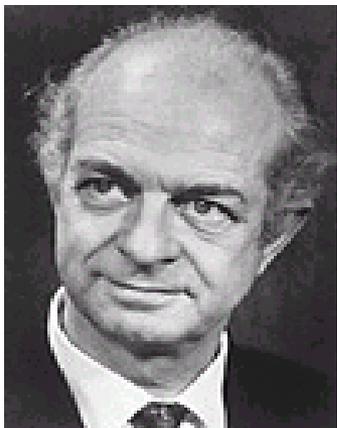


Orbitales *d*



Orbitales f





Linus Carl Pauling
1901 – 1994

 Premio Nobel en Química 1954

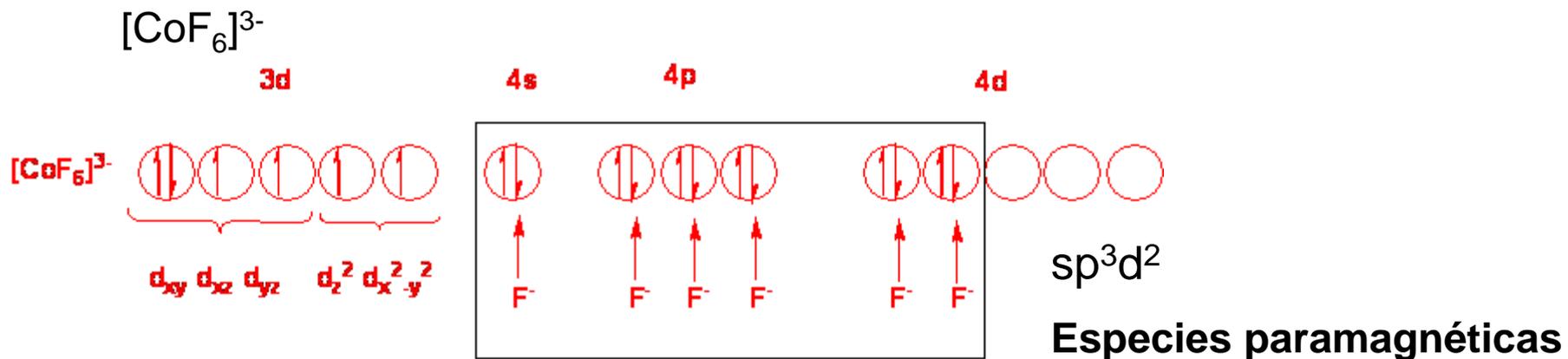
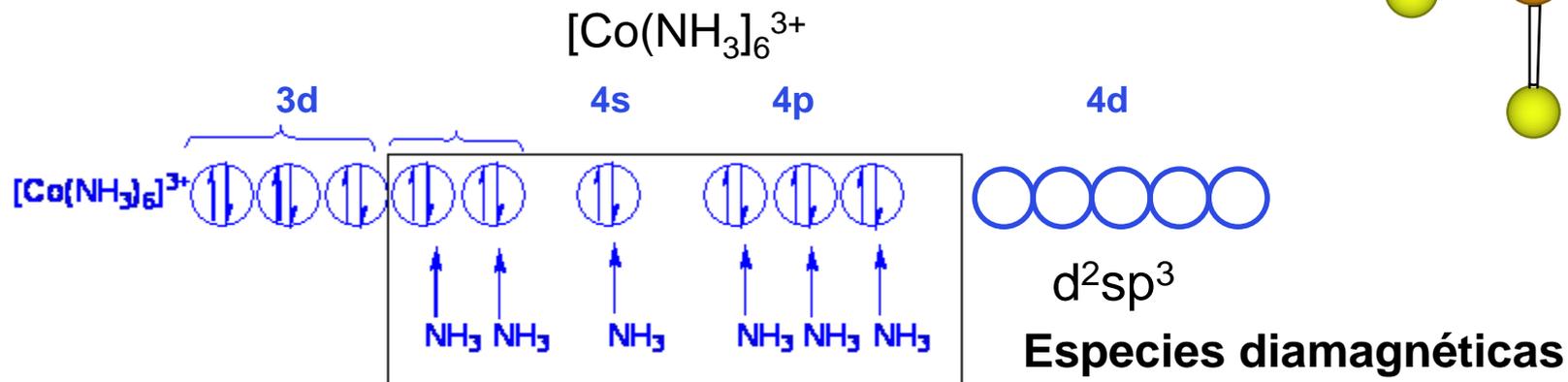
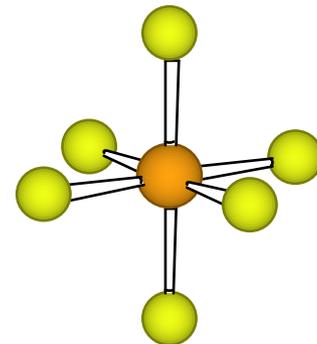
Por sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico y sus aplicaciones para la elucidación de la estructura de sustancias complejas.

 Premio Nobel de la Paz 1962

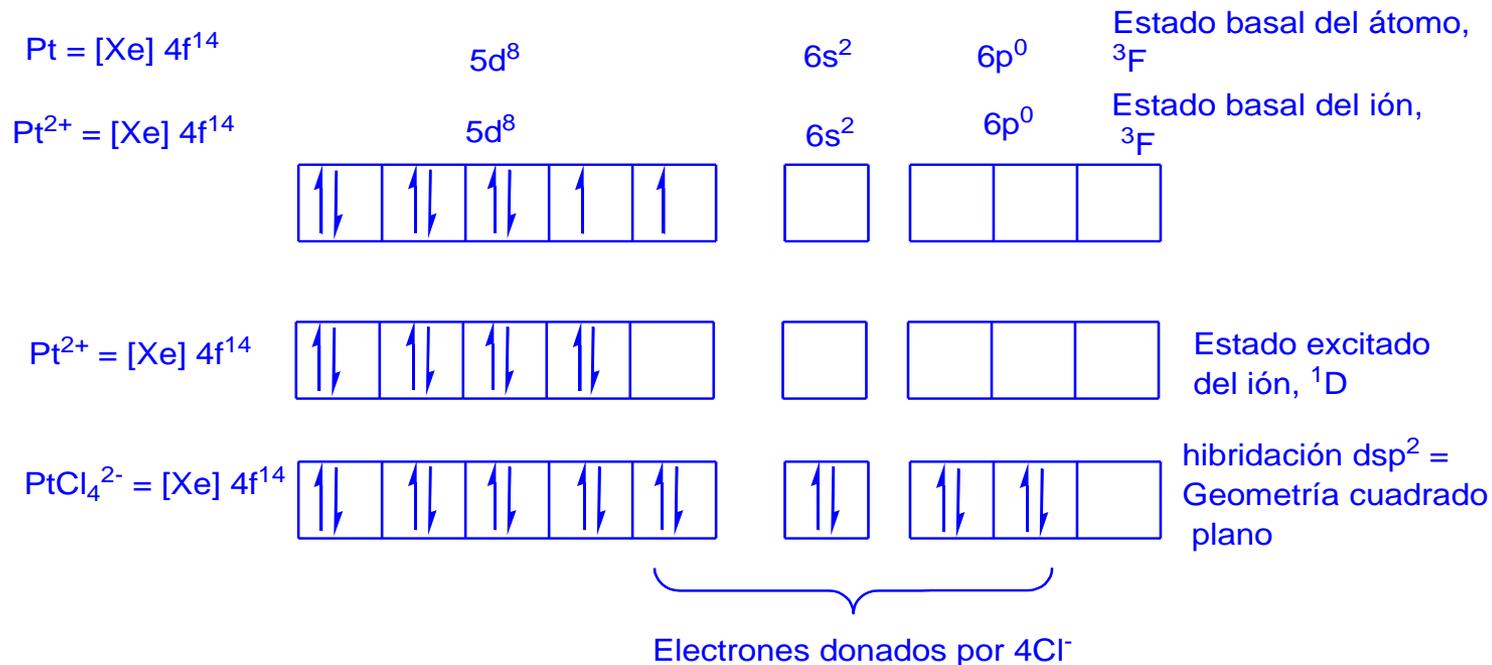
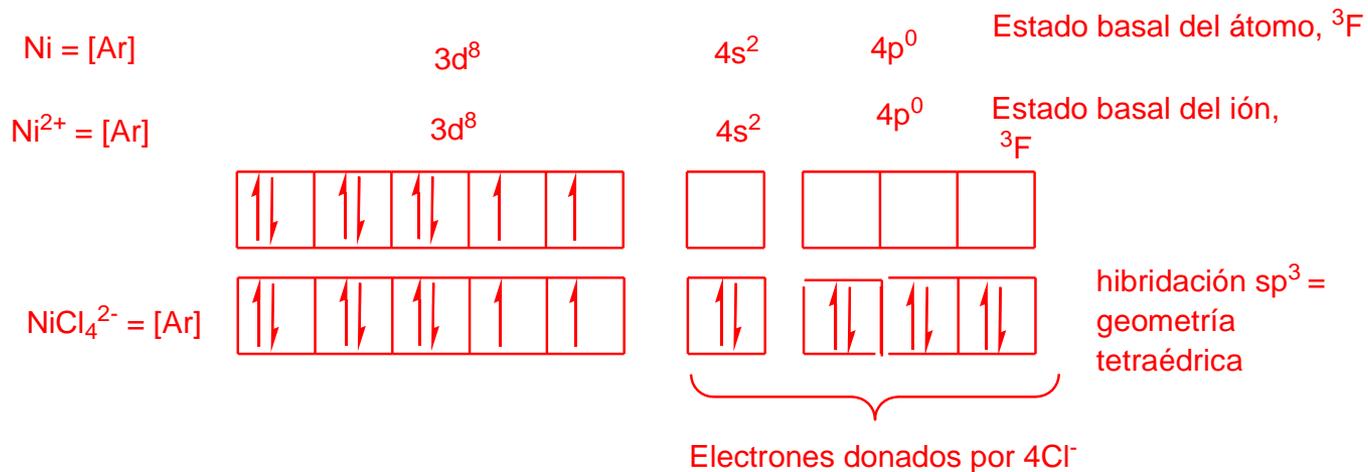
Teoría de Unión Valencia

L. Pauling \cong 1940

Teoría mecánica cuántica



hibridación sp^3d^2 y d^2sp^3



Aquí hacer la definición nuevamente de las propiedades magnéticas

Contribución sólo espín

$$\mu = g[S(S+1)]^{1/2}$$

$$g \cong 2$$

g es la constante giromagnética del electrón

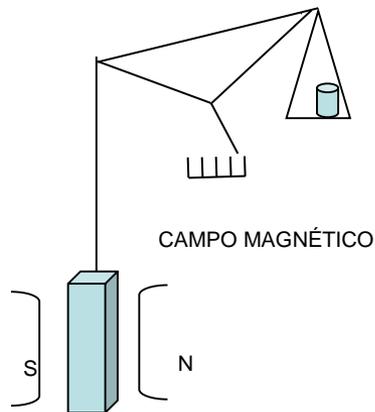
μ se expresa en magnetones de Bohr, MB

$$1\text{MB} = eh/4\pi m$$

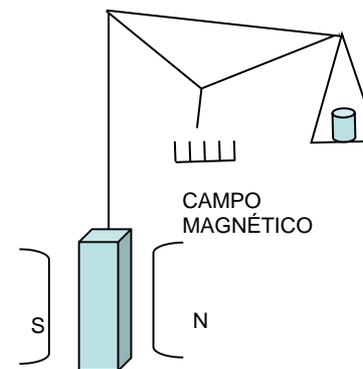
Momentos magnéticos calculados para un número diferente de electrones desapareados

<i>Número de electrones desapareados</i>	<i>Momento magnético calculado (M.B.)</i>
1	1.73
2	2.83
3	3.87
4	4.90
5	5.92

Susceptibilidad magnética de sustancias paramagnéticas y diamagnéticas

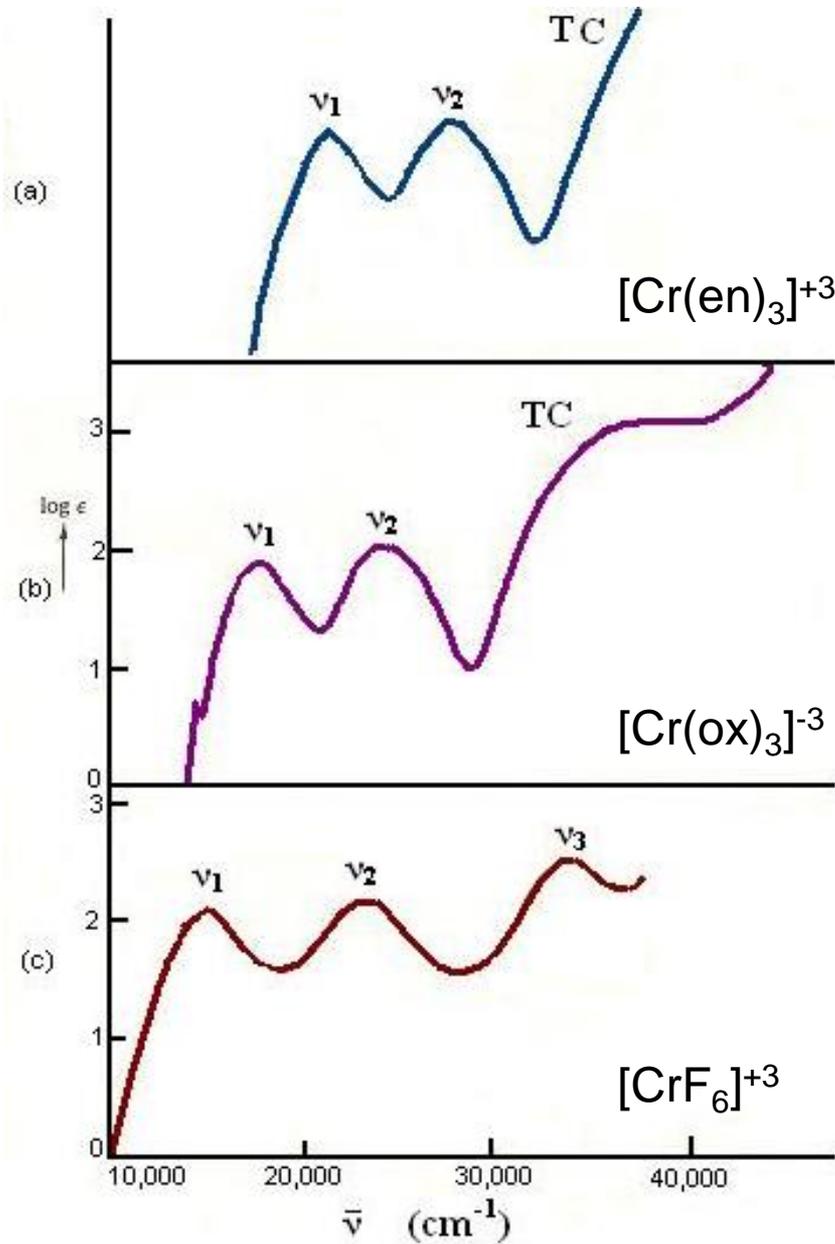


La sustancia **paramagnética** será **atraída** dentro del campo y parecerá que **pesa mas**. La susceptibilidad magnética será **positiva**.



La sustancia **diamagnética** será **repelida** dentro del campo y parecerá que **os pesa menos**. La susceptibilidad magnética será **negativa**.

Serie espectroquímica



$F < \text{ox}^{2-} < \text{en}$

Espectros electrónicos, UV-VIS

Momento magnético obtenido con la susceptibilidad experimental:

$$\mu = 2.84(\chi_M T)^{1/2}$$

χ_M = susceptibilidad magnética molar,
corregida por contribuciones diamagnéticas

T = temperatura absoluta

μ = se expresa en magnetones de Bohr M.B.

Momentos magnéticos calculados y observados para algunos compuestos de coordinación

<i>Ion</i>	<i>Número de electrones desapareados</i>	<i>Momento magnético calculado (M.B.)</i>	<i>Momento magnético observado (M.B)</i>
V⁴⁺	1	1.73	1.7-1.8
Cu²⁺	1	1.73	1.7-2.2
V³⁺	2	2.83	2.6-2.8
Ni²⁺	2	2.83	2.8-4.0
Cr³⁺	3	3.87	≈ 3.8
Co²⁺	3	3.87	4.1-5.2
Fe²⁺	4	4.9	5.1-5.5
Co³⁺	4	4.90	≈ 5.4
Mn²⁺	5	5.92	≈ 5.9
Fe³⁺	5	5.92	≈ 5.9

Contribución sólo espín

$$\mu = g[S(S+1)]^{1/2}$$

Contribución espín-órbita

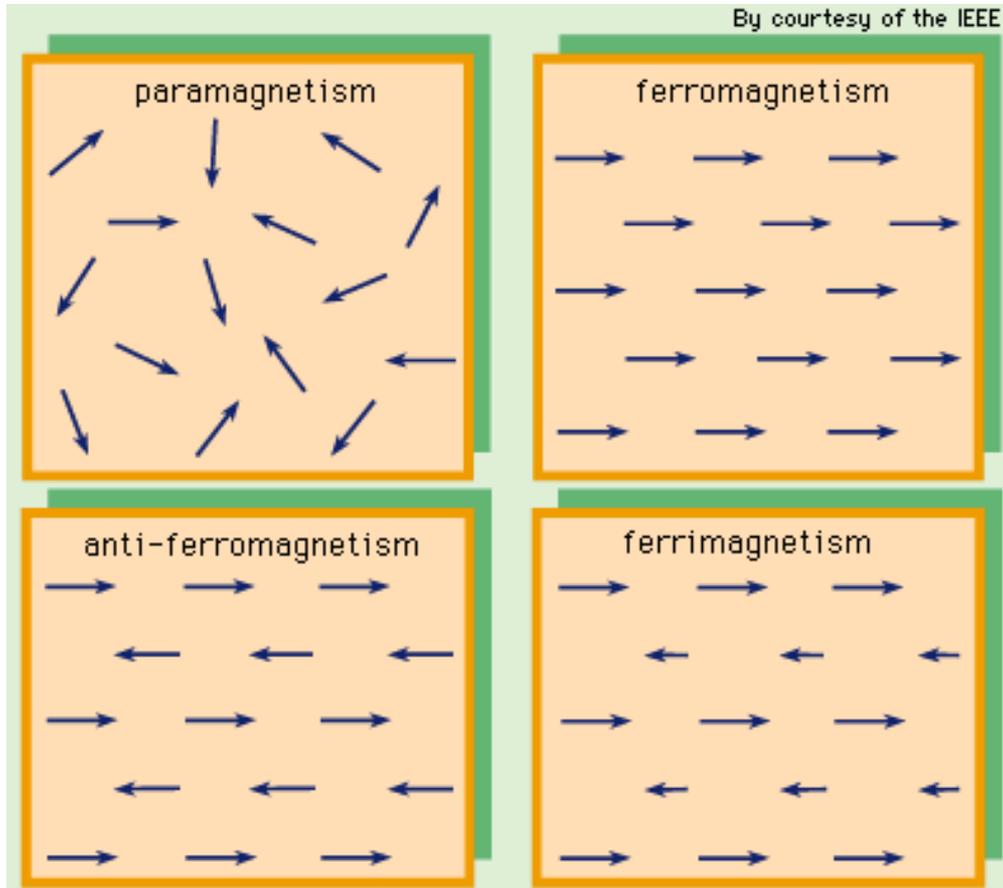
$$\mu = g[S(S+1) + L(L+1)]^{1/2}$$

Contribución órbita-órbita

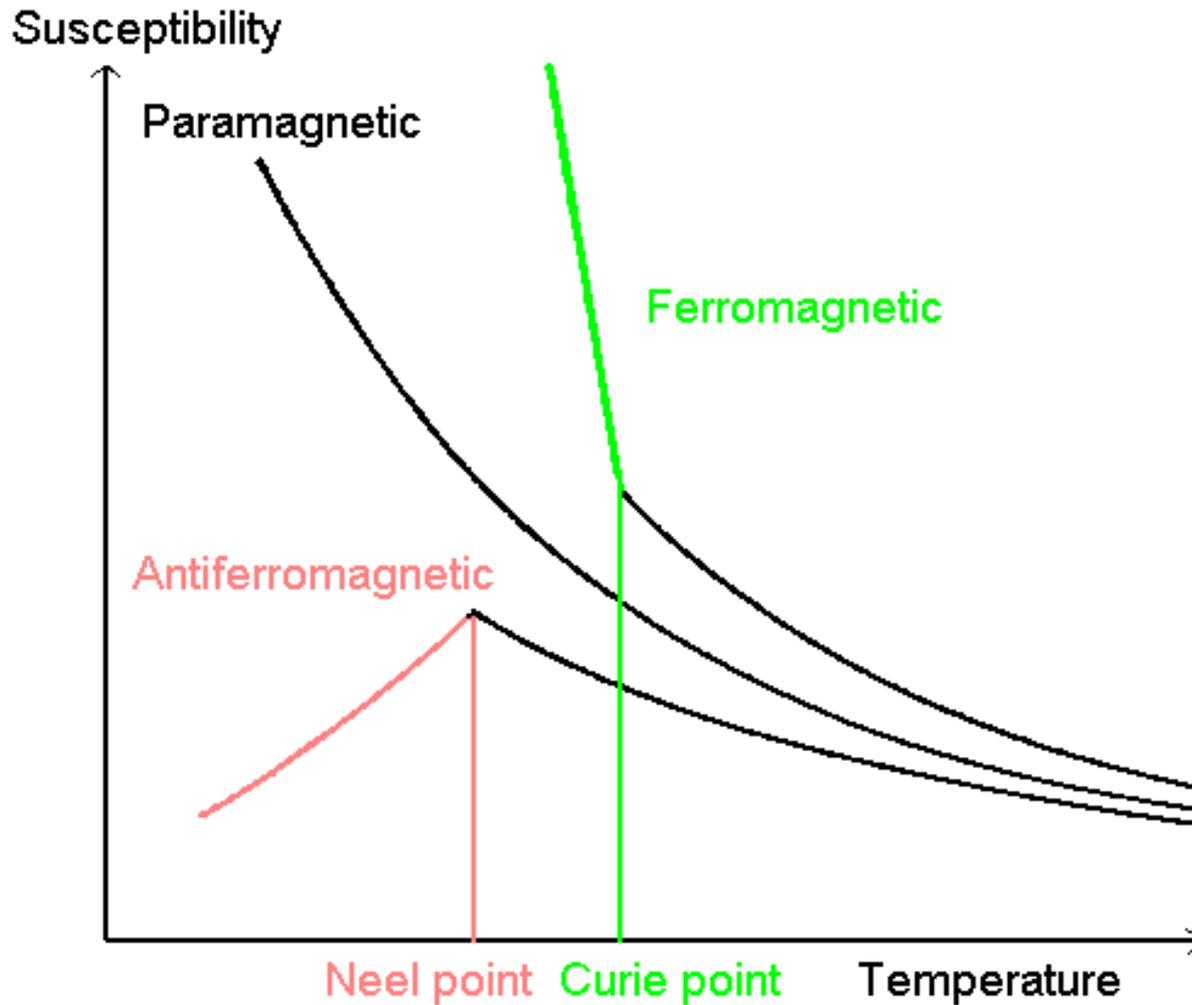
$$\mu = g[J(J+1)]^{1/2}$$

Propiedades Magnéticas

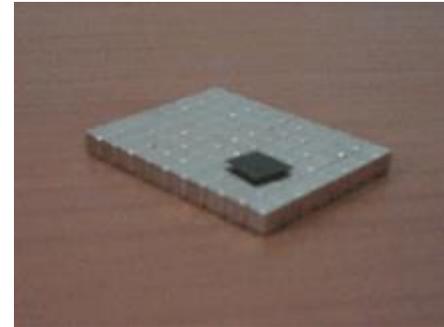
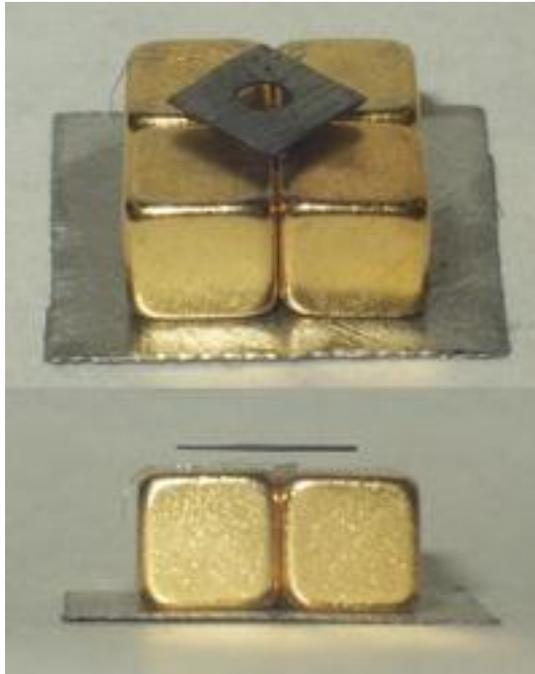
- Arreglos de los dipolos magnéticos -



Susceptibilidad magnética (χ) vs Temperatura

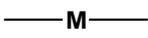
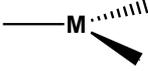
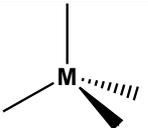
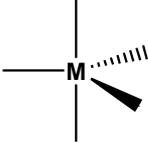
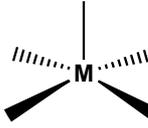
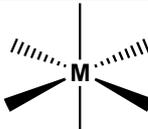


- **diamagnetismo** es la propiedad de los materiales que consiste en ser repelidos por los imanes o campos magnéticos externos-



Grafito diamagnético levitando sobre un imán permanente de neodimio

La Teoría de Unión Valencia explica la geometría de las moléculas con la **hibridación**

	Lineal $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$	sp	180°
	Trigonal HgI_3^-	sp^2	120°
	Plana cuadrada $[\text{PdCl}_4]^{2-}$	dsp^2	90°
	Tetraédrica $[\text{NiCl}_4]^{2-}$	sp^3	109.5°
	Trigonal bipyramidal $\text{Fe}(\text{CO})_5$	dsp^3	$90^\circ, 120^\circ$
	Pirámide Cuadrada $\text{Co}(\text{CNPh})_4]^{2+}$	dsp^3	$90^\circ, 90^\circ$
	Octaédrica $\text{Mo}(\text{CO})_6$	$d^2 sp^3$	90°

PRINCIPIO DE ELECTRONEUTRALIDAD Y RETRODONACION

Un compuesto de coordinación es más estable cuando el metal está unido a ligantes electronegativos, así, el metal alcanza condición de neutralidad.

Los ligantes muy electronegativos como el **fluoruro estabilizan altos estados de oxidación** del ion central.

Los compuestos de coordinación con ligantes **carbonilo o nitrosilo, estabilizan bajos estados de oxidación**. Los electrones donados por los ligantes en los enlaces σ al átomo metálico, aumentan la densidad electrónica alrededor del metal. Pauling sugirió que el metal podía devolver al ligante, densidad electrónica a través de un enlace π y así el compuesto se estabilizaría. Esta donación del metal al ligante se le conoce como **retrodonación**.

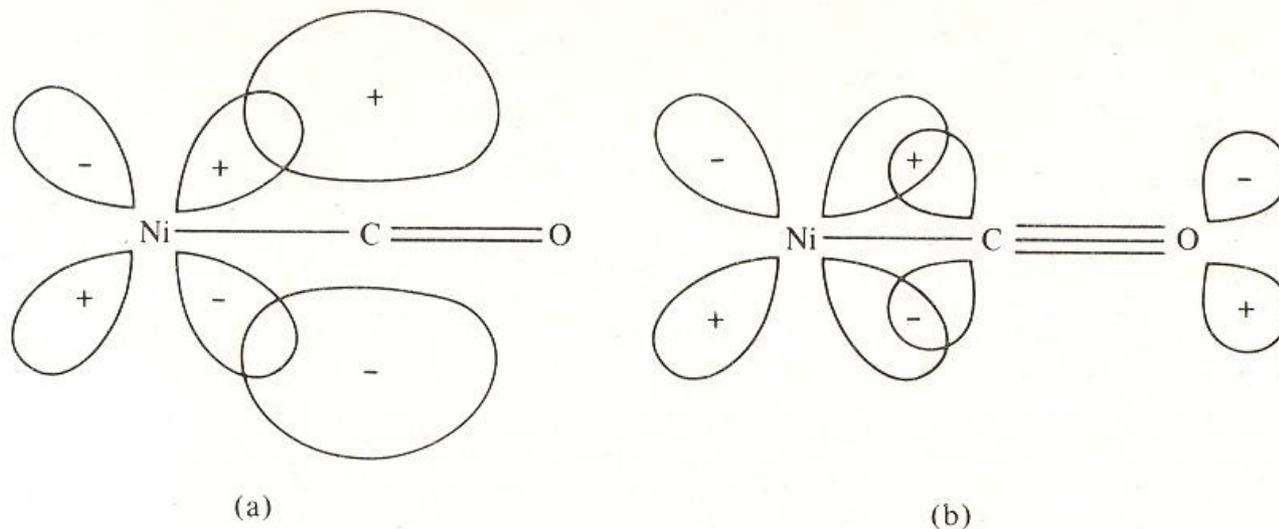
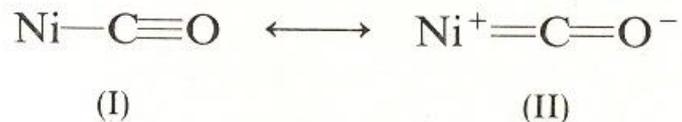


Fig. 9.1 Effect of metal \rightarrow ligand π bonding on increasing the bond order of the Ni—C bond and decreasing the bond order of the C—O bond. (a) VB viewpoint: π bond between d orbital on Ni atom and p orbital on C atom. (b) MO viewpoint: π bond between d orbital on Ni atom and antibonding orbital (π^*) on the carbonyl group.

double bond resonance:



Frecuencias en el i.r. de compuestos organometálicos en la región de los carbonilos

Compuesto **Frecuencia**
(cm^{-1})



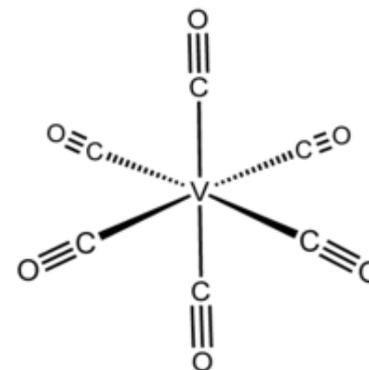
2090



2000



1860



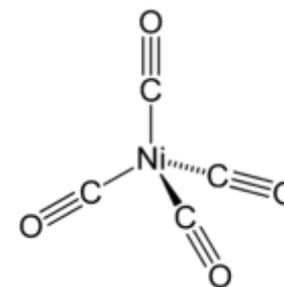
2060



1890



1790



Ciclo del nitrógeno

