



# MEDICINA VETERINARIA

**CURSO DE INSERCIÓN A LA VIDA UNIVERSITARIA**

**FRANJA MORADA**  
CONDUCCION DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



Facultad de Ciencias  
**VETERINARIAS**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

# ¡Bienvenidxs a la facu!

Somos **tu centro de estudiantes**, el órgano que te representa y que va a estar para vos **siempre** para **todo** lo que necesites. Nosotrxs **somos estudiantes de la facu como lo sos vos ahora**, así que pasamos por toooodo lo mismo que vas a pasar vos. PERO TRANQUI, ACA VAMOS A ESTAR SIEMPRE!

## Sobre el curso de ingreso

Empieza el miércoles 01/02/2023, dura todo el mes de febrero y es de modalidad presencial. Está **compuesto por 5 módulos** (materias) que son las mismas que vas a cursar en el primer cuatrimestre de la carrera (Biología celular y del desarrollo, Embriología y anatomía sistemática, Bioquímica, Biofísica y Bioestadística), **y por el módulo de derechos humanos** (cuya asistencia es obligatoria).

## ¿Cómo se aprueba?

Cumpliendo con el 80% de asistencia total del curso. El presente se acredita según lo explicado en la primera clase de cada materia.

Una vez que cumplís con esto ya estás oficialmente en el primer año de la carrera de Medicina Veterinaria.

## ¡LA FRANJA ESTÁ PARA ACOMPAÑARTE, NUNCA ESTAS SOLX!

Te dejamos nuestras redes para que nos busques, consultes, sigas y accedas al material de estudio, novedades y todo lo que necesites:



@INGRESANTESVETERINARIAUNLP  
@FRANJAMORADAVETERINARIAUNLP



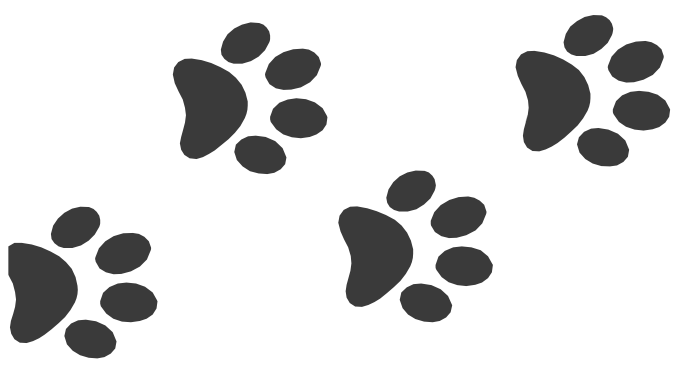
@FRANJAVETUNLP



FRANJA MORADA CONDUCCIÓN CECV

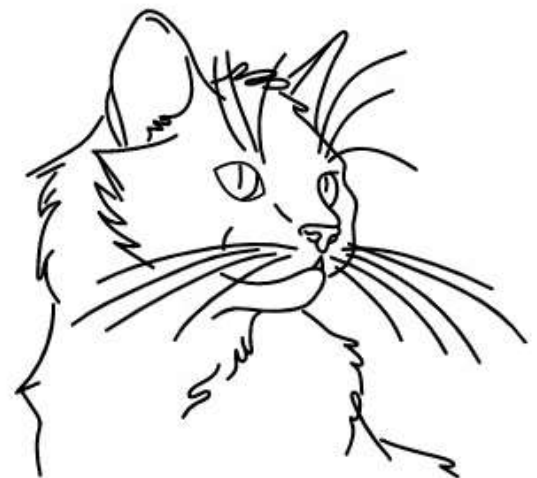


+54 9 221 498 6520



# Bioestadística

**FRANJA MORADA**  
**CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES**



# 1. Introducción

La **estadística** puede ser **divertida**, fácil y también **útil**.

## Se la utiliza todos los días:

- Para justificar apuestas sobre el resultado de un partido de fútbol los simpatizantes comparan los rendimientos de los equipos utilizando, por ejemplo, los porcentajes de partidos ganados como local y como visitante.
- Durante la transmisión de un partido de tenis por televisión, los relatores cuentan la cantidad de tiros ganadores, puntos de quiebre aprovechados, errores no forzados, saques ganadores.
- Para diseñar pautas publicitarias, los publicistas consultan la planilla diaria de ratings (radio o televisión).
- En un mercado los consumidores observan cómo se distribuyen los precios entre los distintos puestos para realizar la mejor compra que combine calidad y precio.
- Para decidir qué alumna/o será abanderada/o de la escuela, el/la directora/a compara las notas de todos los alumnos del último año y elige el mejor promedio.

## La necesitan:

- Los profesionales de la salud, para entender los resultados de las investigaciones médicas.
- Los economistas, porque cálculos eficientes les permitirán llegar al fondo de la cuestión que analizan.
- Los docentes cuando se enfrentan al problema de evaluar el rendimiento de los alumnos.
- Los sociólogos para diseñar y procesar sus encuestas.
- Los responsables de la calidad en un proceso productivo, al detectar las piezas defectuosas y controlar los factores que influyen en la producción de las mismas.
- La industria farmacéutica para desarrollar nuevos medicamentos y establecer las dosis terapéuticas.
- Los ciudadanos, para sacar sus propias conclusiones sobre los resultados de las encuestas políticas, los índices de precios y desocupación, y los resultados estadísticos que habitualmente se presentan en los medios masivos de comunicación (diarios, revistas, radio, televisión).

Muchas veces, las noticias surgen luego de varias etapas de elaboración. Sus primeros protagonistas son encuestadores, investigadores de mercado, médicos, técnicos gubernamentales y científicos de universidades o institutos. Ellos son la fuente original de la información estadística; publican sus resultados en revistas especializadas o en comunicados de prensa.



A partir de allí, entra en juego el segundo grupo: los periodistas, que pueden estar más apurados, a la caza de resultados que les permitan obtener un titular.

Finalmente, hay un tercer grupo: el de los consumidores de la información, o sea todos nosotros. Estamos frente al desafío de escuchar, leer, ver y decidir respecto a ella.

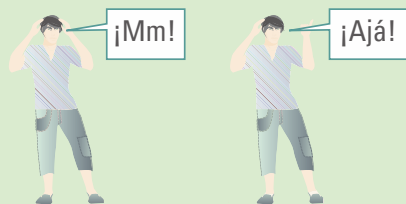
Los métodos estadísticos forman parte de cada paso de una buena investigación, desde el **diseño** del estudio, la **recolección** de los datos, la **organización** y el **resumen** de la información, el **análisis**, la elaboración de las **conclusiones**, la discusión de las limitaciones y, por último, el diseño de un **próximo estudio** a fin de dar respuesta a las nuevas preguntas que pudieran surgir.

En cualquiera de las etapas de este proceso puede haber errores. Pueden, o no, ser intencionales. **Es posible mentir con estadísticas, pero es mucho más fácil mentir sin estadísticas.**

### Proponemos construir herramientas que permitan:

- Descubrir resultados engañosos.
- Obtener buenos datos.
- Distinguir entre lo que se puede y no se puede concluir a partir de una muestra.
- Entender tablas y gráficos.
- Comprender el significado de margen de error.
- Construir e interpretar intervalos de confianza.
- Tomar decisiones en base a los datos.
- Llevar a cabo estudios estadísticos sencillos

Este libro se estructura en base a ejemplos. Algunos de ellos reaparecen en capítulos sucesivos con una profundidad creciente poniendo el énfasis en el desarrollo de los conceptos. Para entenderlos y aprehenderlos hace falta **pensar**. Habrá párrafos que requerirán de varias lecturas, hasta que... “¡Eureka!”, se comprende su significado.



Todos los cálculos presentados, tanto en el texto como en los ejercicios utilizan operaciones aritméticas simples, realizables con una calculadora. Debe tomarse **tiempo para pensar** las respuestas a los ejercicios sin mirar las soluciones. Estas son únicamente una guía, y para su verificación. Aunque algunas explicaciones y detalles no se dan en las soluciones estas deben formar parte de las respuestas completas a los mismos.

Utilizaremos la palabra **estadístico/a** con **cuatro significados diferentes** que, según el contexto, será fácil distinguir:

1. La **estadística como disciplina de estudio**. Siempre estará en **singular**.
2. La **estadística** o las **estadísticas** como resultados que presentan organismos de estadística oficiales como, por ejemplo, la Dirección de Estadísticas e Información de Salud -DEIS- del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación (<http://www.deis.gov.ar/CapacitacionFetal/sistema.htm>).
3. Un **estadístico** como un **procedimiento** para **obtener un número** a partir de valores de una encuesta.
4. Un **estadístico** o una **estadística** como una **persona** que tiene a la estadística como **profesión**.

De aquí que, cuando hablemos de los estadísticos o las estadísticas tendremos que ver si se trata del plural de 2, 3 ó 4.



# FRANJA MORADA

## CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

# 7. Datos - variables

Los datos numéricos son valores de variables numéricas.  
Los datos categóricos son valores de variables categóricas.

Las **variables** son **características** que pueden tomar valores diferentes de una unidad a otra, como la edad de las personas, la cantidad de habitantes de cada ciudad, la duración o el consumo de una lamparita.



¿Datos y variables? ¿Son o no son lo mismo?

¿Entonces que son los datos?

Los **datos** son los **valores** observados de las variables.

Para ilustrar los conceptos, consideremos la siguiente tabla. Muestra una parte de la libreta donde la maestra registra datos de sus alumnos.

Alumno	Lengua	Matemática	Ciencias Naturales	Participación	Certificado de Vacunas
Cortez María	8,25	6,12	9,51	Buena	Si
García Lobos, Federico	6,59	9,06	8,47	Regular	Si
Gordon, Susana	9,07	7,39	9,72	Buena	Si
Medignone, Horacio	7,55	6,42	8,64	Mala	No
Vázquez, Florencia	6,25	9,63	7,59	Buena	Si

Las unidades son los alumnos del grado, identificados mediante la variable “Alumno” cuyos valores son el nombre y apellido de cada uno de ellos (primera columna de la tabla). Las cinco columnas restantes contienen el **nombre** y los valores de las demás **variables**.

Los nombres encabezan las columnas: Lengua, Matemática, Ciencias Naturales, Participación, Certificado de Vacunas, y en el cuerpo de la tabla (filas a continuación) aparecen los **valores** de cada una de ellas.

**Nombres de las variables**

**Valores observados de las variables (datos)**



Las variables tienen un **nombre** y un **valor** para cada individuo de la población.

Los **datos** son los **valores** observados -medidos- de las **variables** para los individuos de una muestra.

Los datos solos dicen muy poco, si no sabemos a qué variables corresponden.

## □ 7.1 Variables numéricas y variables categóricas

Los **datos numéricos** son valores de variables numéricas. Los **datos categóricos** son valores de variables categóricas.

En el ejemplo de la libreta de anotaciones de una maestra, las columnas 2, 3 y 4 dan el promedio de notas en cada una de las asignaturas, se trata de **variables numéricas**. La primera, muestra el nombre y apellido de cada alumno; la quinta, el grado de participación en clase registrado en 3 categorías, y la sexta, si la/el alumna/o presentó o no presentó su certificado de vacunas. Todas ellas son **variables categóricas**.

La estadística trata con números, pero **no todas las variables son numéricas**. En este ejemplo, la primera y las dos últimas son **categóricas**. Para resumir los valores de este tipo de variables utilizamos **cantidades y porcentajes**. Por ejemplo, podemos calcular la cantidad de alumnos que se llaman “Juan”, o que entregaron el certificado de vacunas, o el porcentaje de alumnas/os que tienen una participación “Buena”.

La mayoría de las variables (y por consecuencia también de los datos) se pueden clasificar en **numéricas y categóricas**. También se los denominan **cuantitativos y cualitativos** respectivamente.

Para analizar variables categóricas se utilizan **cantidades, proporciones y porcentajes**.

### Ejemplo:

En el censo de población de la República Argentina del año 2001, una de las preguntas fue: ¿Cuál es el grado de educación de las personas con 15 años y más? La tabla 7.1 responde a esa pregunta. Su título permite ver, inmediatamente, de qué se tratan los datos. Se consigna el año porque estos datos cambian con el tiempo.

Al pie figura, la fuente de los datos: el INDEC. En la primera columna de la tabla se presentan los nombres de las categorías de la variable “Nivel de Educación”; en la segunda y tercera su distribución. En la segunda columna, la distribución se expresa en cantidades, con el encabezamiento indicando “Cantidad de personas”. En la tercera columna, la distribución se expresa en porcentajes como también lo muestra su encabezamiento. Suele ser más sencillo pensar en porcentajes. Es más fácil decir el 48,9% tiene estudios primarios completos, que decir que 12.720.081 personas tienen estudios primarios completos.

**DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE EDUCACIÓN**  
DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS. 2001 TABLA 7.1

Nivel de Educación	Cantidad de personas	Porcentaje
Sin instrucción (1)	962.460	3,7
Primario incompleto	3.693.766	14,2
Primario completo	12.720.081	48,9
Secundario completo	6.373.046	24,5
Terciario completo	2.263.082	8,7
Total	26.012.435	100

(1) incluye nunca asistió, jardín e inicial.

*Fuente: INDEC. Dirección Nacional de Estadísticas Sociales y de Población. Dirección de Estadísticas Sectoriales en base a procesamientos especiales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.*

**Distribución de una variable:** La distribución de una variable nos dice cuáles son sus posibles valores y con qué frecuencia aparecen.

La tabla 7.1 muestra la distribución de la **variable categórica** “Nivel de educación”, máximo nivel de educación alcanzado por las personas de 15 años o más. Tiene 5 categorías: “Sin instrucción”, “Primario incompleto”, “Primario completo”, “Secundario completo” y “Terciario completo”. La columna encabezada por “Cantidad de personas” muestra **la frecuencia de cada una de las 5 categorías**, esto es, la **cantidad de personas** que pertenecen a esa categoría. Se trata de **frecuencias absolutas**. **La suma de las frecuencias** da como resultado la **cantidad total de datos**, 26.012.435, es la cantidad de personas de 15 años ó más en el año 2001.

**La frecuencia relativa** es el cociente entre la frecuencia absoluta y la cantidad total de datos. Su suma es 1. Cuando las frecuencias relativas están expresadas en porcentaje, la suma es 100, como vemos en la tercera columna de la tabla 7.1.

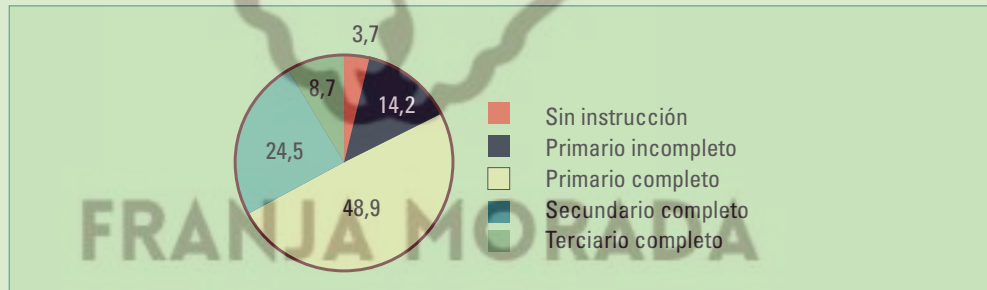
## 7.1.1 Gráficos para datos categóricos

### 7.1.1.1 Gráficos circulares

Utilizaremos un gráfico circular, también llamado gráfico de torta, para visualizar la distribución de la variable “nivel de educación” (tabla 7.1). Podremos visualizar los porcentajes de personas que pertenecen a cada una de las 5 categorías.

**Gráfico circular:** Se utiliza para representar la distribución de los valores de una variable categórica. El círculo representa el total de los datos. Cada sector dentro del círculo representa una categoría con el ángulo proporcional a su tamaño (cantidad o porcentaje que pertenece a dicha categoría).

Para realizar un gráfico circular, primero se dibuja un círculo. Los  $360^\circ$  representan el total, en este caso todas las personas de 15 años o más de la República Argentina en el 2001. Cada sector dentro del círculo representa una categoría con el ángulo proporcional a su tamaño (cantidad o porcentaje). El sector correspondiente a la categoría “Secundario completo” tendrá un ángulo de  $0,245 \times 360 = 88,2$  grados.



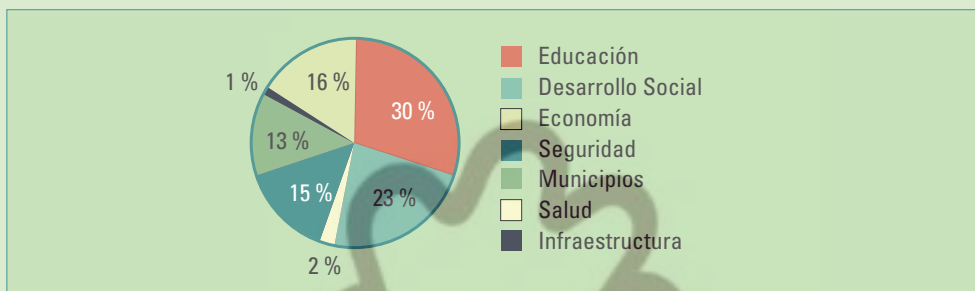
**Figura 7.1.** Gráfico circular de la distribución del nivel de educación de las personas de 15 años y más de la República Argentina. Año 2001

Los gráficos circulares permiten visualizar cómo las partes forman el total, aunque es más difícil comparar ángulos que longitudes. Estos gráficos no son buenos para comparar con precisión los tamaños de las diferentes partes, para eso los gráficos de barras son mejores.

Los gráficos circulares muestran sectores de área proporcional al porcentaje del total correspondiente a cada grupo o categoría, pero generalmente no muestran la cantidad total en cada grupo, en términos de unidades originales (pesos, número de personas, etc.). Este enfoque se traduce en una pérdida de información.



Para ilustrar esa situación consideremos los datos proporcionados por la Lotería de la Provincia de Buenos Aires en Junio de 2008 <http://www.loteria.gba.gov.ar/> sobre como reparte sus ganancias entre diferentes organismos de la provincia.



**Figura 7.2.** Gráfico circular de la distribución las ganancias de la Lotería de la Provincia de Buenos Aires junio de 2008

Vemos los porcentajes destinados a los diferentes organismos. Se destinó más del 50% entre Educación y Desarrollo Social. Pero, ¿cuánto fue realmente, en pesos? Veamos esa información en la tabla siguiente.

Siempre se puede pasar de cantidades a porcentajes. En la página de la Lotería de la provincia de Buenos Aires aparecen las cantidades totales y las destinadas a educación por mes, para el período enero-julio de 2008, pero aunque no están los porcentajes podemos calcularlos:

Año 2008	Educación	Total mensual	Porcentaje
Enero	37.307.382	143.225.097	26%
Febrero	45.541.083	164.313.370	28%
Marzo	34.872.907	130.834.379	27%
Abril	32.646.300	116.425.710	28%
Mayo	25.241.707	96.293.288	26%
Junio	35.416.187	117.960.104	30%
Julio	45.553.614	139.475.636	33%

**DISTRIBUCIÓN DE LAS GANANCIAS DE LA LOTERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES DE JUNIO DE 2008 POR ORGANISMO.** TABLA 7.2

Organismo	Junio 2008
Educación	35.416.187
Desarrollo Social	27.370.667
Salud	2.843.829
Seguridad	17.224.945
Municipios	15.141.832
Infraestructura	1.413.519
Economía	18.549.125
<b>Total</b>	<b>117.960.104</b>

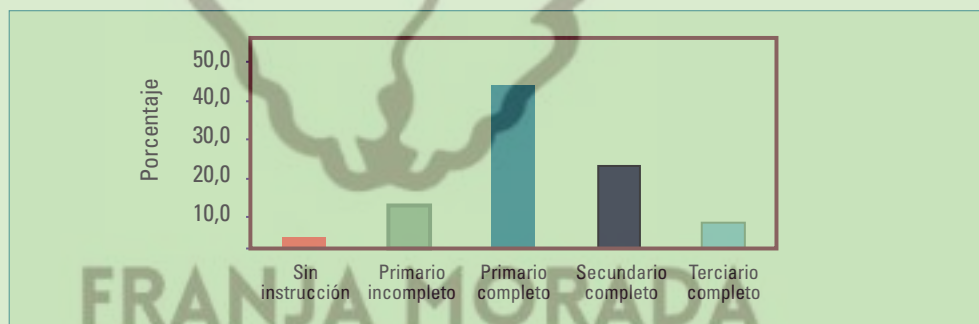
No se puede ir de los porcentajes a los valores originales sin el conocimiento del total. Esta falta de información puede ser un verdadero problema, por ejemplo, cuando los gráficos muestran los resultados de una encuesta de opinión. Para evaluar el margen de error del porcentaje de personas que respondieron a la pregunta de una manera determinada es necesario saber cuántas personas respondieron la encuesta.

### 7.1.1.2 Gráficos de barras

Las categorías se representan en el eje horizontal y la cantidad, o el porcentaje, de datos en el eje vertical. La **altura de las barras** sobre cada categoría representa la cantidad de datos de cada una de ellas. Tal como ocurre con los gráficos circulares, divide a los datos en grupos correspondientes a las categorías y muestra cuántos, o qué porcentaje de individuos pertenecen a cada categoría. Mientras que los gráficos circulares utilizan fundamentalmente porcentajes para indicar el tamaño de cada clase, los gráficos de barras utilizan tanto cantidades como porcentajes.

Los gráficos de barras se utilizan para representar la distribución de los valores de una variable categórica.

La figura 7.3 muestra un gráfico de barras de la distribución de los valores de la variable “Nivel de Educación”. La altura de cada barra representa los porcentajes de las personas de más de 15 años con nivel de educación mostrado en su base. La barra sobre la categoría “Primario Completo” es la más alta, es la categoría con la mayor cantidad de personas. Podemos comparar categorías: vemos que son más los individuos que tienen el secundario completo, que aquellos que no completaron su educación primaria.



*Figura 7.3. Gráfico de barras de la distribución de la población de 15 años y más de la República Argentina, según máximo nivel educativo. Año 2001*

El gráfico de barras tiene un interés adicional cuando las categorías tienen un orden natural como ocurre en este caso. Vemos que la categoría central “nivel primario completo” es la más poblada y que la caída es más abrupta hacia las categorías correspondientes a menores niveles de educación que hacia los mayores.

Tanto en los gráficos de barras como en los gráficos circulares, los porcentajes de las categorías tienen que sumar 100%:

$$3,7\% + 14,2\% + 48,9\% + 24,5\% + 8,7\% = 100\%$$



## 7.1.2 Dos variables categóricas

Retomando el tema del nivel de educación, el INDEC incluye los totales y los porcentajes por nivel de educación y género en la presentación de la información de la distribución de la población de 15 años y más de la República Argentina. La tabla nos muestra cómo se distribuyen en forma conjunta dos variables categóricas, nivel de educación y género.

Podemos calcular las cantidades de todas las casillas que nos interesen.

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS SEGÚN NIVEL DE EDUCACIÓN DE Y GÉNERO. AÑO 2001 TABLA 7.3

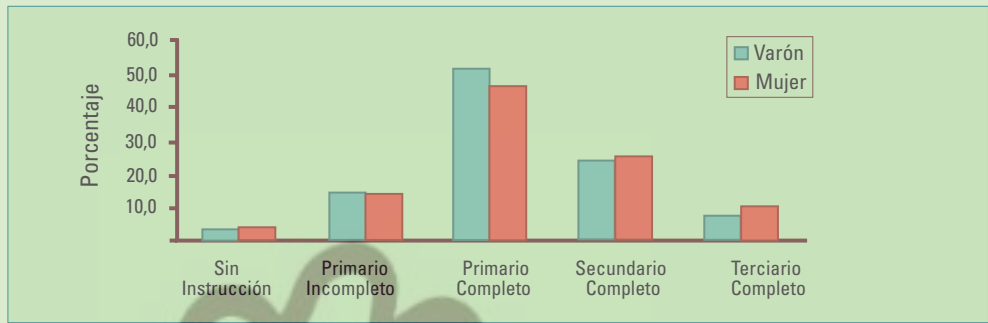
Nivel de educación	Total	Total	Género	
			Varón	Mujer
			<b>26.012.435</b>	12.456.479
Sin instrucción (1)		<b>3,7%</b>	3,5%	3,9%
Primario incompleto		<b>14,2%</b>	14,3%	14,1%
Primario completo		<b>48,9%</b>	51,5%	46,5%
Secundario completo		<b>24,5%</b>	23,7%	25,2%
Terciario completo		<b>8,7%</b>	7,0%	10,3%

(1) incluye nunca asistió, jardín e inicial.

**Fuente:** INDEC. Dirección Nacional de Estadísticas Sociales y de Población. Dirección de Estadísticas Sectoriales en base a procesamientos especiales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001

A menudo los **gráficos de barras** se utilizan para **comparar dos grupos**, dividiendo la barra de cada categoría en dos y mostrándolas una al lado de la otra.

Un gráfico de barras conjunto nos permite comparar las distribuciones de la variable “Nivel de Educación” en varones y mujeres.



**Figura 7.4.** Porcentaje de personas con más de 15 años de acuerdo al nivel de educación y género. Datos tabla 7.3.

Vemos que en el nivel primario hay más varones que mujeres, pero en el secundario y terciario la relación se invierte, aunque todas las diferencias son pequeñas.

**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

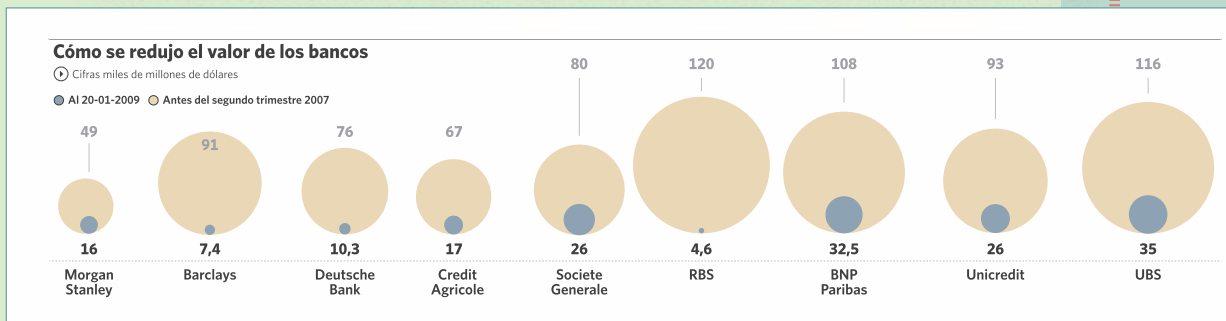
## 7.2 Actividades y ejercicios

1. Un pictograma es un gráfico de barras que se reemplaza por figuras. Las figuras representan las cantidades o los porcentajes. En forma intencional o no intencional, muchas veces los gráficos exageran las relaciones entre las categorías.
  - a. Se utilizó el siguiente pictograma para ilustrar una reducción cercana al 50% de los abandonos de mascotas en la vía pública de una ciudad después de una campaña oficial de concientización. Para reflejar esa reducción sin distorsionar la figura, el artista redujo tanto el alto como el ancho en un 50%:



Explique por qué la sensación visual de la reducción es bastante mayor que 50%. ¿Cómo debería haber sido la reducción de la figura para reflejarla en forma adecuada?

- b. Un artículo referido a las consecuencias de la crisis financiera de Estados Unidos en 2008 ilustra la reducción de los valores de los bancos mediante el siguiente pictograma. El valor del banco se calcula multiplicando la cantidad total de acciones por su cotización en la Bolsa de Nueva York.



Fuente: Diario Clarín, 22 de Febrero 2009

Indique si el pictograma muestra en forma correcta la reducción. Observe que los diámetros de los círculos son proporcionales a los valores.

2. Los siguientes datos son parte de los resultados del primer censo general de la Provincia de Santa Fe (1887). <http://www.digitalmicrofilm.com.ar/censos/estadisticas.php>

Localización de la vivienda		Nacionalidades				Alfabetización	
Urbana	90.764	Argentina	92.170	Inglaterra	753	Sí sabe escribir	62.608
Rural	116.712	Italia	46.268	Paraguay	673	No sabe escribir	87.042
Fluvial	2.250	Suiza	5.232	Chile	211		
Otros	382	Francia	2.944	Brasil	192		
		España	2.397	Bélgica	142		
		Alemania	2.070	Portugal	76		
		Austria	1.131	Estados Unidos	74		
		Uruguay	903				

Obtenga un diagrama de barras y un gráfico circular para distribución de los habitantes de la provincia de Santa Fe en 1887 de acuerdo con cada una de las siguientes tres variables categóricas: 1) Alfabetización, 2) Nacionalidades y 3) Localización de la vivienda.

3. Utilice el gráfico que considere adecuado para representar los datos de la tabla siguiente.

**PRODUCTO BRUTO NOMINAL EN DÓLARES PER CÁPITA PARA 10 PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR, DURANTE 2008 SEGÚN EL FMI**

Argentina	8.522	Ecuador	3.927
Bolivia	1.889	Paraguay	2.658
Brasil	8.676	Perú	4.610
Chile	10.814	Uruguay	8.860
Colombia	5.174	Venezuela	11.828

**Fuente:** [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_GDP\\_\(nominal\)\\_per\\_capita](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal)_per_capita)

# 3. Los datos son noticia

Cada mañana nos enfrentamos con una gran cantidad de información estadística que abarca prácticamente todo: desde deportes, política y economía, hasta los avisos publicitarios.

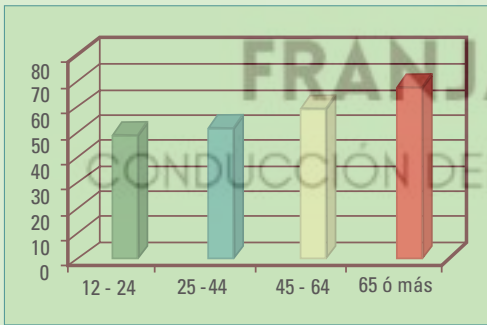
Presentaremos varios ejemplos reales que ilustran esta situación, e iniciaremos una línea de análisis, que ampliaremos en los capítulos siguientes, para determinar si las conclusiones que presentan son las adecuadas.

## □ 3.1 Encuestas de opinión

Una encuesta de opinión es un mecanismo para acercarse a la visión que tiene el conjunto de la sociedad, o algún subgrupo, sobre un determinado tema. Se utilizan diferentes métodos: preguntas en la calle, por teléfono, mediante citas previas, etc. Generalmente, requieren respuesta voluntaria.

**Ejemplo:** Un diario presenta los resultados de una encuesta de opinión.

Se había consultado a la gente si los **mensajes del correo electrónico** deben ser contestados de inmediato.



*Fig 3.1. Porcentaje de respuestas a favor de contestar los mensajes del correo electrónico en forma inmediata por grupo de edad. Fuente: USA Today 19 Ago 2008.*

El diagrama de barras muestra los porcentajes de respuestas afirmativas por grupo de edad (12-24, 25-44, 45-54, 65 ó más años). Los porcentajes obtenidos fueron 53%, 54%, 61%, 71% respectivamente. El artículo en el que se muestran estos datos concluye: **“Los mayores responden más rápido el correo electrónico”**.

¿Es una conclusión adecuada? ¿Se trata de una respuesta a otra pregunta?

**¿Se vincula la conclusión con la pregunta planteada?**

Habría que saber un poco más sobre cómo se hizo la encuesta:

1. ¿Cuántas personas respondieron en cada grupo? Si la cantidad de personas de los grupos de edades es muy diferente, los porcentajes (los estadísticos) calculados en cada uno de ellos tiene diferente confiabilidad, y podría no tener sentido compararlos.

2. ¿Cómo fueron elegidas esas personas? Podrían ser las primeras 100 en la puerta de una escuela.
3. ¿Qué características tienen los consultados? Podrían ser todas mujeres.
4. ¿Representan esas personas a la mayoría de la población con su misma edad como para concluir que los mayores responden más rápido el correo electrónico? Si las personas encuestadas fueron las 100 primeras personas que salieron de la escuela es muy posible que sus características no representen a la mayoría de la población.
5. ¿Los usuarios de Internet mayores de 65 años son como el resto de sus contemporáneos o son distintos? Es posible que los usuarios de Internet que tienen más de 65 años tengan diferentes inquietudes que los hombres y mujeres de su misma edad y no sean usuarios de Internet.
6. ¿Opinar que un correo electrónico debe responderse de inmediato, es lo mismo que efectivamente hacerlo? La pregunta de la encuesta se refiere a si los mensajes del correo electrónico **deben ser** contestados de inmediato. Eso no implica que los que contesten por sí, necesariamente lo hagan. Por lo tanto, la conclusión “Los mayores responden más rápido el correo electrónico”, **no puede obtenerse a partir de la encuesta realizada.**

---

## □ 3.2 Publicidad

---

Veremos dos ejemplos que aparecen habitualmente en los medios de comunicación. Se apoyan en resultados estadísticos, sin embargo, sus conclusiones no se ajustan a los mismos.

---

### 3.2.1 Crema reductora

---

La **publicidad de una crema reductora** afirma: ¡3 cm menos!

**En letra chica** dice:

*“Primeros resultados medibles en muslos, caderas, panza y cintura luego de 4 semanas de uso\*\* 80% de mujeres convencidas\*”*

*\*Reducción de hasta 3cm en el contorno de muslos, caderas, panza y cintura entre las 4 y 8 semanas de uso*

*\*\*Testeado en 168 mujeres durante 3 semanas”*

¿Se encuentra una justificación suficiente a la afirmación ¡3 cm menos!, en letra chica? Veamos.

- ¿Qué significa una reducción de “hasta 3 cm”? Significa que como máximo se obtendrá una reducción de 3 cm, pero puede ser menor. Aunque no ocurriera una reducción, o

- incluso si se diera un aumento de la cintura no nos estarían mintiendo.
- Una información más útil podría ser el rango de valores obtenidos. No es lo mismo que las reducciones se encuentren entre 0 y 3 cm, a que estén entre 2,5 y 3 cm. En el primer caso podría haber muchas personas a las que la crema no les hizo absolutamente nada, y en el segundo, la crema parece haber sido efectiva para todos.
  - Además, la publicidad sugiere un uso de entre 4 y 8 semanas, para ver si logramos un resultado, cuando la crema fue testada durante 3 semanas. ¿Cómo pudieron llegar a esa conclusión?

Muchas veces en los medios de difusión, como ocurre en este ejemplo, **se refuerza una afirmación con argumentos estadísticos falsos.**

---

## 3.2.2 Pasta dental

---

**La publicidad de una pasta dental** afirma que 4 de cada 5 odontólogos recomiendan una marca determinada. ¿Cuántos dentistas fueron encuestados? No se sabe. Porque la publicidad no lo dice. ¿Por qué importa saber la cantidad de respondentes? La fiabilidad del resultado depende de la cantidad de información que se analice, siempre que ésta sea de buena calidad (veremos en los próximos capítulos cómo se produce información de buena calidad).

Cuando los anunciantes dicen “4 de 5 odontólogos” es posible que en realidad hayan sido 5 los odontólogos encuestados, o ninguno si es que inventaron el resultado. También pueden haber sido 5.000 y 4.000 recomendaron dicha marca, que no es lo mismo. No se sabe cuántos dentistas realmente recomiendan esa pasta.

---

## □ 3.3 Razón, tasa y porcentaje

---

Los estadísticos que se utilicen para describir cantidades pueden hacer una diferencia, respecto a las conclusiones que se obtienen. Primero, veremos algunas definiciones para, finalmente, desarrollar un ejemplo sobre la medición de los accidentes de tránsito.

---

### 3.3.1 Definiciones

---

**Una razón** es el **cociente entre dos cantidades**. Por ejemplo, “La razón de niñas a niños es de 3 a 2” significa que hay 3 niñas por cada 2 niños. No debe entenderse que sólo hay 3 niñas y 2 niños en el grupo. Las razones se expresan utilizando los términos más bajos para simplificar lo más posible. Así, esta razón expresa la situación de un curso de 25 alumnos con 15 niñas y 10 niños, o de un colegio con 300 chicas y 200 chicos.



**Una tasa** (o velocidad) es un **cociente que refleja una cierta cantidad por unidad**. Por ejemplo, un automóvil se desplaza a 45 km por hora (la unidad es una hora), o la tasa de robos en un barrio, 3 robos por cada 1.000 hogares (la unidad es 1.000 hogares).

**Un porcentaje** es un **número entre 0 y 100** que mide la **proporción** de un total. Por ejemplo, cuando decimos que una camisa tiene un 10% de descuento, si el precio original (el total) es \$ 90, el descuento es de \$ 9. Si decimos que el 35% de la población está a favor de un período de cuatro días de trabajo a la semana, y la población tiene 50.000 habitantes, entonces son 17.500 ( $50.000 \times 0,35 = 17.500$ ) los que están a favor. La proporción de los que están a favor es 0,35.

- Un porcentaje del 35% es lo mismo que una proporción de 0,35
- Para convertir **un porcentaje en una proporción**, se **divide** al porcentaje por 100.
- Para convertir una proporción en un porcentaje, se **multiplica** la proporción por 100.

### 3.3.2 Variaciones relativas

Cuando un porcentaje se utiliza para determinar un aumento o reducción relativa (relativa al valor inicial), se denomina **variación porcentual**.

Supongamos que la cantidad de accidentes por año en una ciudad pasó de 50 a 60, mientras que la cantidad de accidentes en otra ciudad pasó de 500 a 510. Ambas ciudades tuvieron un **aumento** de 10 accidentes por año, pero para la primera ciudad, esta diferencia como porcentaje del número inicial de accidentes, es mucho mayor.

**Variación porcentual:** se toma el valor "después de" y se le resta el "antes de", luego se divide ese resultado por el "antes de". Así, se obtiene una proporción. Para transformarla en un porcentaje se **multiplica el resultado por 100**.

Para la primera ciudad, esto significa que la cantidad de accidentes aumentó en un

$$\begin{aligned}\frac{60 - 50}{50} &= \frac{10}{50} \\ &= 0,20 \text{ ó } 20\%\end{aligned}$$

Para la segunda ciudad, este cambio refleja sólo un aumento del 2%, pues

$$\begin{aligned}\frac{510 - 500}{500} &= \frac{10}{500} \\ &= 0,02 \text{ ó } 2\%\end{aligned}$$



Si una ciudad pasó de 50 a 40, mientras que en otra la cantidad de accidentes pasó de 500 a 490, ambas ciudades tuvieron una **reducción** de 10 accidentes. Calculemos las variaciones en este caso:

$$\frac{40-50}{50} = \frac{-10}{50} \quad \text{y} \quad \frac{490-500}{500} = \frac{-10}{500}$$
$$= -0,20 \text{ ó } -20\% \qquad \qquad \qquad = -0,02 \text{ ó } -2\%$$

Las reducciones se reflejan en variaciones porcentuales negativas.

Las variaciones relativas se pueden expresar como variaciones porcentuales o proporciones.

### 3.3.3 ¿Cantidades o tasas?

El resultado puede ser diferente según que estadístico se elija. Veamos un ejemplo.

#### 3.3.3.1 Accidentes de tránsito

¿Cómo medimos los accidentes de tránsito? Veamos dos maneras de analizar las estadísticas sobre los accidentes de tránsito, mostrando dos aspectos diferentes de la misma historia.

Muchas veces el análisis puede utilizarse con fines políticos. Un candidato puede argumentar que los accidentes fatales se han reducido durante su mandato y su contrincante que han aumentado. A partir de una misma realidad, ¿cómo pueden los dos candidatos decir que la cantidad de accidentes fatales evoluciona en dos direcciones diferentes?

Consideremos los datos de la tabla 3.1, que muestran la cantidad total de víctimas mortales por accidentes de tránsito en el lugar del hecho, en la Argentina desde el año 2.000 hasta el año 2007, de acuerdo con el Registro Nacional de Antecedentes de Tránsito (R.e.N.A.T.).

La cantidad de víctimas mortales se redujo desde el año 2.000 hasta el 2004. A partir de ese año, los accidentes comenzaron a aumentar. Podría decirse que en el 2007 estuvimos peor que en el 2001, con 135 muertes más (4.175 contra 4.040). Pero, ¿**la cantidad de víctimas mortales** es la medida **adecuada** para describir el problema?

Estas cifras no dicen toda la historia. Una parte importante de la información ha quedado fuera. Aumentó la cantidad de accidentes fatales, pero también aumentó la cantidad de vehículos circulantes. Ante iguales condiciones de conducción, es razonable esperar que si aumentan los vehículos circulantes aumentarán los accidentes de tránsito y, por lo tanto, las víctimas fatales. Para poner el problema en perspectiva es necesario incluir en el análisis, tanto la cantidad de vehículos circulantes como la cantidad de muertes. ¿Cómo se hace?

El Registro Nacional de Antecedentes de Tránsito (R.e.N.A.T.) publica además de la cantidad de muertes, la tasa de muertes por cada 100.000 vehículos en circulación.

### VÍCTIMAS MORTALES POR ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL LUGAR DEL HECHO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA (2000 - 2007) TABLA 3.1

Año	Cantidad total muertes	Cantidad de vehículos circulantes	Tasa c/100.000
2000	4.316	6.799.114	63,48
2001	<b>4.040</b>	6.937.355	<b>58,24</b>
2002	3.830	7.005.406	54,67
2003	3.690	7.102.855	51,95
2004	3.047	7.355.731	41,42
2005	3.378	7.717.513	43,77
2006	3.842	7.923.726	48,49
<b>2007</b>	<b>4.175</b>	<b>7.995.043</b>	<b>52,21</b>

*Fuente:* <http://www.renat.gov.ar/Estadistica.htm>

Comparando las tasas de muertes, nuevamente entre los años 2007 y 2001 vemos que se redujo (52,21 contra 58,24).

**Una tasa es un cociente.** Refleja una cantidad dividida por una cierta unidad. Por ejemplo una velocidad, espacio / tiempo (km/hora), es una tasa.

¿Cómo dijo?



¿Qué significa una tasa de 52,21 **muertes** por accidentes **cada 100.000 vehículos**? 52,21 es la cantidad de muertes y la unidad en este caso es 100.000 vehículos.

¿Cómo se obtiene?

$$\frac{\text{cantidad de muertes}}{\text{cantidad de vehículos}} \times 100.000 = \frac{4.175}{7.995.043} \times 100.000 = 52,21$$

Tenemos que multiplicar por 100.000 porque  
dientes que le corresponderían a un vehículo.

$$\frac{\text{cantidad de muertes}}{\text{cantidad de vehículos}}$$

es la cantidad de acci-

## ¿Cantidades o tasas?

Dependiendo del estadístico utilizado para resumir la información, para este caso cantidades o tasas, se pueden obtener conclusiones opuestas, como las que obtuvimos al comparar los años 2001 y 2007 en relación a los accidentes fatales.

## ¿Cuál es el estadístico correcto? Depende.

Muchas veces la respuesta en un ámbito **estadístico** es: depende.

Depende de la pregunta que queramos responder. Si nos interesa evaluar el éxito de la política de educación vial deberíamos utilizar tasas de muertes; pero si organizamos el servicio de ambulancias importa la cantidad de accidentes y no los motivos (aumento de vehículos, aumento de la población, aumento de la cantidad de conductores imprudentes).

En el 2007 tuvimos **4.175** víctimas mortales por accidentes de tránsito, esta cantidad de muertes equivale a la caída de un avión jet sin sobrevivientes cada quince días (un avión jet lleva aproximadamente 150 pasajeros). ¡Eso es mucho!

“Aquí estamos utilizando el término estadístico con dos significados diferentes:

1. procedimiento para obtener un número
2. disciplina”

# FRANJA MORADA

## CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

### □ 3.4 Actividades y ejercicios

1. El 7 de septiembre de 2008 podía leerse en un diario: “El producto bruto de Brasil es 1.313 billones de dólares. Es cuatro veces superior al PBI que hoy tiene la Argentina”. ¿Le parece adecuada esa conclusión teniendo en cuenta que la población de Brasil era para esa fecha 189,3 millones de habitantes, mientras que la nuestra era de 39,7 millones?
2. Un investigador señala que la cantidad de accidentes en su ciudad es mayor entre las 18 h y 20 h (tarde tarde) que entre las 14 h y las 16 h (tarde temprana). Concluye que la fatiga juega un papel muy importante en los accidentes de tránsito, porque los conductores están más cansados durante la tarde tarde que durante la tarde temprano. ¿Considera que esta conclusión está bien justificada?
3. Halle 3 ó más **noticias** o artículos de opinión que presenten, tasas, proporciones o porcentajes (o algún otro cálculo de tipo estadístico) para justificar un punto de vista.
4. Halle 3 ó más avisos publicitarios que muestren resultados de estudios estadísticos para resaltar la efectividad o preferencia de un producto.
5. Realice las preguntas que considere necesarias para evaluar las siguientes afirmaciones de un aviso publicitario anunciando un producto contra la celulitis:
  - En 15 días piel de naranja menos visible\*
  - Piel más lisa 86%\*\*
  - -1,9 cm en 4 semanas\*

\*Test clínico en 50 mujeres. \*\*Autoevaluación sobre 44 individuos.

6. Explique las siguientes frases:

- Le puedo pagar a lo sumo \$ 500 por ese trabajo.
- Le voy a pagar como mínimo \$ 500 por ese trabajo.
- Quiero que vuelvas como máximo a las 11 de la noche.
- Se presentaron por lo menos 10 personas para el puesto de encargado de control de calidad.
- No más de 10 personas se presentaron para el puesto de chofer.



¿A lo sumo? ¿Por lo menos?

7. “Un chico de 8 a 12 años puede perder hasta un litro de transpiración durante dos horas de actividad un día caluroso”, afirma una publicidad. Nos preguntamos:

- ¿cómo se podrá llegar a esa conclusión?
- ¿cómo será para los de 13 a 16 años?
- Aunque sea complicado, proponga algún procedimiento para estimar cuanto líquido puede perder un chico por transpiración durante dos horas.
- “Hasta dos litros” ¿significa que puede:
  - no perder nada?
  - perder 3 litros?
  - perder 2 litros?
  - perder 1 litro?
  - perder 1,5 litros?
  - perder 2,5 litros?



## FRANJA MORADA

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

# 18. Medidas resumen

## Media, mediana, rango, desvío estándar, distancia intercuartil

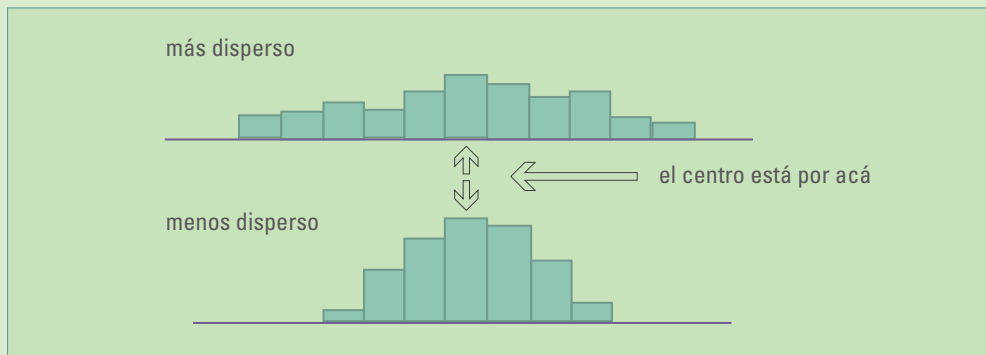
La mente humana puede captar la información que aportan diez números, cien es difícil y con mil, estamos perdidos. Por esa razón, es muy importante contar con pocos valores (medidas resumen), que de alguna manera deben describir las características más sobresalientes del conjunto que se está analizando.

Una medida resumen es un número. Se obtiene a partir de una muestra y, en cierta forma, la caracteriza. Es el valor de un estadístico. Por ejemplo, un porcentaje o una proporción son medidas resumen. Se utilizan con datos categóricos o con datos numéricos categorizados previamente. **Las medidas resumen permiten tener una idea rápida de cómo son los datos.** Pero, un estadístico mal utilizado puede dar una idea equivocada respecto de las características generales que interesa mostrar.

El cálculo de medidas resumen es el primer paso; se realiza cuando se recolectan los datos en un estudio para tener una idea de qué está pasando. Posteriormente, los investigadores pondrán a prueba sus hipótesis respecto a algún parámetro poblacional, estimarán características de la población y estudiarán posibles relaciones entre las variables. Cuando presentan sus conclusiones al público en general, las medidas resumen muestran los resultados en forma concisa y clara, volviendo a tener importancia.

En principio, se pueden obtener muchísimas formas de resumir los valores de un conjunto de datos numéricos. Es importante que sean fáciles de interpretar.

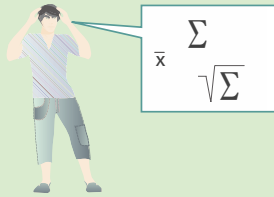
Cualquier conjunto de datos tiene **dos propiedades importantes**: un **valor central** y la **dispersión** alrededor de ese valor. Vemos esta idea en los siguientes histogramas hipotéticos:



Describiremos en este capítulo medidas de la posición del centro, la dispersión y otras medidas de posición. Veremos:

- Cómo se utilizan, en forma correcta o errónea.
- Qué significan.
- Qué dicen y qué no dicen estas medidas resumen.
- Cómo dependen de la distribución general de los datos.

Pero, a partir de ahora, además de gráficos necesitamos fórmulas.



Supongamos que tenemos un conjunto con  $n$  observaciones (datos), los representamos así:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

Se leen equis uno, equis dos, ..., equis  $n$  y se pueden representar en una tabla:

(Número de) Observación	1	2	3	....	$n$
Valor	$x_1$	$x_2$	$x_3$	....	$x_n$

**Ejemplo 18.1:** Le preguntamos a 5 personas ( $n = 5$ ) cuántas cuadras camina por día y obtenemos.

Observación	1	2	3	4	5
Valor	4	15	8	31	17

Luego  $x_1 = 4$ ,  $x_2 = 15$ ,  $x_3 = 8$ ,  $x_4 = 31$ ,  $x_5 = 17$

¿Cuál es el centro de estos datos? Respondemos esta pregunta en la siguiente sección.

## □ 18.1. Posición del centro de los datos

El **promedio** define el valor característico o central de un conjunto de números. Existen varios métodos para calcular el promedio. El método utilizado puede influir en las conclusiones. Cuando vemos un anuncio con la palabra promedio, debemos alertarnos porque quien lo ha escrito, probablemente eligió el método de cálculo para producir el resultado que le interesa marcar.

Veremos con detalle las dos formas principales para obtener un valor central o promedio:

- **La media:** Se obtiene sumando todos los valores del conjunto de datos y dividiendo la suma por la cantidad de datos en ese conjunto.
- **La mediana:** Es el valor central del conjunto de datos ordenados.



## 18.1.1. La media

La media se representa por  $\bar{x}$  (equis raya o equis barra). Se obtiene sumando todos los datos y dividiendo por la cantidad total  $n$  de observaciones,

$$\bar{x} = \frac{\text{SUMA DE LOS DATOS}}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

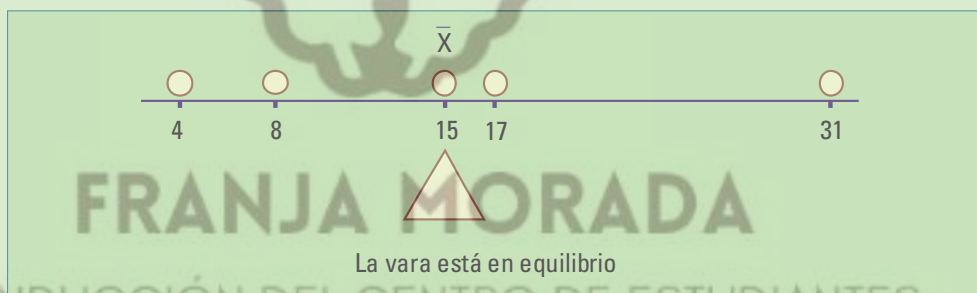
En el ejemplo anterior, la media de las cuadras caminadas por día es 15:

$$\bar{x} = \frac{4 + 15 + 8 + 31 + 17}{5}$$

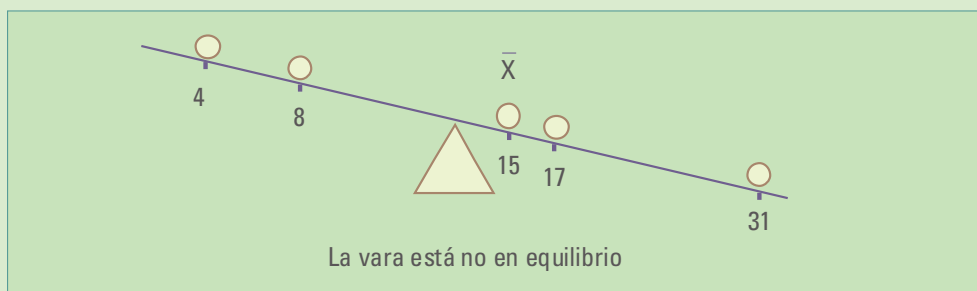
$$\bar{x} = \frac{75}{5}$$

$$\bar{x} = 15 \text{ CUADRAS}$$

Si sobre una vara numerada sin peso, se colocan pesos idénticos sobre el valor de cada dato, la **vara queda en equilibrio** cuando se la apoya en el punto correspondiente a la media.



La vara no queda en equilibrio si se la apoya en cualquier otro punto.





Existe una abreviatura para la suma  $x_1 + x_2 + \dots + x_n$ . Se trata de la letra griega **sigma mayúscula** (comúnmente llamada **sumatoria**):  $\sum_i$

En vez de la suma  $x_1 + x_2 + \dots + x_n$  escribimos  $\sum_{i=1}^n x_i$

y lo leemos como: “la suma de equis i, con i variando desde 1 hasta n”.

Repito diez veces



$\sum_{i=1}^n x_i$  "La suma de  $x_i$ , con i variando desde 1 hasta n"

Así, la media de un conjunto de datos  $x_i$  es:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{ó} \quad \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

En el ejemplo 16.5, para los pesos de los 101 alumnos de 3 divisiones de 4to. Año, el peso medio es 58,90 kg:

$$\frac{\sum_{i=1}^{101} x_i}{101} = \frac{5949}{101}$$

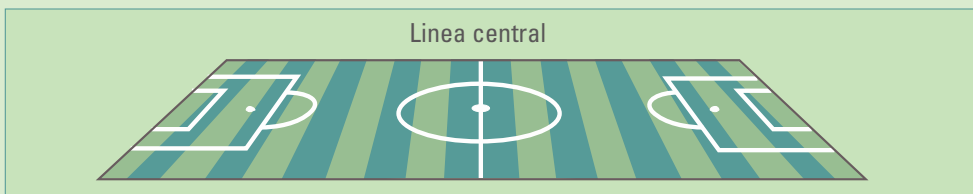
$$= 58,90 \text{ kg}$$



CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

## 18.1.2. La mediana

La **mediana** es otro tipo de centro. Es el punto central de los datos, como la línea central que divide el campo de fútbol en dos partes iguales.



## La mediana deja la misma cantidad de datos a cada lado.

Para hallar la mediana del conjunto de datos (4, 15, 8, 31, 17) del ejemplo 18.1:

- Primero los ordenamos de menor a mayor (4, 8, 15, 17, 31).
- Luego, la mediana es el valor central (15).

Para las cuerdas que caminan por día las cinco personas elegidas al azar, el valor central, la mediana, es 15. Quedan dos datos a cada lado de la mediana. En este ejemplo, la media coincide con la mediana, pero puede no ocurrir.

4 8 (15) 17 31  
↗

Si la cantidad de datos es **par** (4, 15, 8, 17) no hay una observación central, sino **un par** de **observaciones centrales** (8 y 15). La mediana (11,6) es el promedio de estos dos valores.

4 8 15 17      promediamos el 8 y el 15       $\frac{8+15}{2} = 11,6$   
↗

La regla general para calcular la mediana de  $n$  datos ordenados es:

- Si la **cantidad de datos** es **impar**, la mediana es el valor del centro, se encuentra en la posición  $(n+1)/2$ .
- Si la **cantidad de datos** es **par**, la mediana es el promedio de los dos valores centrales, se encuentran en las posiciones  $n/2$  y  $(n/2)+1$

Para los datos de los pesos de los 101 alumnos (ejemplo 16,5) la mediana es 58 kg. Como ya hemos construido el diagrama tallo hoja ordenado, la obtenemos directamente contando desde el dato más pequeño hasta el dato en la posición 51 ( $51=(101+1)/2$ ):

3 |  
3 | 78  
4 | 2334  
4 | 566788888  
5 | 00000011111222222223444444  
5 | 5556677788899 ← Aquí se encuentra la mediana  
6 | 01122333444  
6 | 55566666777777788899999  
7 | 00112234  
7 | 99  
8 | 1  
8 | 5

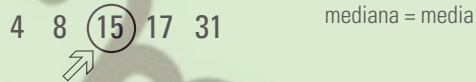
Pruebe contar 51 desde el dato más grande hacia los más chicos; la mediana también da 58.

### 18.1.3 ¿Por qué utilizamos más de una medida de posición del centro de los datos?

Cada una de las dos medidas presentadas tiene ventajas y desventajas.

La media utiliza todos los datos para su cálculo. Si los datos presentan un histograma simétrico calcular **la media es lo mejor** para obtener el centro de los datos, en este caso la mediana será muy parecida.

Siguiendo con el ejemplo 18.1 (cuadras que caminan por día 5 personas) la media y la mediana coinciden.



La mediana no se verá afectada si los datos presentan algún **valor atípico (316)**, es decir, un dato alejado del patrón general (también llamado **outlier** en inglés), mientras que la media sí.



El outlier puede ocurrir si una de las personas entrevistadas tiene hábitos diferentes a lo habitual (316 en lugar de 31), o si cometimos un error. La mediana seguirá siendo 15, pero la media será 72. ¿Es razonable decir que 72 cuadras por día en promedio representan las distancias caminadas por la mayoría de las personas?

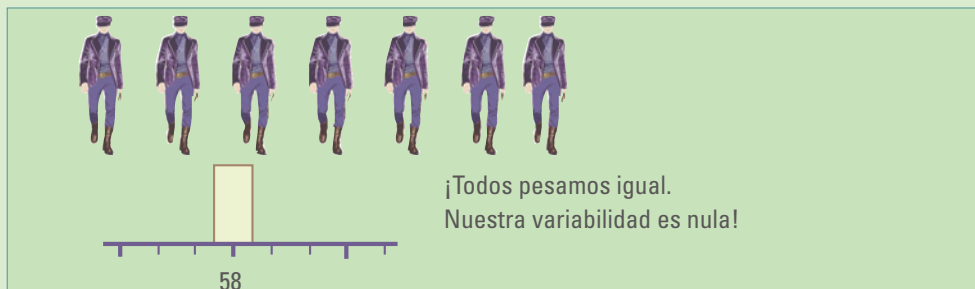


La media (72) ya no representa a la mayoría de los datos, por eso, decimos que **la media es sensible ante la presencia de valores atípicos (outliers)**.

## CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

### □ 18.2. Medidas de dispersión o variabilidad

Si todos los alumnos pesaran 58 kg, tendríamos un conjunto de datos iguales.



Otro conjunto de alumnos con mediana igual a 58kg podría tener pesos diferentes y los datos estarían más dispersos.



Además de conocer el punto central de un conjunto de datos, también nos interesa describir su dispersión, es decir cuán lejos tienden a estar los datos de su centro.

La variabilidad está presente en todos los conjuntos de datos. Sea cual fuere la característica, es casi imposible que dos mediciones sean idénticas. Esto se debe a que:

- Diferentes individuos tienen diferentes características (peso, altura, inteligencia, glóbulos rojos en sangre), al cuantificarlas resultan en valores diferentes de las variables correspondientes.
- Diferentes mediciones de una misma característica dan como resultado diferentes valores debido al inevitable error de medición.

Los métodos estadísticos son imprescindibles para analizar los datos debido a su variabilidad. El truco consiste en tener medidas que la capturen de la mejor manera posible.

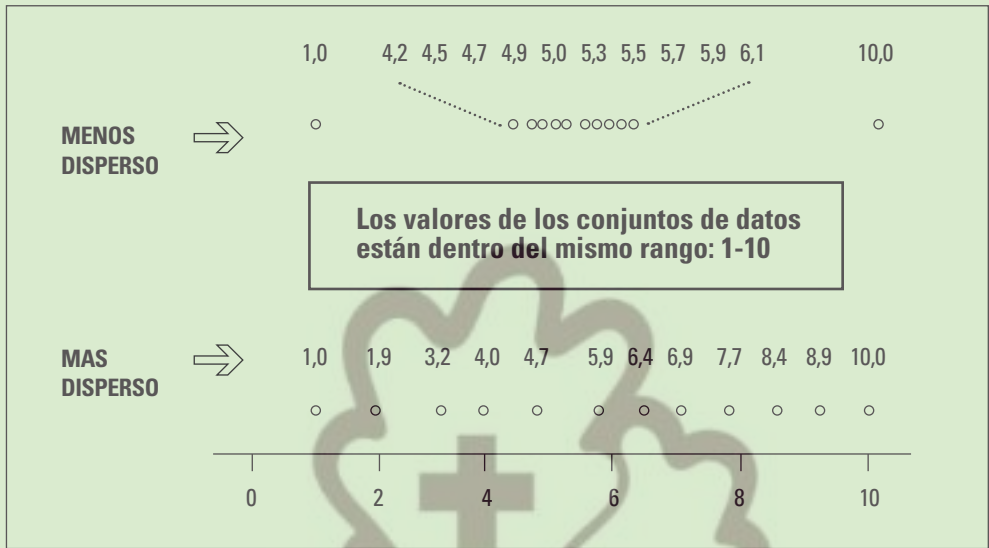
### 18.2.1. Rangos y distancia intercuartil

El rango de valores donde se encuentran los datos permite apreciar su variabilidad o dispersión (cuán desparramados están).

La medida natural para evaluar dicha dispersión es la distancia entre el valor mínimo y el valor máximo de los datos (máximo-mínimo).

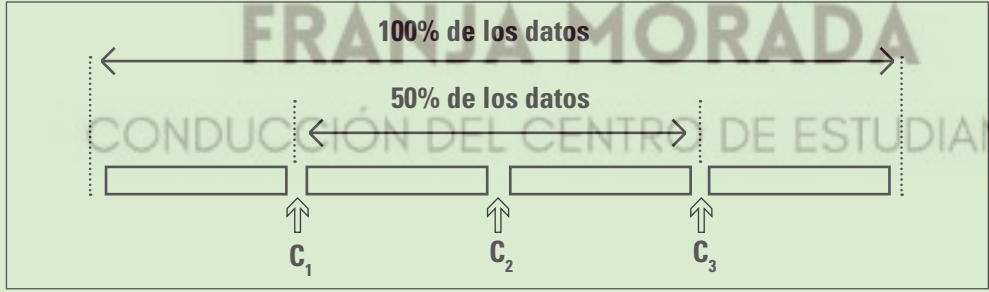
Tiene algunos inconvenientes:

- Es muy sensible a la presencia de valores atípicos.
- Como utiliza sólo dos datos, no puede distinguir dos conjuntos con máximos y mínimos coincidentes, pero uno tendrá la mayoría de sus valores mucho más concentrados que el otro.



La figura representa a los siguientes conjuntos de datos {1,0 4,2 4,5 4,7 4,9 5,0 5,3 5,5 5,7 5,9 6,1,10,0} y {1,0 2,9 3,5 4,0 4,7 5,9 6,4 6,9 7,7 8,4 8,9 10,0}. La mayoría de los valores del primer conjunto están más concentrados que la mayoría del segundo conjunto pero tienen el mismo rango. El rango en este caso no distingue dos conjuntos de datos con diferentes dispersiones.

Para corregir los problemas se utiliza la distancia entre el valor mínimo y el valor máximo del 50% central de los datos, llamada distancia intercuartil.



**¿Cómo se calcula la distancia intercuartil?:**

1. Se ordenan los datos.
2. Se calcula la mediana ( $C_2$ ), que los divide en 2 partes con igual cantidad de datos de cada lado.
3. Se calcula la mediana de la mitad más baja (grupo inferior), es el cuartil inferior ( $C_1$ )
4. Se calcula la mediana de la mitad más alta (grupo superior), es el cuartil superior ( $C_3$ )
5. La distancia intercuartil (DIC) es la diferencia entre el cuartil superior y el cuartil inferior: **DIC =  $C_3 - C_1$**

Cuando la mediana coincide con uno de los datos se la puede considerar parte de los dos grupos, el superior y el inferior (esta regla es arbitraria y algunos autores no la cuentan en ninguno de los dos).

¿Qué mide la distancia intercuartil?

Como medida de dispersión, la distancia intercuartil mide la longitud del intervalo en el cual se encuentra el 50% central de los datos. Cuanto más dispersos estén los datos, mayor será la distancia intercuartil.

Nuevamente, consideremos los pesos de los 101 alumnos (ejemplo 16.5). La mediana está en la posición 51 y vale 58 kg. Para hallar el cuartil inferior calculamos la mediana de los 51 valores más chicos. Se encuentra en la posición  $(51+1)/2=26$ . Contamos 26 lugares desde los más chicos y obtenemos el valor 51 kg del cuartil inferior.

**!** No confundir la posición 51 (donde se encuentra la mediana) con 51 kg, el valor del cuartil inferior que se encuentra en la posición 26.

Contando 26 lugares desde los **valores más altos** obtenemos el valor 67 kg del cuartil superior.

La distancia intercuartil se obtiene como la diferencia entre el cuartil superior y el cuartil inferior ( $DIC = 67 \text{ kg} - 51 \text{ kg} = 16$ ), es la diferencia entre la mediana de los alumnos más pesados y la mediana de los más livianos. El 50% de los pesos difieren a lo sumo en 16 kg. El 50% de los pesos están entre 51 kg y 67 kg.

3	78
4	2334
	<b>Cuartil inferior</b>
4	566788888 ↓
5	00000011111222222223444444
5	5556677788899 ← <b>Aquí se encuentra la mediana</b>
6	011223333444
6	5556666677777788899999
7	00112234 ↑
7	99
	<b>Cuartil superior</b>
8	1
8	5



La mediana esta en la posición 51 y tiene un valor de 58 kg.  
El cuartil inferior se encuentra en la posición 26 y tiene un valor de 51 kg.

**No confundir la posición de un dato con el valor de un dato.**

## 18.2.2. Los cinco números resumen y el gráfico de caja y brazos

El mínimo, el cuartil inferior, la mediana, el cuartil superior y el máximo son cinco números. Dan una idea de cómo está distribuido un conjunto de datos. Se los llama los cinco números resumen y se los representa por:

Mínimo  $C_1$  M  $C_3$  Máximo

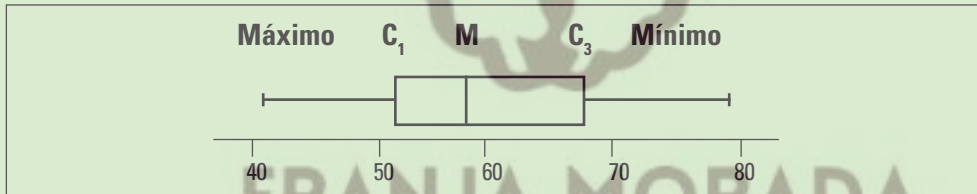
El 50% de los datos se encuentran entre el cuartil inferior y el superior.

Los cinco números resumen de los pesos de los alumnos de 4to. año son:

Mínimo	$C_1$	M	$C_3$	Máximo
37	51	58	67	85

El 50% de los alumnos tiene un peso entre 51 y 67 kg.

Los cinco números resumen se representan gráficamente en un Gráfico de caja (Box-plot).



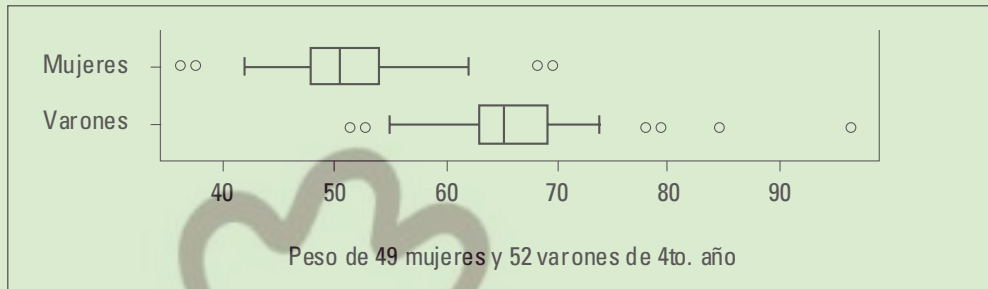
Los cuartiles forman los bordes de la caja y la mediana está dentro de la caja. Dos líneas - los brazos- se extienden, una desde cada borde de la caja, hasta el dato con valor máximo y mínimo respectivamente, mientras no sean valores atípicos (es decir, se encuentren dentro de  $1,5 \text{ DIC}$ ).

Si agregamos un peso de 97 kg a los datos de los pesos, el boxplot muestra un valor atípico.





Los gráficos caja sirven especialmente cuando queremos comparar varios conjuntos de datos. En el ejemplo de los pesos, comparemos los de varones y de mujeres.



Entre las mujeres hay 2 que pesan menos que la mayoría y otras 2 más (por fuera de los brazos). Entre los varones se detectan 2 en los valores menores y 4 en los valores mayores. El 75% de las mujeres son más livianas que los hombres (excluyendo los 2 valores atípicos bajos de los hombres). Los **cinco números resumen** muestran los detalles:

#### Peso de Mujeres

Mínimo	Cuartil inferior - $C_1$	Mediana	Cuartil superior - $C_3$	Máximo
37	48	51	54	70

#### Peso de Varones

Mínimo	Cuartil inferior - $C_1$	Mediana	Cuartil superior - $C_3$	Máximo
51	63	66	69	97

### 18.2.3. Desvío estándar

La descripción de una distribución mediante medidas resumen es utilizada desde hace muchísimos años. Pero, la propuesta de utilizar los 5 números resumen es relativamente nueva. Fue hecha por John Tukey por los años 70, cuando comenzaban a utilizarse las computadoras.

La mediana y los cuartiles son muy sencillos de calcular a mano cuando la cantidad de datos es relativamente pequeña. Cuando se tienen muchos datos, la dificultad se encuentra en ordenarlos. Por esa razón, aunque la mediana era conocida casi no se utilizaba antes del advenimiento de las computadoras.

**La media**, es mucho más **fácil de calcular a mano** cuando hay muchos datos. Sólo requiere del uso de operaciones aritméticas, para hallar un número representativo de la mayoría de los datos.



El **desvío estándar** es una **medida** de dispersión **basada en la media** y **utiliza todos los datos**. Durante muchos años la **media** y el **desvío estándar** fueron, y tal vez sigan siendo, las **medidas resumen más utilizadas**.

El desvío estándar representa una distancia típica de cualquier punto del conjunto de datos a su centro (medido por la media). Es una distancia promedio de cada observación a la media.

El desvío estándar de los datos de toda una población (desvío estándar poblacional) se denota con la letra griega  $\sigma$  (sigma minúscula). Pero la mayoría de las veces los parámetros poblacionales son desconocidos. ¿Qué se hace? Se calcula un estimador ( $s$ , desvío estándar muestral) utilizando una muestra.

La distinción entre el desvío estándar poblacional y el desvío estándar muestral vale para todos los estadísticos descriptos (media, mediana, cuartiles, distancia intercuartil, etc.). Tal como vimos en los capítulos 9 y 10, si el cálculo de un estadístico se realiza utilizando una muestra para estimar un parámetro, el resultado tendrá un error de muestreo.

### ¡Desvío estándar!



$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

¿Más fácil de calcular que la distancia intercuartil?

El desvío estándar se calcula promediando la diferencia entre cada dato y la media, elevadas al cuadrado. Como este resultado tiene las unidades al cuadrado, luego se saca la raíz cuadrada.

Para un conjunto de  $n$  datos:

1. Se calcula la distancia de cada dato a la media:  $x_i - \bar{x}$
2. Se eleva al cuadrado:  $(x_i - \bar{x})^2$
3. Se promedie dividiendo por  $n-1$  y, así, se obtiene la varianza muestral

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

4. Por último se calcula la raíz cuadrada

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Para el conjunto de datos de las cuadras que 5 personas caminan por día, del ejemplo 18.1 ( $x_1=4, x_2=15, x_3=8, x_4=31, x_5=17, n=5$  y  $\bar{x}=5$ ), la varianza muestral es 107,5 cuadras<sup>2</sup>:

$$s^2 = \frac{(4 - 15)^2 + (15 - 15)^2 + (8 - 15)^2 + (31 - 15)^2 + (17 - 15)^2}{(5 - 1)}$$

$$s^2 = \frac{121 + 0 + 49 + 256 + 4}{4}$$

$$s^2 = 107,5$$

Cuanto más grande es la varianza muestral, más dispersos están los datos. Una medida de dispersión debe tener las mismas unidades que los datos.

La varianza muestral, en nuestro ejemplo está en cuadras al cuadrado, entonces por supuesto, debemos sacar la raíz cuadrada.

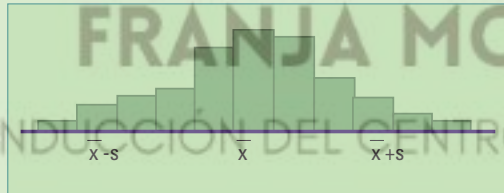
El desvío estándar es 10,37 cuadras:

$$s = \sqrt{107,5}$$

$$s = 10,37$$

## □ 18.3. Centro y dispersión en diferentes tipos de distribuciones

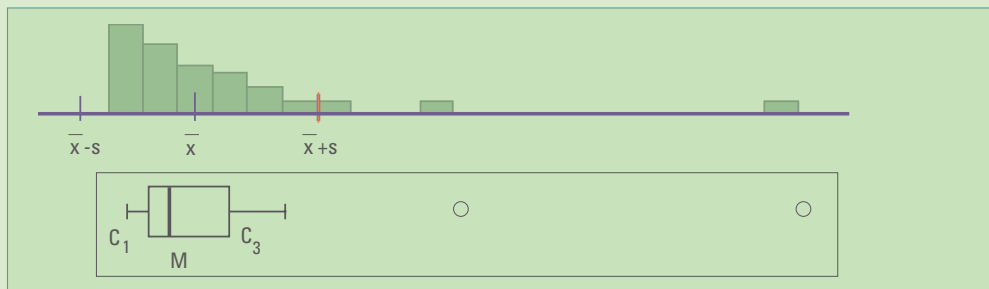
La media y el desvío estándar son muy buenos para resumir datos con histogramas razonablemente simétricos y sin valores atípicos.



Sin embargo, la media y el desvío estándar no son una buena representación de la distribución de datos cuando tienen **valores atípicos** o sus **histogramas son asimétricos**.

La figura siguiente muestra el histograma de un conjunto de datos con distribución

**asimétrica a derecha**. En este caso, **es mejor utilizar** la mediana y la distancia intercuartil, y mejor aún, **los 5 números resumen**.



El intervalo con extremos en  $\bar{x}-s$  y  $\bar{x}+s$  **no es una buena representación de los datos:**  $\bar{x}-s$  se encuentra fuera del rango de los valores observados (está a la izquierda del valor más pequeño) y quedan valores a la derecha de  $\bar{x}+s$ . El gráfico caja (boxplot) describe más precisamente el rango donde se encuentran los datos. El rango intercuartil que forma la caja contiene el 50% de los datos y los brazos se extienden hasta el último dato de cada lado. Se distinguen dos datos atípicos (en inglés: outliers, significa: yacen fuera).

En el ejemplo siguiente mostramos cómo las medidas resumen pueden contar una parte muy parcial de la historia.

**Ejemplo.** “Admítelo una salchicha no es una zanahoria”. Así decía la revista “El Consumidor” en un comentario sobre la baja calidad nutricional de las salchichas. (Introduction to the practice of Statistics Moore mc Cabe pág. 28).

**Hay tres tipos de salchichas:**

1. carne vacuna,
2. mezcla (carne porcina, vacuna y de pollo)
3. pollo.

¿Existe alguna diferencia sistemática entre estos tres tipos de salchichas, en estas dos variables? Mirar directamente los datos sirve de muy poco.

**CALORÍAS Y SODIO EN SALCHICHAS POR TIPO.** TABLA 18.1

Vacuno		Mezcla		Pollo	
Calorías	Sodio	Calorías	Sodio	Calorías	Sodio
186	495	173	458	129	430
181	477	191	506	132	375
176	425	182	473	102	396
149	322	190	545	106	383
184	482	172	496	94	387
190	587	147	360	102	542
158	370	146	387	87	359
139	322	139	386	99	357
175	479	175	507	170	528
148	375	136	393	113	513
152	330	179	405	135	426
111	300	153	372	142	513
141	386	107	344	86	358
153	401	195	511	143	581
190	645	135	405	152	588
157	440	140	428	146	522





Vacuno		Mezcla		Pollo	
Calorías	Sodio	Calorías	Sodio	Calorías	Sodio
157	440	140	428	146	522
131	317	138	339	144	545
149	319				
135	296				
132	253				

Comparemos la cantidad de calorías entre los tres tipos de salchichas utilizando gráficos caja. Recordemos que están basados en los números resumen:

	Mínimo	Cuartil inferior $C_1$	Mediana	Cuartil superior $C_3$	Máximo
<b>Vacuno</b>	111	140,5	152,5	178,5	190
<b>Mezcla</b>	107	139	153	179	195
<b>Pollo</b>	86	102	129	143	170

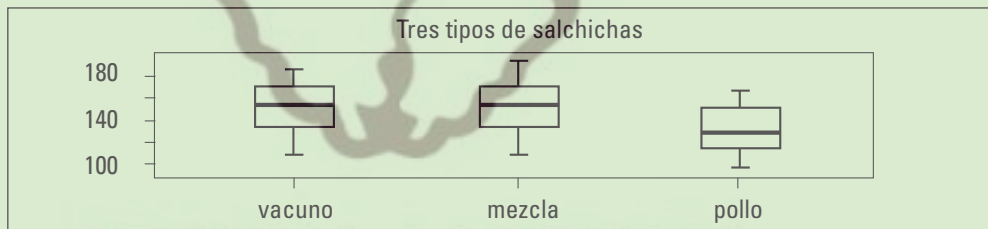


Figura 18.1. Gráficos caja de la cantidad de sodio de tres tipos de salchichas.

Vacuno	Mezcla	Pollo
8	8	8   67
9	9	9   49
10	10   7	10   226
11   1	11	11   3
12	12	12   9
13   1259	13   5689	13   25
14   1899	14   067	14   2346
15   2378	15   3	15   2
16	16	16
17   56	17   2359	17   0
18   146	18	18
19   00	19	19

Figura 18.2. Diagramas tallo hoja de la cantidad de sodio de tres tipos de salchichas. La coma decimal se encuentra un dígito a la derecha de la barra vertical (|).

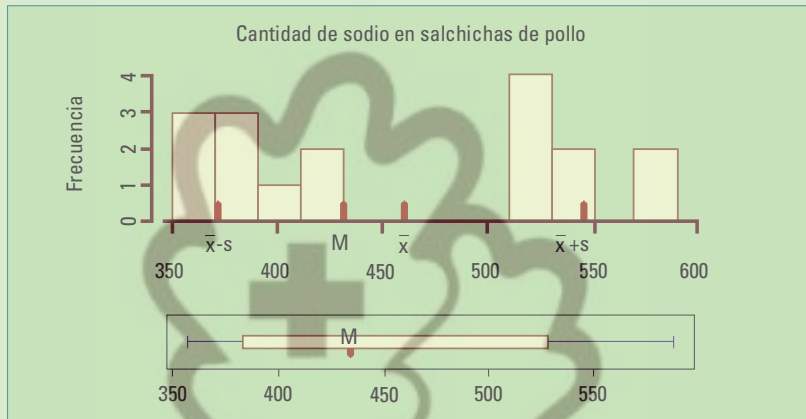
Vemos una tendencia general en las salchichas de pollo a presentar menor cantidad de calorías. Pero nos perdemos los detalles.

Los diagramas tallo hoja de las salchichas de carne vacuna y mezcla (figura 18.2) muestran la presencia de 2 grupos, y un valor aislado en la cola inferior. Sin embargo, como cada cuartil se encuentra aproximadamente en el centro de cada uno de los dos grupos, la distancia intercuartil refleja la distancia entre los grupos y, por lo tanto, el valor inferior no es detectado como dato atípico.

Analicemos ahora la distribución de la **cantidad de sodio** en las salchichas de **pollo** (tabla 18.1), cuyo diagrama tallo hoja tenemos a continuación

3		666.889
4		033
4		
5		11.234
5		589

Tanto el diagrama tallo hoja como el histograma (figura 18.3) revelan la presencia de dos grupos:



*Figura 18.3. Histograma y gráfico caja de la cantidad de sodio de salchichas de pollo de diferentes marcas.*

Los valores ordenados de la cantidad de sodio en salchichas de pollo son:  
 357 358 359 375 383 387 396 426 430                      513 522 528 542 581 588

La media (449,66) se encuentra fuera de los datos, la mediana (426) cerca del borde de uno de los dos grupos. El intervalo ( $\bar{x}-s$ ,  $\bar{x}+s$ ) no es una buena representación de los datos y el gráfico caja tampoco.

Recomendamos realizar gráficos caja fundamentalmente para comparar la distribución de varios conjuntos de datos. Un diagrama de tallo y hojas o un histograma son mejores para analizar la distribución de datos de una única variable. Generalmente, los detalles agregan poco, pero es importante estar preparados para las ocasiones en que sí agregan mucho.

El significado de las medidas resumen está atado a la forma de la distribución de los datos. Esto tiene especial importancia con el desvío estándar pues se utiliza muchísimo en las descripciones de los datos. Su fama se debe a la íntima conexión que tiene el desvío estándar con la curva de Gauss. Lo veremos en el capítulo 20.

**El desvío estándar no significa nada si los datos no son Normales ni aproximadamente Normales.**

**La media no describe el centro si los datos no son simétricos.**

**La mediana y la distancia intercuartil pueden fallar si los datos forman grupos.**

## □ 18.4. Actividades y ejercicios

En los ejercicios 1-4 indique cual es la respuesta correcta o la afirmación que completa la frase. Explique brevemente

1. ¿Cuál de las siguientes opciones da la mejor descripción de los datos cuando estos presentan intervalos vacíos y grupos?
  - a) La media y el desvío estándar.
  - b) La mediana y el rango intercuartil.
  - c) Un gráfico caja con los 5 números resumen.
  - d) La mediana y el rango.
  - e) Un diagrama tallo-hoja o un histograma.
  - f) Ninguno de los anteriores permite mostrar intervalos vacíos y grupos.
2. ¿Cual de las siguientes medidas de posición y variabilidad son adecuadas cuando se sospecha la presencia de datos atípicos?
  - a) La media y el desvío estándar.
  - b) La media y el máximo menos el mínimo.
  - c) La media y la distancia intercuartil.
  - d) La mediana y la distancia intercuartil.
  - e) La mediana y el máximo menos el mínimo.
3. Si el desvío estándar de un conjunto de datos es cero, se puede concluir que:
  - a) La media es cero.
  - b) La mediana es cero.
  - c) Todos los datos valen cero.
  - d) Hay un error de cálculo.
  - e) La media mayor que la mediana.
  - f) Todos los datos son iguales.
4. Si el 20% de los datos se encuentra entre 10 y 40. Si se dividen por dos todos los valores y luego se les suma 10, también a todos, entonces:
  - a) El 10% de los datos resultantes estarán entre 15 y 30.
  - b) El 20% de los datos resultantes estarán entre 15 y 30.
  - c) El 15% de los datos resultantes estarán entre 15 y 30.
  - d) El 10% de los datos resultantes estarán entre 5 y 20.
  - e) El 15% de los datos resultantes estarán entre 5 y 20.
  - f) El 20% de los datos resultantes estarán entre 5 y 20.

FRANJA MORADA  
CONSEJO GENERAL DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



5. Lleve una **balanza** a su división y **registre el peso y la edad** de todos los alumnos y alumnas.
  - a. Describa, utilizando histogramas, cómo se distribuyen los **pesos** de todos, juntos y separados, varones y mujeres. Utilice también medidas resumen: media o mediana; distancia intercuartil desvío estándar. Indique cuales son las más adecuadas.
  - b. Describa como se distribuyen las **edades** de todos juntos y separados, varones y mujeres. Utilice herramientas gráficas para comparar y también medidas resumen: media o mediana; distancia intercuartil o desvío estándar. Indique cuáles son las más adecuadas.
6. Lleve la **balanza** a **2 divisiones de años anteriores** y registre el peso y la edad de todos los alumnos y alumnas.
  - a. Describa como se distribuyen los pesos de todos juntos y separados, varones y mujeres. Utilice herramientas gráficas para comparar y también medidas resumen: media o mediana; distancia intercuartil o desvío estándar. Indique cuáles son las más adecuadas.
  - b. Describa como se distribuyen las **edades** de todos juntos, varones y mujeres. Utilice herramientas gráficas para comparar y también medidas resumen: media o mediana; distancia intercuartil o desvío estándar. Indique cuáles son las más adecuadas.

Compare los resultados de los distintos años.

7. Realice una encuesta en **su división** para averiguar la cantidad de horas que dedica cada alumno a estudiar y a mirar televisión.
  - a. Pregúntele a todos y tendrá datos poblacionales para su división.
  - b. ¿Le parece que esa muestra es representativa de todos los alumnos de la escuela?
  - c. Elija las variables **más relevantes** para su encuesta. Establezca las preguntas y evalúe si estas pueden producir sesgo en las respuestas.
  - d. Compare cómo se distribuyen las horas entre varones y también entre mujeres.
  - e. Utilice herramientas gráficas para comparar y también medidas resumen. Media o mediana. Distancia intercuartil o desvío estándar. Indique cuales son las más adecuadas.
8. Realice una encuesta **en toda su escuela** para averiguar la cantidad de horas que dedica cada alumno a estudiar y a mirar televisión. Utilice **una muestra representativa de todos los años y de género**, especifique como la elegirá. Para esta encuesta puede utilizar las mismas variables y las preguntas que utilizó para su división o modificarlas, según se consideren adecuadas a la luz de los resultados obtenidos. Puede utilizar la colaboración de algún alumno de cada división.



# 16. Variables numéricas

## □ 16.1. Histogramas y distribuciones de frecuencias

La **distribución** de una variable nos dice **cuáles son los valores** que puede tomar y su **frecuencia**, es decir, cuántas veces ocurre cada uno de los valores.

Como hemos visto, las tablas de frecuencias y los gráficos (circulares, de barras) permiten conocer la distribución (ya sea en una población o en una muestra) de los valores de una variable categórica. La distribución de los valores de la variable dentro de las diferentes categorías se puede expresar en cantidades, en proporciones o en porcentajes.

Para representar gráficamente la distribución de los datos correspondientes a una **variable numérica** (discreta o continua) también se utilizan tablas de frecuencias y un gráfico similar al gráfico de barras: el histograma.

Un **histograma** representa, en el eje horizontal, **los valores de una variable numérica** divididos en **intervalos de clase**. En forma similar a los gráficos de barras, tiene una barra sobre cada intervalo cuya **altura indica la cantidad** (frecuencia) o **proporción** (frecuencia relativa) de datos. No se deja espacio entre las barras ó rectángulos.

Cuando los valores posibles de la **variable numérica** son pocos, la altura de cada rectángulo del histograma muestra directamente la cantidad o proporción de veces que **cada uno de los valores** ocurrió. Cuando son muchos, es necesario agruparlos definiendo previamente los intervalos.

### 16.1.1. Variables discretas

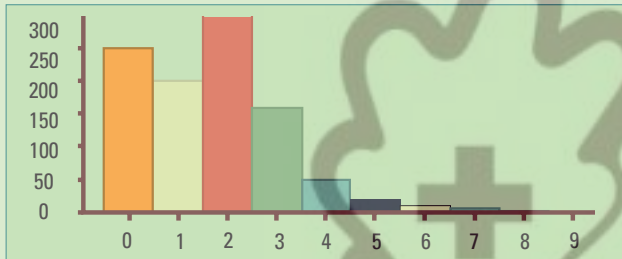
Una variable numérica es **discreta** cuando únicamente puede tomar valores dentro de una sucesión determinada de números. La cantidad de hermanos por alumno de una escuela es una variable discreta: puede tomar los valores 0, 1, 2, 3, 4, pero nunca valores como 2,50; 7,2; 0,30.

Veremos primero un ejemplo de una variable numérica discreta (cantidad de hijos) con **pocos valores posibles**. **No es necesario agruparlos**.

**Ejemplo 16.1.** Supongamos que se entrevistan 1.000 familias de la Ciudad de Buenos Aires, para saber cuántos hijos tiene cada familia. Nuestros datos son de la forma 0, 0, 3, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 1, 1, 2, 0, 0, 0, 2, 1, 8, 1, 1, 2, 3, 0, 0, 0...

Cada número es la cantidad de hijos de cada una de las familias entrevistadas. Es necesario resumir la información: 250 familias no tienen hijos, 200 tienen 1 hijo, 300 tienen 2 hijos, 160 tienen 3 hijos, 50 tienen 4 hijos, 20 tienen 5 hijos, 10 tienen 6 hijos, 7 tienen 7 hijos, 2 familias tienen 8 hijos y una familia tiene 9 hijos. Podemos presentar el resumen mediante la siguiente tabla de frecuencias:

Tendremos una visualización más rápida de los datos si los representamos mediante un histograma.



**Figura 16.1.** Histograma de la cantidad de hijos por familia, expresado en frecuencias.

Cantidad de hijos	Frecuencia
0	250
1	200
2	300
3	160
4	50
5	20
6	10
7	7
8	2
9	1
Total	1.000

La mayor cantidad de familias tienen 2 hijos, le siguen las familias sin hijos y después las de un sólo hijo.

Un histograma representa **la distribución de una variable numérica en una población o en una muestra**. Los intervalos de clase de una variable discreta están centrados en sus valores posibles y tienen la misma longitud.

En el ejemplo 16.1 los datos corresponden a una muestra de 1.000 familias de la Ciudad de Buenos Aires.

¿Cuál es la variable numérica y cuál es la población? ¿Cuáles son los valores posibles de esa variable numérica en la población? ¿Cuál es el tamaño de la muestra?:

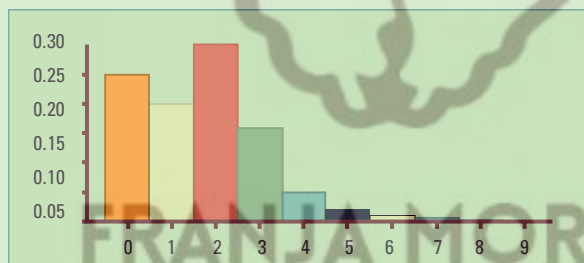
- Variable numérica discreta: cantidad de hijos por familia.
- Valores posibles: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.
- Población: todas las familias de la Ciudad de Buenos Aires, en un año fijo.
- Tamaño de la muestra: 1.000

Si la muestra es representativa de las familias de la Ciudad de Buenos Aires en ese momento, podremos considerar al histograma, una estimación de la distribución de la variable cantidad de hijos por familia en la población. ¡Un verdadero trabalenguas!

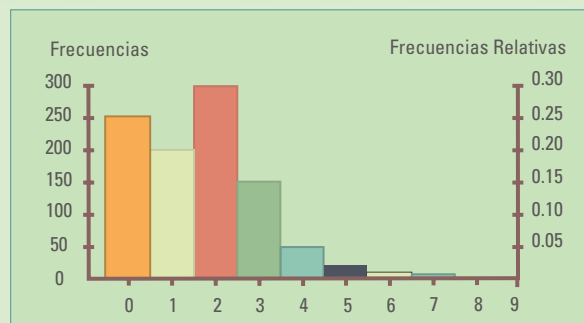
Cuando interesa comparar la frecuencia entre categorías, como ocurre con los diagramas de barras, puede ser más interesante que el eje vertical esté expresado en frecuencias

relativas (es decir proporciones). Por ejemplo, si queremos estudiar el comportamiento social respecto a la cantidad de hijos, saber que el 75% de las familias tienen como máximo dos hijos es más informativo que saber que son 750.

Cantidad de hijos	Frecuencia	Frecuencia relativa	Porcentaje
0	250	$250/1.000 = 0,250$	25,0
1	200	$200/1.000 = 0,200$	20,0
2	300	$300/1.000 = 0,300$	30,0
3	160	$160/1.000 = 0,160$	16,0
4	50	$50/1.000 = 0,050$	5,0
5	20	$20/1.000 = 0,020$	2,0
6	10	$10/1.000 = 0,010$	1,0
7	7	$7/1.000 = 0,007$	0,7
8	2	$2/1.000 = 0,002$	0,2
9	1	$1/1.000 = 0,001$	0,1
Total	1000	1 1	100,0



**Figura 16.2.** Histograma de la cantidad de hijos por familia, expresado en frecuencias relativas.



**Figura 16.3.** Histograma de la cantidad de hijos por familia, con dos escalas: Frecuencias y frecuencias relativas.

**Observación.** Los histogramas de frecuencias y de frecuencias relativas tienen siempre la misma forma, tal como se puede apreciar en las figuras 16.1 y 16.2. Cambian únicamente las escalas verticales. Algunas veces se presentan ambas en el mismo gráfico.

El ejemplo 16.1 (cantidad de hijos por familia) es hipotético. Como es difícil definir “familia”, resulta más realista considerar la cantidad de hijos por mujer, como veremos en el siguiente ejemplo con datos reales.

Ejemplo 16.2. Se trata de la cantidad de hijos de mujeres con edades entre 30 y 34 años en el año 1991 en la Ciudad de Buenos Aires (tabla 16.1); 25.729 mujeres no tienen hijos (24,5%), 19.573 mujeres tienen un solo hijo (18,6%), 33.060 mujeres tienen 2 hijos (31,4%), etc.

El ejemplo 16.1 (cantidad de hijos por familia) es hipotético. Como es difícil definir “familia”, resulta más realista considerar la cantidad de hijos por mujer, como veremos en el siguiente ejemplo con datos reales.

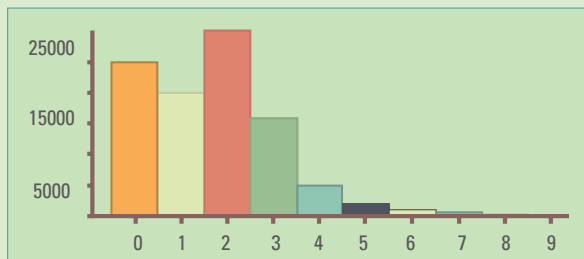
Ejemplo 16.2. Se trata de la cantidad de hijos de mujeres con edades entre 30 y 34 años en el año 1991 en la Ciudad de Buenos Aires (tabla 16.1); 25.729 mujeres no tienen hijos (24,5%), 19.573 mujeres tienen un solo hijo (18,6%), 33.060 mujeres tienen 2 hijos (31,4%), etc.

### CANTIDAD DE HIJOS DE MUJERES, CON EDADES DESDE 30 A 34 AÑOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. AÑO 1991. TABLA 16.1

Cantidad de hijos	Frecuencia	Frecuencia relativa	Porcentaje
0	25.729	$25.729/105.210 = 0,245$	24,5
1	19.573	$19.573/105.210 = 0,186$	18,6
2	33.060	$33.060/105.210 = 0,314$	31,4
3	18.020	$18.020/105.210 = 0,171$	17,1
4	5.467	$5.467/105.210 = 0,052$	5,2
5	1.867	$1.867/105.210 = 0,018$	1,8
6	813	$813/105.210 = 0,008$	0,8
7	380	$380/105.210 = 0,004$	0,4
8	216	$216/105.210 = 0,002$	0,2
9	85	$85/105.210 = 0,001$	0,1
Total	105.210	1	100,0

**Fuente:** Dirección General de Estadística y Censos (G.C.B.A.) sobre la base de datos del Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991 - Serie C.

Un histograma de los datos de la tabla 16.1 nos permite visualizar más rápidamente su distribución.



**Figura 16.4.** Datos reales. Ciudad de Buenos Aires año 1991. Histograma de la cantidad de hijos por mujer con edades entre 30 y 34 años.

La frecuencia (escala vertical del histograma, figura 16.4) es la cantidad de mujeres con edades entre 30 y 34 años en el año 1991, con 0,1, 2, ..., hasta 9 hijos, respectivamente en cada intervalo. Se destaca el rectángulo centrado en 2, porque tiene la mayor altura; 2 es la cantidad más frecuente de hijos en la Ciudad de Buenos Aires.

La distribución, es muy parecida a la del ejemplo hipotético; ambos histogramas tienen casi la misma forma pero las frecuencias, frecuencias relativas y porcentajes ya no son números redondos.

¿Cuál es la variable numérica y cuál es la población? ¿Cuáles son los valores posibles de esa variable numérica en la población?:

- Variable numérica discreta: cantidad de hijos por mujer
- Valores posibles: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (no es posible tener 2,75 hijos).
- Población: todas las mujeres de la Ciudad de Buenos Aires entre 30 y 34 años en el 1991.

¿Puede haber mujeres con más de 9 hijos? Efectivamente, puede haber mujeres con 10 o más hijos. En la ciudad de Buenos Aires sólo se incluye una categoría de 10 o más, porque son pocas. Para poder comparar las categorías mediante un histograma es necesario que tengan el mismo tamaño; es decir, que correspondan a la misma cantidad de valores posibles de la variable. Por esta razón no se incluyó en el histograma la categoría 10 o más, correspondiente a los valores 10, 11, 12, 13, 14, etc.

## 16.1.2. Variables continuas

Una variable numérica es continua cuando, dados dos valores posibles de la variable, ésta siempre puede tomar cualquier valor intermedio. El peso de una persona es una variable numérica continua, puede tomar valores como 48 kg ó 49 kg y también, 48,5 kg 48,52 kg etc.

Podemos preguntarnos: ¿cambió la edad a la cual las mujeres tienen hijos? Veamos un ejemplo real para intentar responder esta pregunta. Como la variable edad tiene muchísimos valores posibles, para construir un histograma, los agruparemos en intervalos.

Ejemplo 16.3 Comparemos como se distribuye la edad de las mujeres en el momento del nacimiento de un hijo, en los años 2001, 2003, 2006, utilizando la información del Ministerio de Salud.

NACIMIENTOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA SEGÚN EDAD DE LA MADRE. TABLA 16.2

Año	2001	2003	2006	2001	2003	2006
Grupo de edad	Cantidad			Porcentaje		
[10-15)	3.022	2.763	2.766	0,44	0,40	0,40
[15-20)	97.060	92.461	103.885	14,20	13,25	14,92





Año	2001	2003	2006	2001	2003	2006
Grupo de edad	Cantidad			Porcentaje		
[20-25)	188.415	184.155	174.342	<b>27,57</b>	26,39	<b>25,03</b>
[25-30)	170.748	179.107	176.931	24,98	25,66	25,40
[30-35)	128.521	137.359	139.003	<b>18,80</b>	19,68	<b>19,96</b>
[35-40)	68.162	71.497	73.177	<b>9,97</b>	10,24	<b>10,51</b>
[40-45)	19.658	20.674	19.866	2,88	2,96	2,85
[45-50)	1.417	1.438	1.405	0,21	0,21	0,20
[50-55)	98	92	83	0,01	0,01	0,01
Sin información	6.394	8.406	4.993	0,94	1,20	0,72
Total	683.495	697.952	696.451	100,00	100,00	100,00

*Fuente: Estadísticas Vitales. Ministerio de Salud. 2001, 2003, 2006. ISSN 1668-9054.*

¿Cómo se interpretan los grupos de edad?

El grupo [10-15) corresponde a las edades entre 10 y 15 años

El grupo [15-20) corresponde a las edades entre 15 y 20 años

El grupo [20-25) corresponde a las edades entre 20 y 25 años

El grupo [25-30) corresponde a las edades entre 25 y 30 años

El grupo [30-35) corresponde a las edades entre 30 y 35 años

.....

Una edad de 15 años se cuenta en el grupo [15-20) y no en el [10-15)

Una edad de 20 años se cuenta en el grupo [20-25) y no en el [15-20)

.....

El intervalo [15-20) es un intervalo cerrado en 15 (se incluye el valor 15 en el intervalo) y abierto en 20 (no se incluye el valor 20 en el intervalo).

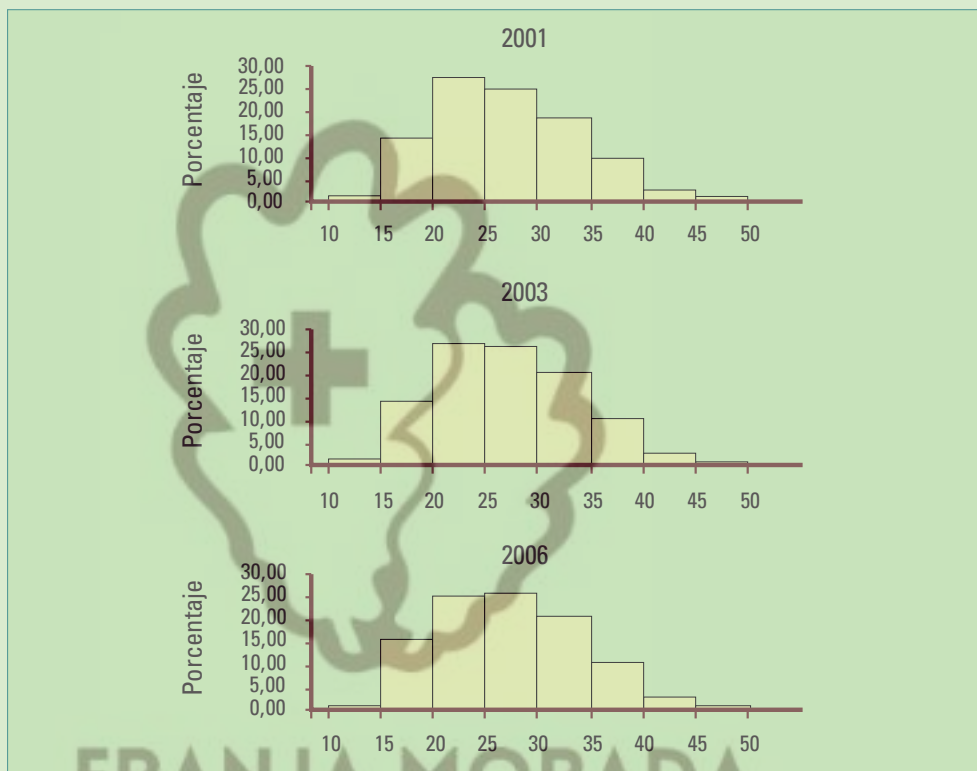
¿Cuál es la variable numérica y cuál es la población?:

**En general**, el intervalo  $[a-b)$ , donde  $a$  y  $b$  son números reales cualesquiera con  $a$  menor que  $b$ , es un **intervalo cerrado en  $a$**  (incluye el valor  $a$ ) y **abierto en  $b$**  (no incluye el valor  $b$ )

- Variable numérica continua: edad de la madre en el momento del parto. Es posible tener una edad decimal de 18,75 años (18 años y 9 meses).
- Valores posibles: desde 10 hasta 54 años.
- Población: se consideran en este ejemplo tres poblaciones:
- Todos los niños nacidos en el año 2006.
- Todos los niños nacidos en el año 2003.
- Todos los niños nacidos en el año 2001.



Los histogramas de la figura 16.5 permiten comparar cómo se distribuyen las edades de las madres de la República Argentina en la población de los niños nacidos en el año 2006, 2003 y 2001 respectivamente.



**Figura 16.5.** Edad de la madre en momento del parto para los años 2001, 2003, 2006 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Los 3 histogramas de la figura 16.5 tienen formas similares, esto indicaría que la respuesta a la pregunta planteada es no. No cambiaron las edades en las cuales las mujeres tienen hijos en la República Argentina entre los años 2001, 2003 y 2006. Sin embargo, si observamos con más detalle vemos un porcentaje mayor en el año 2001 de nacimientos provenientes de madres con edades en el intervalo [20-25) años. En el 2003 esa diferencia entre los intervalos [20-25) y [25-30) se hace casi imperceptible y en el 2006 comienza ya el [25-30) tiene un porcentaje de 25,40 % un poco mayor que el del [20-25) con 25,03%. Mirando la tabla 16.2 (pág. 100) podemos ver además, porcentajes crecientes desde el 2001 al 2006 en los grupos de edades [30-35) y [35-40) desde el 2001 al 2006. Estas tendencias favorecen la idea que las mujeres tienen sus hijos a edades cada vez más tardías aunque se mantiene alto, cercano al 15%, el porcentaje de madres adolescentes. Esto es una preocupación de las autoridades sanitarias. La incidencia de prematuros, bajo peso al nacer y de parto instrumentado, es mayor entre las madres adolescentes que en madres con edades entre 20 y 30 años.



En un histograma puede faltar el eje vertical.

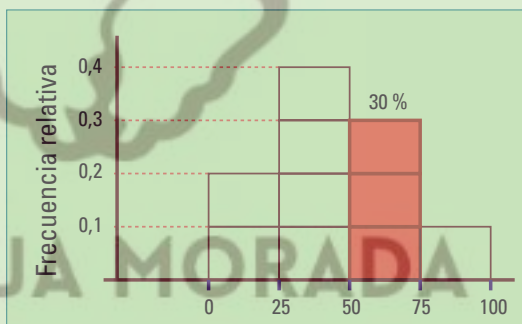
**Ejemplo 16.4.** Al siguiente histograma le falta el eje vertical. ¿Qué información puede proveer?



Sin el eje vertical no se pueden hallar las frecuencias absolutas, pero, sí es posible determinar las frecuencias relativas de cada uno de los intervalos. Debemos ver qué proporción del área total del histograma se encuentra por encima de cada intervalo. Dividimos la superficie del histograma en 10 rectángulos iguales de manera que cada porción es  $1/10$  de esa superficie, es decir el 10%.

Hay 2 rectángulos sobre el intervalo 0-25, tienen el 20% del área; 4 rectángulos sobre 25-50, 40% del área; **3 rectángulos sobre 50-75, 30%** y 10% está sobre 75-100.

Generalmente, no es tan fácil dividir a los histogramas en 10 partes iguales, sin embargo siempre las frecuencias relativas se corresponden con áreas relativas.



FRANJA MORADA CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

## □ 16.2. Construcción de tablas de frecuencias

En los ejemplos anteriores los datos ya estaban agrupados o los histogramas estaban contruidos. Vimos tablas con distribuciones de frecuencias para variables numéricas discretas (ejemplo 16.1 y 16.2) y para una variable numérica continua (ejemplo 16.3).

En las siguientes secciones veremos cómo se agrupan los datos numéricos y se construyen las tablas de frecuencias para obtener los histogramas. Trataremos en forma separada a los datos de variables discretas y continuas.

---

## 16.2.1. Variable discreta

---

**Paso 1.** Se ordenan los valores posibles de la variable.

**Paso 2.** Se cuenta cuántas veces aparece un dato con cada valor posible. Esto nos da la frecuencia.

**Paso 3.** Se divide cada frecuencia por el total de datos, obteniendo así la frecuencia relativa.

**Ahora su turno:** Registre cuántos hermanos tienen cada uno de los alumnos de su división y obtenga una tabla de frecuencias y de frecuencias relativas. ¿Cuál es la variable? ¿Cuáles son sus valores posibles? A partir de la tabla construya el histograma correspondiente. ¿Cuál es la población en estudio?

---

## 16.2.2. Variable continua

---

**Paso 1.** Se ordenan los datos.

**Paso 2.** Se definen intervalos de clase con igual longitud, cubriendo el rango de los valores observados.

**Paso 3.** Se cuentan cuantos datos pertenecen a cada uno de los intervalos. Esto indica la frecuencia.

**Paso 4.** Se divide cada frecuencia por el total de datos, obteniendo así la frecuencia relativa.

En el ejemplo siguiente veremos cómo construir la tabla de frecuencias para datos de una variable numérica continua.

Ejemplo 16.5. Los datos siguientes corresponden al peso (en kg) de 52 alumnos y 49 alumnas de 3 divisiones de 4to. año.

- **Varones:** 67 57 64 73 65 69 67 66 67 69 63 65 66 53 58 64 69 67 63 71 69 62 59 61 72 68 57 55 79 59 66 58 72 67 71 67 65 61 63 69 74 64 66 70 63 51 79 68 67 66 85 81
- **Mujeres:** 46 52 52 52 51 43 48 44 55 43 50 57 52 54 51 54 48 48 62 52 50 52 45 54 47 50 50 51 60 56 51 52 54 42 54 48 50 56 50 48 52 55 54 58 46 37 38 68 70

¿Cuál es la variable? Peso

¿Es una variable numérica continua o discreta? El peso es una variable numérica continua.

¿Cuál es la población?

Si nos interesa describir el peso de los/as alumnos/as de esas 3 divisiones de 4to. año, la población está formada por todos/as los alumnos/as de esas 3 divisiones.

¿Qué podemos decir de la distribución de los pesos mirando estos datos?

Para comenzar construiremos un diagrama de puntos, donde cada punto corresponde a un alumno de ese peso. Los valores repetidos se ponen uno encima del otro, a iguales distancias. ¿Se puede ver algo raro? Hay espacios vacíos y se distinguen 2 picos.



**Figura 16.6.** Diagrama de puntos de los pesos de varones y mujeres de 4to. año.

Luego, construiremos una tabla de frecuencias, para eso se dividimos la recta numérica en intervalos de clase y contamos cuántos pesos caen dentro de esos intervalos. La frecuencia relativa es la proporción de pesos dentro de cada intervalo.

**FRECUENCIAS DE LOS PESOS (EN kg)  
DE LOS ALUMNOS Y ALUMNAS DE  
4TO. AÑO.** TABLA 16.3

Intervalo de Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa
[30 - 45)	6	
[45 - 60)	48	
[60 - 75)	43	
[75 - 90)	4	
		COMPLETAR
Total	101	1

El intervalo [30-45) es un intervalo cerrado en 30 (se incluye el valor 30 en el intervalo) y abierto en 45 (no se incluye el valor 45 en el intervalo).

El intervalo [45-60) es un intervalo cerrado en 45 (se incluye el valor 45 en el intervalo) y abierto en 60 (no se incluye el valor 60 en el intervalo).

El número al lado del corchete se incluye en el intervalo, el número al lado del paréntesis no.

**Ahora su turno. Completar:**

El intervalo [60-75) es un intervalo cerrado en ..... y abierto en ....., porque .....

El intervalo [75 - 90) es un intervalo cerrado en ..... y abierto en ....., porque .....

FRECUENCIAS DE LOS PESOS (EN kg)  
DE LOS ALUMNOS DE 4TO. AÑO. TABLA 16.4

Intervalo de Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa
[30 - 35)	0	
[35 - 40)	2	
[40 - 45)	4	
[45 - 50)	9	
[50 - 55)	26	
[55 - 60)	13	
[60 - 65)	12	
[65 - 70)	23	
[70 - 75)	8	
[75 - 80)	2	
[80 - 85)	1	
[85 - 90)	1	
		COMPLETAR
Total	101	1

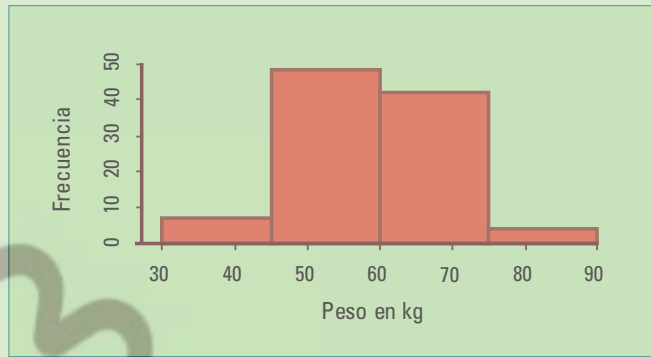


Figura 16.7.

Ahora, se debe construir el histograma. Éste (figura 16.7) no parece demasiado interesante. La mayoría de los pesos se encuentran entre los 45kg y los 75 kg, entonces podemos subdividir los intervalos de clase en tres partes iguales y obtenemos una nueva tabla de frecuencias (tabla 16.4).

El primer intervalo de clase [30-35) no tiene datos, por lo tanto ningún/a alumno/a tiene su peso dentro de ese intervalo. ¿Qué significan el corchete y el paréntesis?

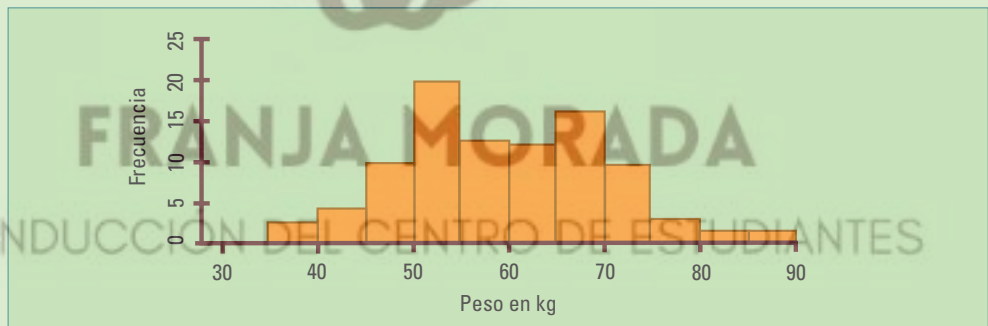


Figura 16.8. Histograma los pesos de varones y mujeres de 4to. año.

Ahora el histograma (figura 16.8), de manera similar al diagrama de puntos (figura 16.6), nos muestra una información más interesante de la distribución de los pesos. Ambos sugieren la presencia de dos grupos aunque no se vean totalmente separados. En este ejemplo, conocemos los dos grupos mezclados, varones y mujeres. En el histograma se puede apreciar además, el carácter continuo de la variable peso.

No hay una regla para obtener la cantidad más conveniente de intervalos de clase, pero daremos unas ideas al respecto:

- Utilice intervalos de igual longitud centrados en valores redondos, si es posible, enteros.
- Si tiene pocos datos utilice una pequeña cantidad de intervalos.
- Para conjuntos de datos más grandes utilice más cantidad de intervalos.
- Una cantidad adecuada suele ser entre 6 y 12 intervalos.

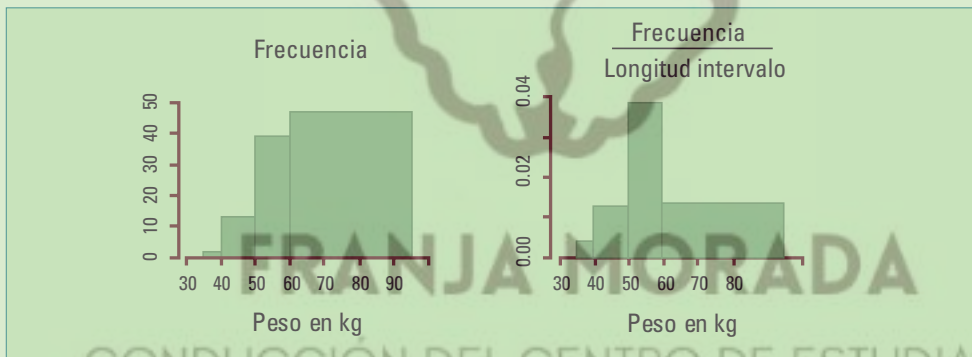
### 16.2.2.1. Un detalle extra

¿Pueden los **intervalos de clase** de un histograma tener **longitudes diferentes**?

Pueden, pero su construcción se complica.

En ese caso, para la altura del rectángulo de cada clase es necesario utilizar la frecuencia o la frecuencia relativa **dividida** por la **longitud** de dicho **intervalo de clase** (llamada **escala densidad**), de lo contrario, aumentar la longitud implicaría aumentar la altura, y disminuir su longitud resultaría en reducir la altura, **distorsionando** artificialmente la forma del histograma.

La figura siguiente muestra dos histogramas, en el de la izquierda la escala vertical es la frecuencia, y en el de la derecha, la frecuencia relativa dividida la longitud del intervalo de clase.



En el histograma de la izquierda, de **frecuencias absolutas** de los pesos de alumnas y alumnos de 4to. año, utilizando **intervalos de clase de distinta longitud**, **no representa** adecuadamente **la distribución de los datos** (ver figuras 16.7 y 16.8). Muestra más alumnos entre 60 y 90 kg que entre 30 y 60 kg. El de la derecha mejora la representación de la distribución de los datos.

**Conclusión.** Siempre que pueda **utilice intervalos de clase de la misma longitud**. Si no es posible elija la escala de densidad para el eje vertical.

## □ 16.3. Diagrama tallo - hoja

Los histogramas son adecuados para conjuntos grandes de datos. Muestran su distribución pero se pierden los valores individuales. Para conjuntos con alrededor de 100 datos o menos, preferimos utilizar un diagrama tallo-hoja pues muestra no sólo la distribución de los datos sino también sus valores.

El estadístico John Tukey propuso en 1975, los diagramas tallo-hoja, una forma rápida para mostrar la distribución de datos correspondientes a variables numéricas, sin necesidad de obtener tablas de frecuencias, conservando todos los valores.

En estos diagramas las filas juegan el mismo papel de los rectángulos de clase en un histograma. Son como un **histograma girado 90°**. Cada fila está encabezada por un número, llamado **tallo**, a continuación se coloca una **línea vertical** y luego **las hojas**. Los valores de los tallos indican en forma compacta los intervalos de clase y tienen valores crecientes hacia abajo. Las hojas representan a los datos.

A continuación, construimos un diagrama tallo-hoja con los datos del ejemplo 16.5, el peso de alumnos y alumnas:

- **Varones:** 67 57 64 73 65 69 67 66 67 69 63 65 66 53 58 64 69 67 63 71 69 62 59 61 72 68 57 55 79 59 66 58 72 67 71 67 65 61 63 69 74 64 66 70 63 51 79 68 67 66 85 81
- **Mujeres:** 46 52 52 52 51 43 48 44 55 43 50 57 52 54 51 54 48 48 62 52 50 52 45 54 47 50 50 51 60 56 51 52 54 42 54 48 50 56 50 48 52 55 54 58 46 37 38 68 70

Intervalo	Tallo	Intervalo	Tallo
[30, 35)	3	[60, 65)	6
[35, 40)	3	[65, 70)	6
[40, 45)	4	[70, 75)	7
[45, 50)	4	[75, 80)	7
[50, 55)	5	[80, 85)	8
[55, 60)	5	[85, 90)	8

Elegimos los intervalos de clase y les asignamos su tallo

Los tallos están repetidos, aparecerán en el diagrama en dos filas consecutivas. En la fila superior van las hojas desde el cero al 4 y en la inferior las hojas desde el 5 al 9. Por ejemplo, el 5 de la fila superior representa al intervalo [50, 55] y allí se colocan las hojas (el segundo dígito) de todos los datos de ese intervalo y en la inferior se colocan las hojas de todos los datos del intervalo [55, 60].

El **tallo** es una columna de números correspondientes al primer dígito de los datos (dejamos el segundo dígito para las hojas)

**Tallo** los números crecen hacia abajo

3  
3  
4  
4  
5  
5  
6  
6  
7  
7  
8



En la segunda fila con tallo 5 se colocan 7 8 representando 57 kg 58 kg

Colocamos el **segundo dígito**, la hoja, en la fila adecuada

**Tallo Hojas**

3  
3  
4  
4  
5 3  
5 78  
6 43  
6 759767956  
7 3  
7  
8

Hemos colocado los pesos de los primeros quince varones 67 57 64 73 65 69 67 66 67 69 63 65 66 53 58

Ya hemos completado el diagrama con todos los datos

**Tallo Hojas**

3  
3 78  
4 3432  
4 688857886  
5 31222102414202400112440024  
5 7897598576658  
6 43432113320  
6 7597679569798675968768  
7 3122400  
7 99  
8 1  
8 5

Finalmente ordenamos los valores de las hojas

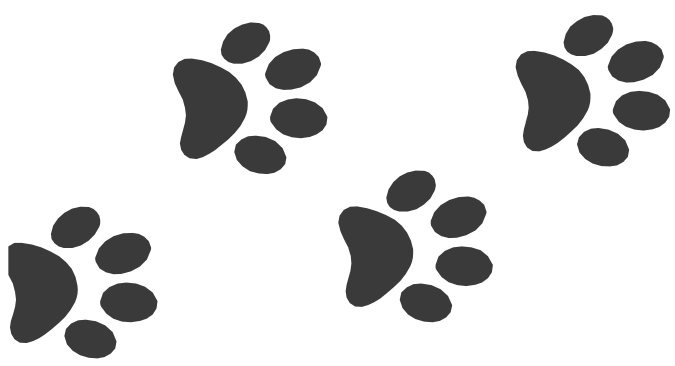
**Tallo Hojas**

3  
3 78  
4 2334  
4 566788888  
5 0000011111222222223444444  
5 5556677788899  
6 011223333444  
6 5556666677777788899999  
7 00112234  
7 99  
8 1  
8 5

FRANJA MORADA

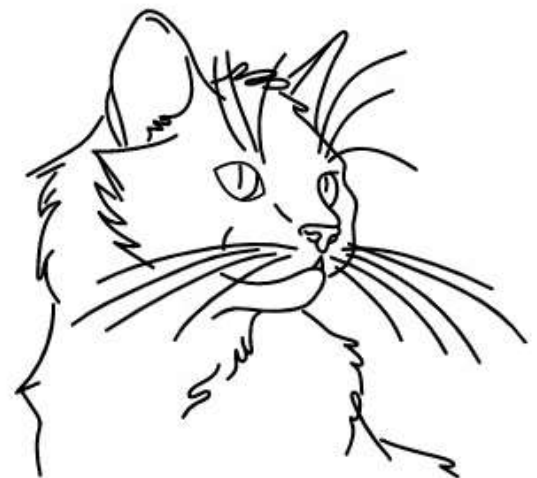
CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES





# Bioquímica

**FRANJA MORADA**  
**CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES**





UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

# **Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Veterinarias**

## **Curso de Inserción a la Vida Universitaria**

FRANJA MORADA  
CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

**Módulo Bioquímica**

## **Objetivo**

La presente guía de estudio pretende introducir al estudiante de Ciencias Veterinarias en los conceptos básicos pero fundamentales necesarios para conocer la Química, como base para la comprensión de los procesos que abarca la bioquímica veterinaria, asignatura correspondiente al primer año de la carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de La Plata.

## **Programa analítico**

### **Unidad 1**

Concepto de átomo. Elementos. Símbolos. Tabla periódica de los elementos. Configuración electrónica. Grupos y períodos. Propiedades periódicas: electronegatividad, carácter metálico. Elementos representativos y de transición. Concepto y ubicación en la tabla periódica. Electrones de valencia y reactividad química. Gases nobles, metales y no metales. Ubicación en la tabla periódica y propiedades diferenciales. Definición de iones: aniones y cationes. Concepto de molécula. Unión química. Regla del octeto. Tipos de uniones químicas: a) Iónica o electrovalente, formación de iones. Propiedades de los compuestos electrovalentes (punto de fusión, conductividad eléctrica). b) Covalente: covalencia polar y no polar. Propiedades de los compuestos covalentes. Número de oxidación.

### **Unidad 2**

Fórmula química. Significado cualitativo y cuantitativo de los símbolos y subíndices presentes en las fórmulas.

Reacciones químicas: reactivos y productos. Ecuación química, significado cualitativo y cuantitativo. Tipos de reacciones: sin transferencia de electrones y con transferencia de electrones (Redox). Ejemplos de procesos redox de importancia biológica.

Fórmulas y reglas de la nomenclatura IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) de compuestos químicos inorgánicos. Formación de compuestos binarios: óxidos básicos, óxidos ácidos o anhídridos, hidruros metálicos y no metálicos, ácidos (hidrácidos) y sales no oxigenadas. Formación de compuestos ternarios: oxoácidos, hidróxidos y sales oxigenadas (oxosales) tipos. Formación de compuestos cuaternarios: sales ácidas y básicas de oxosales y sales mixtas. Importancia en las Ciencias Veterinarias.

### **Unidad 3**

Química orgánica I parte. Propiedades del átomo de carbono. Formación de cadenas carbonadas. Uniones covalentes simples, dobles y triples. Carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios. Hidrocarburos, definición y clasificación: Acíclicos: alcanos, alquenos y alquinos. Radicales alquílicos. Cíclicos: alicíclicos y aromáticos (benceno). Fórmulas y nomenclatura IUPAC. Heterociclos de importancia biológica: furano, pirano, pirrol, purina y pirimidina.

Química orgánica II parte. Funciones oxigenadas. Ejemplos y nomenclatura IUPAC y trivial. Alcoholes: primarios, secundarios, terciarios. Polialcoholes. Aldehídos. Cetonas. Ácidos carboxílicos. Ésteres carboxílicos y fosfóricos. Tioles y disulfuros. Funciones nitrogenadas: aminas y amidas. Clasificación, estructura y nomenclatura. Funciones mixtas. Hidroxiácidos. Cetoácidos. Hidroxialdehídos. Hidroxicetonas. Aminoácidos. Ejemplos de compuestos de interés biológico. Isomería, definición. Isomería estructural o plana: de cadena, de posición y de función. Ejemplos de importancia biológica. Isomería espacial o estereoisomería: Concepto.

**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

## Unidad 1

*La Química es la ciencia que estudia la estructura, propiedades de la materia; y las reacciones que pueden modificar tales características.*

La Química puede clasificarse a modo práctico para su estudio en diferentes “ramas”

- a) Química general
- b) Química inorgánica
- c) Química orgánica
- d) Bioquímica, también llamada química biológica

Los compuestos biológicos son de gran complejidad, para abordar su estudio es necesario tener nociones de química general, inorgánica y orgánica.

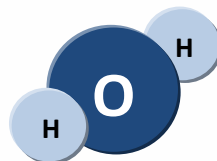
### Química general e inorgánica

#### Concepto general de átomo y molécula

¿Cómo se compone la materia? Supongamos que disponemos de una sustancia pura, por ejemplo agua en estado sólido (hielo) y que contamos con un dispositivo especial que nos permita dividir ese trozo de materia en porciones cada vez más y más pequeñas. Cada porción sigue siendo agua, es decir que conserva las propiedades de la sustancia (color, punto de fusión, punto de ebullición, densidad, etc.) pero llegará un momento que no se puede dividir más ese trozo de materia sin que se pierdan las propiedades que caracterizan a la sustancia (agua). Entonces:

*Molécula es la menor porción de materia que conserva las propiedades de la sustancia.*

Cada molécula está formada por un conjunto de *ladrillos de construcción* que son los **átomos**. En nuestro ejemplo, la molécula de agua ( $H_2O$ ) está formada por dos átomos de **hidrógeno** y un átomo de **oxígeno**.



*Átomo es la menor porción de un elemento que interviene en la constitución de las moléculas.*

### **Estados de la materia**

Las sustancias que se conocen hoy en día pueden existir en cuatro estados denominados **estados de agregación** y hacen referencia a las fuerzas de unión entre sus partículas constituyentes. Así tendremos a los estados *gaseoso*, *líquido*, *sólido* y *plasma* pudiendo pasar de un estado a otro (Fig. 1). Veremos brevemente cuáles son las características de cada uno de ellos:

- **Sólido:** posee forma y volumen propios (cubo de hielo) debido a que las partículas no se pueden comprimir, las moléculas se encuentran muy unidas y casi sin movimiento (movimiento browniano) debido a que predominan las llamadas fuerzas de cohesión que mantienen unidas a las moléculas entre sí.

- **Líquido:** no posee forma propia, sino que adopta la del recipiente que lo contiene (agua en un vaso). Tiene volumen fijo y propio. Los líquidos son sustancias poco compresibles y sus moléculas se encuentran ni muy cercanas ni muy lejanas entre sí y se mueven en forma vibracional debido a que las fuerzas de cohesión en el estado líquido se encuentran equilibradas con las fuerzas de repulsión.

- **Gaseoso:** no posee ni forma ni volumen propio y ocupa la totalidad del recipiente que lo contiene (vapor de agua en un recipiente hermético). Los gases son fácilmente compresibles y difunden con facilidad por lo que genera la tendencia que tienen los gases a mezclarse entre sí, como el aire que respiramos. El volumen de estos aumenta o disminuye al variar las condiciones externas a las cuales están sometidos (presión y temperatura). Las moléculas están muy separadas, chocan unas con otras y contra las paredes del recipiente, ya que las fuerzas de repulsión predominan por sobre las de cohesión.

- **Plasma:** es un estado fluido, similar al estado gaseoso en el cual una parte de sus partículas están cargadas eléctricamente. Como el estado gaseoso, el plasma no tiene forma o volumen definido, pero bajo la influencia de un campo magnético puede formar distintas estructuras. Los átomos del plasma se mueven libremente. Al ionizar las moléculas o átomos de un gas lo convertimos en un plasma. El plasma es el estado de agregación más abundante de la naturaleza. Los distintos estados de agregación de una sustancia presentes en un sistema se denominan también fases. Una fase es una parte homogénea de un sistema, y aunque está en contacto con otras partes de este, está separada de esas partes por un límite bien definido. Así, el vaso de agua con hielo contiene tanto la fase sólida como la fase líquida del agua.

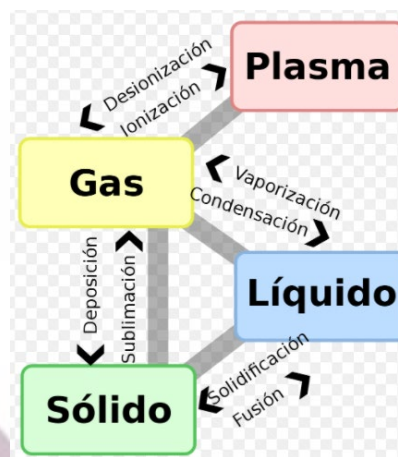


Figura 1. Cambios de estado en la materia.

### Propiedades de la materia

La composición de la materia se define como las partes o componentes de una muestra determinada y sus propiedades particulares. Estas propiedades son las características y los atributos que se pueden utilizar para diferenciar e identificar una muestra de materia de otra. Entre estas propiedades podemos mencionar las propiedades *físicas* y las *químicas*.

Las propiedades físicas se pueden medir y observar sin que se modifique la composición o identidad de la sustancia. Por ejemplo, es posible medir el punto de fusión del hielo al calentar un cubo de hielo y registrar la temperatura en la que se convierte en agua. El agua líquida se diferencia del hielo solo en su aspecto, no en su composición, de modo que se trata de un cambio físico; es posible congelar el agua para obtener de nuevo hielo. De esta manera, el punto de fusión de una sustancia es una propiedad física. Algunas propiedades físicas son el cambio de estado, la deformación, densidad, punto de fusión, punto de ebullición, dureza, coeficiente de solubilidad, índice de refracción, elasticidad, propiedades organolépticas (sabor, olor, color), etc. Las propiedades químicas son aquellas que se observan cuando se produce un cambio químico (reacción) es decir, cuando se forman con la misma materia sustancias nuevas diferentes a las originales. O sea, una propiedad química es la capacidad de una muestra de materia para experimentar un cambio en su composición bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, cuando el hidrógeno se combustiona en presencia de oxígeno para formar agua, hay una reacción química. Con esta reacción, desaparecen las sustancias químicas originales, el hidrógeno y el oxígeno y queda otra sustancia química distinta, el agua. Cada vez que se cuece un huevo, ocurre un cambio químico. Cuando se someten a temperaturas cercanas a 100 °C, la yema y la clara experimentan cambios que no solo modifican su aspecto físico, sino también su composición química. Al ingerirse el huevo se



modifica su estructura nuevamente por acción de sustancias orgánicas llamadas enzimas. El proceso de la digestión es otro ejemplo de un cambio químico. Lo que ocurre durante la digestión depende de las propiedades químicas de las enzimas y los alimentos incorporados. Algunas propiedades químicas son la corrosividad, energía calórica, acidez, reactividad, etc.

Todas las propiedades de la materia que se pueden medir corresponden a una de dos categorías adicionales denominadas *propiedades extensivas* y *propiedades intensivas*. El valor medido de una propiedad extensiva depende de la cantidad de materia que se analice. Algunos ejemplos son la masa, volumen, peso, inercia, energía, duración en el tiempo, compresibilidad, cantidad de calor absorbido o dado, etc. La masa es la cantidad de materia en una muestra dada de una sustancia, de manera que mayor cantidad de materia significa más masa.

El valor medido de una propiedad intensiva no depende de la cantidad de materia que se analiza. Estas propiedades suelen estar asociadas con el estado de la materia. Algunos ejemplos son la densidad, punto de fusión, punto de ebullición, peso específico, forma cristalina, dureza, elasticidad, índice de refracción, color, olor, sabor, etc. La densidad es la masa de una sustancia dividida por su volumen.

### **Sustancia**

Se refiere a la materia cuando posee características y propiedades estables. Pueden existir diferentes tipos de ellas, de acuerdo con su composición:

**Sustancias Simples:** son aquellas sustancias cuyas moléculas están constituidas por átomos idénticos. Por ejemplo: oxígeno ( $O_2$ ); ozono ( $O_3$ ); cloro ( $Cl_2$ ); etc.

**Sustancias Compuestas:** son aquellas sustancias cuyas moléculas están constituidas por dos o más clases de átomos que se unen por distintos tipos de fuerzas de atracción. Por ejemplo agua ( $H_2O$ ); amoníaco ( $NH_3$ ); cloruro de sodio ( $NaCl$ ); etc.

### **Elementos - símbolos**

**Elementos:** son átomos en su estado elemental, sin ningún tipo de combinación, existen 109 elementos distintos. Están representados todos ellos en la **tabla periódica**. La mayoría se hallaron en la naturaleza, algunos se han obtenido artificialmente, es decir, preparados en el laboratorio, como, por ejemplo: neptunio, plutonio, curio, berkelio. A cada elemento se le ha asignado un **símbolo** para agilizar el tiempo en la escritura

de este. El símbolo generalmente es la primera letra (mayúscula) del nombre del elemento, por ejemplo: **H**: hidrógeno; **O**: oxígeno; **C**: carbono. Cuando hay más de un elemento cuyo nombre comienza con la misma letra, se agrega la segunda letra (minúscula), por ejemplo: **Ca**: calcio; **Co**: Cobalto; **Cu**: cobre; **Cl**: Cloro. En ciertas ocasiones el símbolo deriva de un nombre en latín, como por ejemplo en el caso de: **Fe**: hierro (ferrum); **Na**: sodio (natrium); **K**: potasio (kalium); **Au**: oro (aurum); **Ag**: plata (argentum) o el **S**: azufre (sulphur).

### Estructura atómica

La estructura atómica de los átomos no se puede observar directamente. Se requiere de una teoría que explique las propiedades y comportamiento de los átomos. La teoría atómica moderna es el resultado de 200 años de investigación. Los átomos están formados por un núcleo y una zona extranuclear (Fig. 2). El núcleo es una muy pequeña en comparación al volumen total del átomo y se concentra allí prácticamente toda la masa y la carga positiva (+). El diámetro atómico es de  $10^{-8}$  cm, mientras que el diámetro nuclear es de  $10^{-12}$  cm, es decir diez mil veces más pequeño, pero a pesar de ello concentra en ese pequeño volumen prácticamente toda la masa y la carga positiva del átomo, la zona extranuclear representa un espacio prácticamente vacío donde se ubican los electrones de masa despreciable y carga negativa.

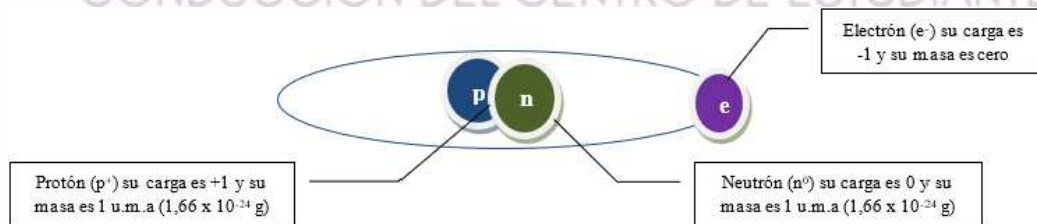


Figura 2. Representación de la estructura atómica.

**Se llama Número Atómico (Z) al número de protones de un átomo el cual coincide con el número de electrones si se trata de un átomo neutro (partícula sin carga neta).**

**Se llama Número Másico (A) a la suma de protones y neutrones que posee un elemento en su núcleo.**

Por ejemplo, para el caso del número atómico del elemento Na (sodio), el análisis sería el siguiente: Sodio (Na),  $Z = 11$ . Considerando que es neutro (igual número de cargas positivas y negativas), tendrá entonces 11 protones y 11 neutrones en el núcleo y 11 electrones en diferentes órbitas alrededor del mismo.

### **Tabla periódica y configuración electrónica**

La *configuración electrónica* da una idea de la distribución de los electrones en la zona extranuclear, ya que no es posible precisar con exactitud la ubicación física de un electrón, pero se puede dar una idea aproximada del lugar donde se más probable hallarlo. Mediante ecuaciones matemáticas se han descrito los valores de energía que pueden tener los electrones y se predijo la ubicación más probable que puedan tener alrededor del núcleo. A esto se denominó *orbital atómico*.

***Orbital atómico: zona del espacio extranuclear donde es más probable hallar a un electrón.***

Los electrones poseen por lo tanto energías cuantizadas, y no pueden adquirir cualquier valor de energía. Cada nivel de energía (orbital donde es probable encontrar un electrón) está indicado por el *número cuántico principal* ( $n$ ), que toma valores enteros ( $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ). El número máximo de electrones que puede existir en cada nivel de energía se calcula como  $2.n^2$ .

Por ejemplo:

Si  $n = 1$ , entonces  $2.1^2 = 2$ ; el primer orbital puede tener como máximo 2 electrones.

Si  $n = 2$ , entonces  $2.2^2 = 8$ ; el segundo orbital puede tener hasta 8 electrones.

Si  $n = 3$ , entonces  $2.3^2 = 18$ ; el tercer orbital puede tener hasta 18 electrones.

Los elementos de la tabla periódica están ordenados en función de sus números atómicos ( $Z$ ), es decir en función del número de protones y/o electrones que posean. Los elementos se ordenan en filas horizontales llamadas *períodos* y columnas verticales conocidas como *grupos*. El período se indica con números arábigos y representa el nivel de energía ( $n$ ) que se está llenando. El grupo se indica con números romanos y representa la cantidad de electrones del último nivel ocupado (Fig. 3).

Las tablas periódicas poseen esta información distribuida de distinta manera (dependiendo de cada tabla, los datos pueden variar de ubicación).

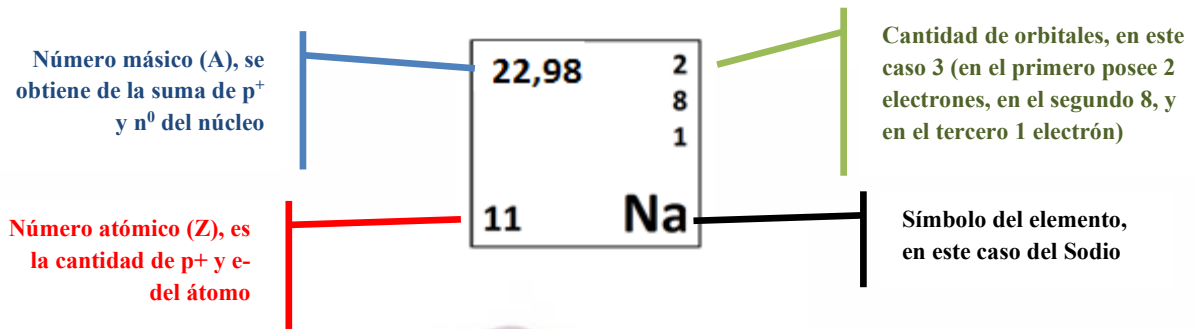


Figura 3. Referencias de la tabla periódica.

Si consideramos por ejemplo al Na, está ubicado en el período 3, grupo I. Esto indica por lo tanto que posee 3 orbitales, con un electrón en el último de ellos. Veamos otros ejemplos:

**B** (boro): 2, 3; posee 2 orbitales con 3 electrones en el último, pertenece por lo tanto al período 2, Grupo III.

**F** (flúor): 2, 7; 2 orbitales, con 7 electrones en el último de ellos. Período 2, grupo VII.

Los electrones del último nivel se denominan *electrones de valencia* porque son los que participan en las uniones químicas, y serán los que darán las características a los distintos elementos químicos. Casi todos los átomos (a excepción del H) tienden a reaccionar de modo de adquirir 8 electrones en el último orbital (forma más estable).

***Regla del octeto: los átomos de los diferentes elementos de la tabla periódica tienden a completar su último orbital con 8 electrones, adquiriendo la configuración del gas noble más cercano.***

Cuando un átomo posee 8 electrones en su último orbital, se dice que es *muy estable*. Los gases nobles tienen esa característica.

### Tabla periódica de los elementos

Los elementos de la tabla periódica reciben nombres particulares de acuerdo al grupo al que pertenecen, veamos algunos de ellos que nos serán útiles de aquí en adelante.

Grupo IA: se denominan **metales alcalinos**, comprenden desde el Li (litio) hasta el Fr (francio), excepto el H (hidrógeno).

***El hidrógeno tiene propiedades muy similares a las del grupo VIIA (halógenos), pero debido a sus características químicas lo acercan más a los metales alcalinos térreos IA, se lo suele representar conjuntamente con ellos.***

Grupo IIA: son los **metales alcalino térreos**, desde el Be (berilio) hasta el Ra (radio).

Grupo IIIA: son los **boroides**, desde el B (boro) hasta el Nh (nihonium).

Grupo IVA: son los **carbonoides**, desde el C (carbono) hasta el Fl (flerovio).

Grupo VA: son los **nitrogenoides**, desde el N (nitrógeno) hasta el Mc (moscovium).

Grupo VIA: son los **calcógenos o anfígenos**, desde el O (oxígeno) hasta el Lv (livermorio).

Grupo VIIA: se llaman **halógenos**, van desde el F (flúor) hasta el Ts (tennessine).

Grupo VIIIA: son los denominados **gases nobles**, desde el He (helio) hasta el Rn (radón).

Este grupo en particular posee escasa o nula reactividad química, es decir, prácticamente no reaccionan con ningún otro elemento de la tabla periódica. Recordando el concepto de la *teoría del octeto*, cuando un elemento reacciona con otro trata de “comportarse” como un gas noble.

También se pueden agrupar de la siguiente manera (Fig. 4):

**Subgrupo A:** son los elementos representativos, debido a que en su completamiento de electrones en los niveles electrónicos, no comienzan a completar uno nuevo sin tener completo el anterior. Además son lo que se encuentran en mayor cantidad en el universo.

**Subgrupo B:** se denominan elementos de transición, presentan ciertas peculiaridades en su estructura, lo que genera que tengan comportamientos característicos.

**Subgrupo de Lantánidos (La) y Actínidos (Ac):** se llaman elementos de transición interna.

Como grupos en la descripción de la tabla periódica también se denominan desde el I al XVIII, si bien esa nomenclatura es más actual, la mencionada anteriormente se continúa utilizando.

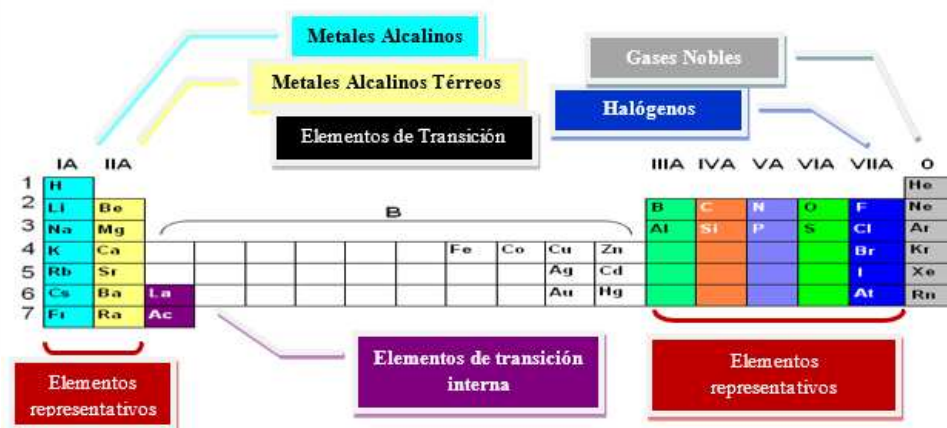


Figura 4. Tipos de elementos de la tabla periódica.



Es importante que conozcamos los diferentes elementos de la tabla periódica, ya que muchos de ellos forman parte de diferentes compuestos inorgánicos y orgánicos constituyentes de los seres vivos. Por ejemplo el C (carbono), conjuntamente con el O (oxígeno), el H (hidrógeno), el N (nitrógeno); en algunas ocasiones el P (fósforo) y el S (azufre), son elementos clave en compuestos de gran importancia biológica como los glúcidos, las proteínas y los lípidos. Elementos como el Mg (magnesio) y el Mn (manganeso) son copartícipes muy importantes de varias reacciones catalizadas por enzimas. La lista de ejemplos es extensa y a lo largo de la carrera se verán muchos, de aquí la necesidad de conocer la tabla periódica.

Hay otras características importantes a tener en cuenta cuando se aprende la tabla periódica. Por ejemplo, existe una línea demarcatoria (visible en algunas tablas) que clasifica a los elementos en dos tipos principales (Fig. 5).



Figura 5. Demarcación de elementos de la tabla periódica.

**a. Metales**

- i. Son buenos conductores de la electricidad y el calor.
- ii. Poseen alta dureza y densidad (a excepción de Na y Hg).
- iii. Poseen alto punto de fusión y ebullición.
- iv. Forman iones con carga positiva .

**b. No metales**

- i. Son malos conductores de la electricidad y el calor.
- ii. En general son blandos.
- iii. Si son sólidos, poseen bajo punto de fusión y ebullición.

Los iones son partículas atómicas que pueden adquirir carga positiva o negativa. Los de carga positiva se denominan **cationes**, los de carga negativa **aniones**. Veamos unos pocos ejemplos de cómo se forman:

- Cationes: derivan de un elemento que pierde  $e^-$ , adquiriendo entonces la configuración electrónica del gas noble más cercano.

Na (pierde un electrón de la última capa)  $\rightarrow Na^+$  (con carga positiva, porque queda un  $p^+$  extra en el núcleo, recordemos que el átomo en su estado elemental es electricamente neutro para nuestro caso). El  $Na^+$  adquiere por lo tanto la configuración electrónica del gas noble anterior en la tabla periódica (Ne, neón). Aquí debemos recordar el concepto de la teoría del octeto.

Mg  $\rightarrow Mg^{+2}$  (en este caso pierde 2 electrones), adquiere la configuración electrónica del Ne.

-Aniones: derivan de un elemento que gana  $e^-$ , adquiriendo la configuración del gas noble más cercano. Cl (gana un electrón en su última capa)  $\rightarrow Cl^-$  (con carga negativa, ahora tiene un  $e^-$  extra). Adquiere la configuración del gas noble Ar (argón), el más cercano en la tabla periódica. O (gana dos electrones en su última capa)  $\rightarrow O^{-2}$  (con carga negativa, tiene dos electrones extra). Adquiere la configuración del gas noble Ne, el más cercano en la tabla periódica. N (gana tres electrones en su última capa)  $\rightarrow N^{-3}$  (con carga negativa, tiene tres electrones extra). Adquiere la configuración del gas noble Ne, el más cercano en la tabla periódica.

### **Propiedades periódicas**

Al estudiar los elementos de la tabla periódica, se observó que varios de ellos comparten ciertas propiedades en común, dichas propiedades de los elementos se repiten secuencialmente e influyen en el comportamiento químico de un elemento (por ejemplo la afinidad o tipo de reacción química que tendrá con otro para llegar a la estabilidad electrónica).

Algunas de ellas se presentan a continuación:

- **Electronegatividad:** es un número abstracto (sin unidades) que indica la tendencia que tienen los electrones a participar en un enlace químico (Fig. 6). Los valores oscilan de 0 a 4, de acuerdo con la escala de Pauling.



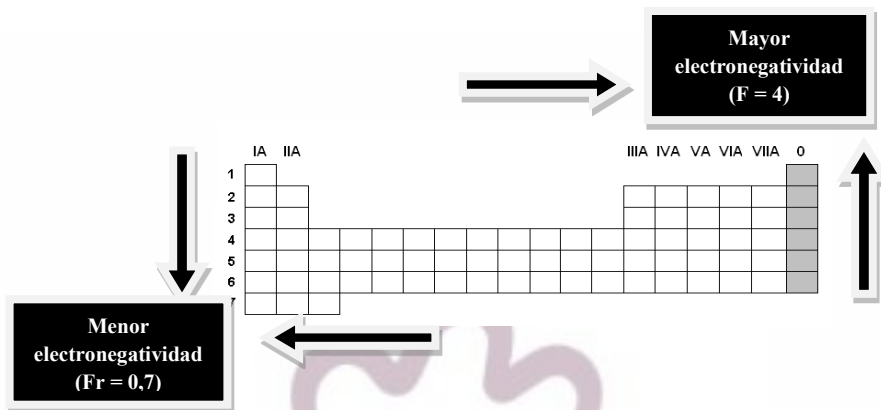


Figura 6. Electronegatividad de los elementos de la tabla periódica.

Regla práctica:

- Dentro de un mismo período, la electronegatividad crece al aumentar el grupo. Por ejemplo: en el período 2, el Cl (grupo VIIA) posee mayor electronegatividad que el Na (grupo IA).
- Dentro de un mismo grupo, la electronegatividad crece al disminuir el período. Por ejemplo: en el grupo IA, el Na posee mayor electronegatividad que el Fr.

- **Carácter metálico y radio atómico:** el carácter metálico se refiere a la propiedad de un elemento de comportarse con las características de un metal o no metal mencionadas anteriormente; el radio atómico tiene en cuenta la distancia entre el núcleo y orbital más alejado (Fig. 7). Lo que permite pensar en la idea del tamaño de un átomo y nos permite pensar a partir de esta propiedad en las demás, porque justamente a partir del radio atómico se desprenden las demás.

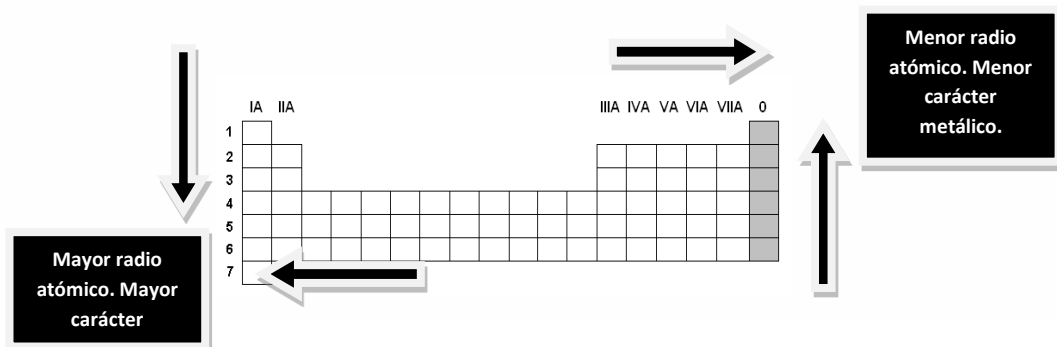


Figura 7. Radio atómico y carácter metálico de los elementos de la tabla periódica.

- Dentro de un mismo grupo, el radio atómico y el carácter metálico crecen al aumentar el período; esto se explica (para el radio atómico) porque se van completando más niveles de energía. Por ejemplo: el Fr posee mayor radio atómico y mayor carácter metálico que el Li.

- Dentro de un mismo período, el radio atómico y el carácter metálico disminuyen al aumentar el grupo; esto se debe (para el radio atómico) ya que aumenta la carga nuclear y por lo tanto más electrones son atraídos hacia el núcleo. Por ejemplo: el F posee menor radio atómico y menor carácter metálico que el Li, esto se debe a que los elementos muy electronegativos, generan la compactación de los orbitales electrónicos en espacios muy reducidos de tamaño.

### Uniones químicas

*De una manera sencilla podemos definir a las uniones químicas como la atracción que se establece entre átomos para formar moléculas.*

Recordemos la regla del octeto donde los átomos interactúan entre sí modificando el número de electrones de sus niveles más externos, de modo de adquirir la estructura de gas noble (de gran estabilidad) con 8 electrones en el último nivel (u orbital) a excepción del H, Li, y Be que adquieren la configuración electrónica del He, con 2 electrones.

Las llamadas estructuras de Lewis son representaciones sencillas y útiles para poder comprender cómo interactúan los átomos dentro de una molécula. ¿Cómo lo hacen? Se escriben los nombres de los elementos que van a participar de la unión química, y con círculos o cruces se representan los electrones del último orbital.

Veamos algunos ejemplos:

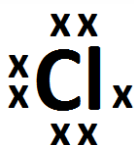
El Na posee un único electrón en su último orbital, su estructura de Lewis es:



El Ca posee dos electrones en su último orbital, su estructura de Lewis es:



El Cl posee siete electrones en su último orbital, la estructura de Lewis es:



## Tipos de uniones químicas

### Iónica (electrovalente)

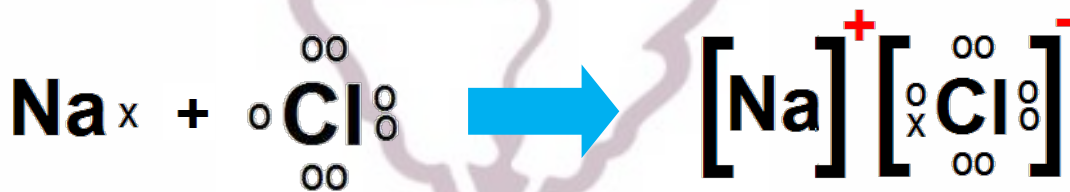
#### Covalente

#### Covalente no polar (o apolar)

#### Covalente polar

### Unión iónica o electrovalente

Los átomos alcanzan la estructura de gas noble más cercano *ganando o perdiendo electrones*. Veamos el ejemplo de una sustancia muy común en nuestra vida diaria e imprescindible para los seres vivos, el cloruro de sodio. Su fórmula química es NaCl.



El Na cede su electrón de valencia (el del último orbital) al Cl.

Al perder un  $e^-$  el  $\text{Na}^+$  se va a parecer al gas noble Ne. El Cl gana un  $e^-$  se va a comportar como el gas noble Ar.

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

Los iones resultantes se atraen por fuerzas/interacciones electrostáticas (anión – catión). Las sustancias iónicas no existen como moléculas aisladas, sino que forman redes cristalinas constituidas por gran número de aniones y cationes dispuestos en forma irregular. Cada catión está rodeado de aniones y viceversa.

### Uniones covalentes

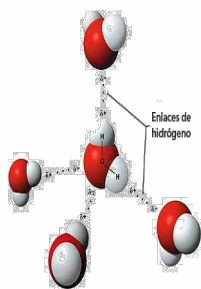
Los átomos que constituyen moléculas con este tipo de uniones químicas, alcanzan la estructura de gas noble *compartiendo electrones*, estos electrones de la molécula compartidos mantienen unidos a los átomos.

### Unión covalente no polar

También llamada *apolar*, se establece entre átomos de igual electronegatividad.

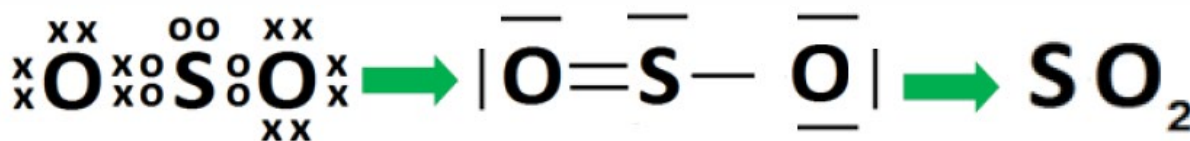
En la unión *covalente simple* cada átomo otorga un  $e^-$  por lo tanto se comparte un par de  $e^-$ .

En la unión *covalente doble* se comparten dos pares de  $e^-$ .



Las moléculas de agua interactúan entre sí mediante puentes de hidrógeno. El puente de hidrógeno se forma entre el oxígeno de una molécula y el hidrógeno de otra molécula. La disposición tridimensional de estos puentes da los diferentes estados físicos que puede tener el agua (sólida, líquida, gaseosa).

Sin embargo, es importante resaltar que en la actualidad las representaciones de Lewis que han sido utilizadas anteriormente, ya no se emplean en el lenguaje de la química, debido a que en los compuestos covalentes se representan los pares de electrones enlazantes y no enlazantes como enlaces químicos directamente, ya sean simples, dobles o triples.



### Unión covalente polar

Se establece entre elementos no metálicos de electronegatividades diferentes. El elemento con mayor valor de electronegatividad atrae más el par electrónico, generando un *dipolo eléctrico* (compuesto con ambos polos, positivo y negativo a la vez). La letra griega  $\delta$  (delta) seguida de un signo + o - indica el polo y al ubicarse en la fórmula indica una densidad electrónica positiva o negativa de acuerdo al signo presentado, de ahí el hecho que la unión se denomine así.

La mayoría de los compuestos poseen enlaces químicos con carácter intermedio entre puramente electrovalentes y covalentes. Se puede determinar si el enlace tendrá predominancia de uno u otro tipo realizando la diferencia entre las electronegatividades de los elementos que forman parte del enlace. Una diferencia entre ambas electronegatividades que de como resultado un valor 0 indica que dicho compuesto tiene un enlace 100% covalente. Por el contrario, si la diferencia arroja un valor de 3.3 el enlace es 100% electrovalente, valores intermedios comprendidos entre ambos valores indicarán la característica de un enlace -covalente vs electrovalente y viceversa- (Fig. 8).

Veamos algunos ejemplos:

**FCs** (fluoruro de cesio): la electronegatividad del F es 4, la del Cs es 0.7  $\rightarrow 4 - 0.7 = 3.3$ ; enlace 100% electrovalente.

**O<sub>2</sub>** (oxígeno molecular): cada oxígeno tiene un valor de electronegatividad de 3.5; la diferencia entre ambos es 0 y el enlace es por lo tanto 100% covalente apolar.

**NaCl** (cloruro de sodio): el Na posee un valor de electronegatividad de 0.93, el Cl 3  $\rightarrow 3 - 0.93 = 2.07$ . Este valor indica que las fuerzas intervinientes son de tipo mixtas.

En la actualidad apara predecir si se formará un determinado tipo de enlace químico, se puede utilizar la diferencia de electronegatividad de los elementos que formarán dicha molécula, aunque existen excepciones de acuerdo a los átomos intervinientes.

- $\Delta$  de electronegatividad  $< 0.4$ : la unión es covalente no polar.
- $\Delta$  de electronegatividad  $\geq 0.4$  y  $\leq 2.1$ : la unión es covalente polar.
- $\Delta$  de electronegatividad  $\geq 2.1$ : la unión es iónica.



Figura 8. Tipos de enlaces químicos de acuerdo la electronegatividad.

### Propiedades de los compuestos iónicos y covalentes

En este apartado, consignaremos las principales propiedades que conciernen a los compuestos iónicos y covalentes (Tabla 1) los que serán de gran utilidad al estudiar la formulación de sustancias inorgánicas y orgánicas respectivamente.

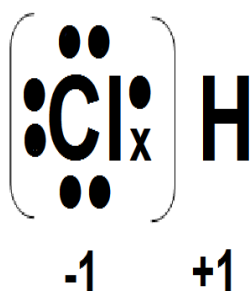
Tabla 1. Características de los compuestos iónicos y covalentes.

Propiedad	Compuestos iónicos	Compuestos covalentes
Estado de agregación	Sólidos	Líquidos , gaseosos o sólidos (de bajo punto de fusión y ebullición)
Tipo de fuerzas que median la unión química	Fuerzas electrostáticas	Fuerzas interatómicas e intermoleculares
Temperatura fusión y ebullición	Elevada	Baja
Solubilidad en agua	Alta	Baja
Conductividad eléctrica	Buenos conductores	No conducen o lo hacen poco

### Número de oxidación

El número de oxidación es aquel que representa la cantidad de electrones que un átomo pone en juego cuando forma un compuesto químico determinado, ya sea en la transferencia (compuestos iónicos) o compartición de estos (compuestos covalentes).

Veamos a continuación el ejemplo del HCl (cloruro de hidrógeno), para comprender de manera sencilla el concepto. En este caso el Cl es el elemento más electronegativo (tiende a atraer hacia su nivel energético más externo al par de electrones que forman parte del enlace). El H cederá el electrón del último orbital, quedando con un protón libre en el núcleo (de allí el valor +1); el Cl captará dicho electrón y quedará con uno extra (su valor es -1). Decimos, entonces, que el número de oxidación del H en este compuesto es +1, y el del Cl -1.





### **Reglas a tener en cuenta para el cálculo del número de oxidación**

- El número de oxidación de los elementos al estado libre (es decir, cuando no están combinados formando un compuesto) es 0. Por ejemplo: Na, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.
- Si se suman los números de oxidación de los elementos que forman parte de un compuesto, el resultado es 0 ya que son compuestos neutros. En nuestro caso del HCl el número de oxidación del H es +1, el del Cl -1. La diferencia da 0.
- El número de oxidación de los iones monoatómicos coincide con la carga del ión. Ej: Na<sup>+</sup> = +1, Cl<sup>-</sup> = -1, Li<sup>+</sup> = +1, etc.
- La suma algebraica de los números de oxidación de los elementos en un ion debe ser igual a la carga del ion. Por ejemplo, en el ion carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) llamamos X al número de oxidación del carbono. Debido a que el oxígeno actúa con número de oxidación -2, se debe cumplir que (+X) + 3 (-2) = -2, donde X debe ser igual a 4; así, el carbono actúa con +4.
- En el H cuando se combina tiene número de oxidación +1, excepto en los compuestos denominados *hidruros metálicos* (los veremos más adelante), donde su valor es -1.
- El O cuando se combina tiene número de oxidación -2, excepto en los peróxidos donde es -1 (por ejemplo en el peróxido de hidrógeno o agua oxigenada, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).
- Los **metales alcalinos (grupo IA)** con 1 electrón en el último nivel, tienen tendencia a perderlo ⇒ n<sup>0</sup> oxidación = +1. Por ejemplo Li, Na, K, etc. Los **metales alcalinos térreos (grupo IIA)** con 2 electrones en el último nivel, tienen tendencia a perderlos ⇒ n<sup>0</sup> oxidación = +2. Por ejemplo: Ca, Mg, etc. Los **Halógenos (grupo VIIA)** con 7 electrones en el último nivel tienen tendencia a ganar un electrón ⇒ n<sup>0</sup> oxidación = -1.
- Cuando todos los subíndices de una fórmula son múltiplos de un mismo número, se pueden dividir entre este número, obteniéndose así la fórmula simplificada del compuesto. Por ejemplo para el H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>6</sub> se debe escribir HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico), o H<sub>6</sub>P<sub>2</sub>O<sub>8</sub> se debe escribir H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ácido fosfórico).



## Ejercitación unidad 1

1) Dado el siguiente esquema de la tabla periódica, indicar si las consignas son verdaderas (V) o falsas (F)

	I																			0
1																				
2	B	G																		
3	C																			D
4							F													
5																				

- A es un elemento de transición del tercer período
  - B y C pertenecen al primer período
  - D es un elemento químicamente inerte
  - A y B tienen 2 niveles electrónicos ocupados
  - B tiene mayor electronegatividad que A
  - F es un elemento representativo
  - G tiene tendencia a perder 2 electrones para adquirir configuración de gas noble
  - B y C son gases a temperatura ambiente
  - El punto de fusión de B es mayor que el de E
- 2) En los siguientes enunciados colocar V o F según corresponda:
- Los compuestos con enlaces covalentes presentan puntos de fusión elevados
  - Los compuestos iónicos fundidos o en solución pueden conducir la corriente eléctrica
  - Los halógenos y el O forman compuestos covalentes
  - El NaCl es un compuesto iónico
- 3) En base a los valores de electronegatividad de la tabla periódica, indicar qué tipo de unión (covalente no polar, covalente polar, electrovalente) se establecerá entre los siguientes pares de elementos:

H / H

H / Cl

Cl / Na

- 4) Marcar con una X cuál de los siguientes compuestos presenta enlace iónico:  
a)  $O_2$                       b)  $CaO$                       c)  $Cl_2$                       d)  $NH_4$                       e)  $CO_2$
- 5) Del siguiente listado, marcar con una X en qué caso podría esperarse un enlace de tipo covalente:  
a) dos átomos de un gas noble  
b) el O y un metal alcalino térreo  
c) dos átomos de elementos no metálicos  
d) un gas noble y un metal alcalino  
e) un halógeno y un metal alcalino
- 6) En las siguientes sustancias indicar el número de oxidación del elemento subrayado:  
a) FeS  
b)  $H_3$ P $O_4$   
c) N $H_3$   
d)  $H_2$ S $O_4$   
e)  $Na$ HC $O_3$
- 7) En las siguientes sustancias indicar el número de oxidación del elemento subrayado:  
a) N $H_4^+$   
b) Mn $O_4^-$   
c) HS $O_4^-$   
d) HP $O_4^{-3}$

## Unidad 2

### Reacciones químicas

*Se produce una reacción química cuando una o más sustancias sufren cambios para formar otras sustancias diferentes. Durante el transcurso de una reacción se producen rupturas y formaciones de nuevas uniones.*

Las sustancias reaccionantes, o reactivos son aquellas cuyas masas van disminuyendo a medida que progresa la reacción; mientras que los productos de reacción son aquellos cuyas masas van aumentando.

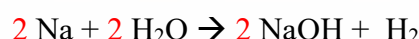
**Ecuación química:** consiste en escribir las fórmulas de los reactivos y los productos, separados por una flecha que simboliza el sentido de la reacción (Fig. 9).



Figura 9. Componentes de las reacciones químicas.

Cada fórmula está precedida por un **coeficiente estequiométrico**, el cual permite balancear la cantidad de átomos de cada elemento a cada lado de la ecuación.

Por ejemplo, en la formación del hidróxido de sodio (NaOH conocido vulgarmente como “soda cáustica”). Su fórmula es NaOH (lo desarrollaremos más adelante).



Cuando se realiza el balanceo, *nunca se deben modificar las fórmulas de los reactivos y los productos*. En esta ecuación representamos y utilizamos el **método del tanteo** de balanceo de ecuaciones químicas, el cual consiste en contar los elementos del lado de los reactivos y los productos, y modificar el/los coeficiente/s estequiométricos de cada sustancia hasta que se igualen las cantidades de reactivos y productos, tal como lo plantea la *Ley de conservación de las masas*. Si bien existen otras maneras de balancear las ecuaciones químicas, nosotros solo mencionamos esta ya que las demás escapan a la importancia de este módulo.

### Clasificación de las reacciones químicas

Si bien existen varias clasificaciones de reacciones químicas, nosotros vamos a tomar dos de ellas que nos serán de gran utilidad al estudiar aquellas que ocurren en los seres vivos desde el punto de vista termodinámico:

- *Sin transferencia de electrones* (no cambia el número de oxidación de ninguno de los elementos participantes de la reacción).
- *Con transferencia de electrones* (hay cambios en el número de oxidación, se denominan reacciones **redox** o de **óxido-reducción**).

Veamos algunos ejemplos:

- 1) Sin transferencia de electrones



Este es el caso de la formación del cloruro de sodio; observemos que a ambos lados de la flecha que indica el sentido de la reacción química, los números de oxidación son idénticos para cada átomo tanto en los reactivos y los productos formados. Por lo tanto, es una reacción sin transferencia de electrones.

- 2) Con transferencia de electrones. Reacción redox.



Veamos cada una de las hemirreacciones por separado:



En este caso el Na pierde electrones, su número de oxidación aumenta; se dice que el Na se **oxida**.



El O gana electrones, su número de oxidación disminuye; se dice que el O se **reduce**.

Las reacciones redox son muy importantes en los seres vivos. El sistema conocido como “cadena respiratoria” posee componentes capaces de oxidarse y reducirse para poder transportar  $H^+$  y  $e^-$ . Esto es primordial para la formación de un compuesto que posee en sus enlaces gran cantidad de energía química acumulada, el ATP. Todo esto ocurre en la mitocondria, una organela maravillosa ubicada en el interior de las células eucariotas

### **Tipos de compuestos inorgánicos**

Recordemos que los átomos tienden a reaccionar entre sí para llegar a la estabilidad electrónica de un gas noble. Los compuestos inorgánicos no suelen ser de gran complejidad y siguen cierto patrón al estudiar las relaciones que se establecen con otros elementos al reaccionar químicamente. Al representar y nombrar los compuestos químicos formados tras una reacción química, hay una serie de reglas a tener en cuenta para representar y nombrar los compuestos de forma correcta para evitar confusiones. En relación a la manera de escribir los compuestos inorgánicos, siempre se los coloca en la primera parte de la fórmula (de izquierda a derecha) a los elementos situados a la izquierda de la tabla periódica, es decir los más electropositivos, seguidos de los situados a la derecha de la tabla periódica que son los más electronegativos. En lo que refiere a las nomenclaturas de los compuestos inorgánicos, primero se nombra el/los átomo/s de la parte aniónica del compuesto seguido del/los átomo/s de la parte catiónica, por ejemplo el  $Na_2O$  es el óxido sódico donde el O es el átomo electronegativo y el Na electropositivo.

Cuando nosotros queremos formular un compuesto existen distintos tipos de nomenclaturas, por lo que vamos a ver las más importantes que aparecen para nombrar los diferentes compuestos. La nomenclatura química es un método para nombrar a los compuestos, existen varias de ellas. Una es la nomenclatura **estequiométrica** o **sistemática** que es la propuesta por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) está también la nomenclatura de **Stock** y tenemos también la nomenclatura **tradicional, común o clásica** que describe el modo en que se empezaron a nombrar los diferentes compuestos inicialmente. Si bien esta nomenclatura continúa apareciendo en los textos de química, su utilización no es muy recomendada por la IUPAC. Veamos en qué consiste cada una de ellas:

La nomenclatura estequiométrica, consiste en la utilización de *prefijos numerales* griegos para indicar el número de átomos de cada elemento que tenemos dentro de una fórmula química. Entonces tenemos por ejemplo el prefijo *mono* para un átomo, *di* para dos, *tri* para tres, *tetra* para cuatro, etc. El prefijo mono se suele omitir cuando la estequiometría de la

fórmula sea uno. Por ejemplo tenemos distintos compuestos como el formado por Fe y Cl que sería tricloruro de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ) y ponemos el prefijo tri, para el caso de la combinación del H y el S será el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

En la nomenclatura Stock se indica el *número de oxidación* con números romanos entre paréntesis al final del nombre del elemento. Cuando el número de oxidación es una sola posibilidad en un elemento, no suele indicarse, aunque puede hacerse igualmente. Por ejemplo el óxido de plata (I) ya que la plata tiene un único número de oxidación +1, el óxido de cobre (I o II) debido a que el cobre puede actuar con la valencia +1 o +2, en el caso del Fe (II o III) que posee los estados de oxidación +2 y +3, el Au +1 y +3 (I o III), etc.

Para la nomenclatura tradicional se añade un *prefijo* y/o un *sufijo* al nombre del elemento según el número de oxidación con que actúen los átomos de un compuesto. Si el número de oxidación del elemento es único (positivo o negativo) el sufijo que se le coloca es *ico*, en el caso que tenga dos números de oxidación se utilizan dos sufijos, *oso* para el de menor valencia e *ico* para el número de oxidación mayor. Si sucede que el elemento posee tres estados de oxidación (como ocurre con el S al combinarse con el O) utilizamos el prefijo *hipo* seguido del sufijo *oso* para la menor valencia, el sufijo *oso* es para la valencia intermedia y para la mayor se utiliza el sufijo *ico*. Sin embargo existen otros elementos que pueden actuar con hasta cuatro estados de oxidación, ante esto utilizaríamos el prefijo *hipo* para el de menor valencia seguido del sufijo *oso*, en el estado de oxidación intermedio menor solamente el sufijo *oso*, para el estado de oxidación intermedio mayor que sería la tercer valencia sería el sufijo *ico* y para la valencia mayor utilizaríamos el prefijo *per* seguido del sufijo *ico*. Por ejemplo aquí tenemos el caso del Cl que puede actuar con las valencias + 1, 3, 5, 7. Debemos ser precavidos al momento de seleccionar los posibles estados de oxidación de un elemento, ya que en primer lugar (como hemos visto al estudiar los números de oxidación) debemos tener en cuenta la carga del compuesto si es neutro o no lo es. En segundo lugar hay que observar detenidamente los átomos que forman parte de un compuesto, ya que el comportamiento electropositivo o electronegativo de los mismos, dependerá de los demás elementos que formarán un determinado compuesto, por ejemplo en el caso de los hidruros metálicos el H se comporta como electronegativo mientras que en los hidruros no metálicos el H tiene características de elemento electropositivo. De manera que la propiedad electronegatividad y el radio atómico son fundamentales para comprender la reactividad de los átomos.



Dentro de las sustancias inorgánicas podemos tener sustancias monoatómicas o poliatómicas, las sustancias monoatómicas como su nombre lo indica están formadas por un solo átomo cargado eléctricamente (como catión o anión) o no estarlo y se nombran con la nomenclatura Stock, sistemática o el sistema de Ewens-Basset en caso que se trate de sustancias cargadas eléctricamente. Los metales y el carbono son monoatómicos y se los nombra con su designación de acuerdo al nombre de cada uno sin ninguna particularidad. En cambio los no metales pueden presentar en su estado libre más de un átomo, por lo que se utilizan distintas nomenclaturas para nombrarlos (Tablas 2 y 3)

Tabla 2. Principales sustancias gaseosas en sus estados mono y poliatómico.

Sustancia	Nombre sistemático	Nombre tradicional
H <sub>2</sub>	Dihidrógeno	Hidrógeno
N <sub>2</sub>	Dinitrógeno	Nitrógeno
O <sub>2</sub>	Dioxígeno	Oxígeno
O <sub>3</sub>	Trioxígeno	Ozono
H	Monohidrógeno	Hidrógeno atómico
N	Mononitrógeno	Nitrógeno atómico
O	Monooxígeno	Oxígeno atómico
F <sub>2</sub>	Diflúor	Flúor
Cl <sub>2</sub>	Dicloro	Cloro
I <sub>2</sub>	Diyodo	Yodo
Cl	Monocloro	Cloro atómico
P <sub>4</sub>	Tetrafósforo	Fósforo blanco
S <sub>6</sub>	Hexaazufre	-

Tabla 3. Principales iones y cationes mono y poliatómicos.

Catión	Nombre Stock	Ewens-Basset	Nombre común
K <sup>+</sup>	Catión potasio (I)	Ion potasio (+)	Ion potasio
Ca <sup>+2</sup>	Catión calcio (II)	Ion calcio (+ <sup>2</sup> )	Ion calcio
Fe <sup>+2</sup>	Catión hierro (II)	Ion hierro (+ <sup>2</sup> )	Ion ferroso
Fe <sup>+3</sup>	Catión hierro (III)	Ion hierro (+ <sup>3</sup> )	Ion férrico
Cu <sup>+1</sup>	Catión cobre (I)	Ion cobre (+ <sup>1</sup> )	Ion cuproso
Cu <sup>+2</sup>	Catión cobre (II)	Ion cobre (+ <sup>2</sup> )	Ion cúprico
H <sub>3</sub> <sup>+</sup>	-	Ion trihidrógeno (+)	-
S <sub>4</sub> <sup>+2</sup>	-	Ion tetraazufre (+ <sup>2</sup> )	-
<b>Anión</b>			
H <sup>-</sup>	-	Ion hidruro (-)	Ion hidruro
N <sup>-3</sup>	-	Ion nitruro (-)	Ion nitruro
P <sup>-3</sup>	-	Ion fosfuro (- <sup>3</sup> )	Ion fosfuro
S <sup>-2</sup>	-	Ion sulfuro (- <sup>2</sup> )	Ion sulfuro
Cl <sup>-</sup>	-	Ion cloruro (-)	Ion cloruro



Ahora veamos cuáles son los compuestos más comunes que se forman en química inorgánica (Fig. 10).

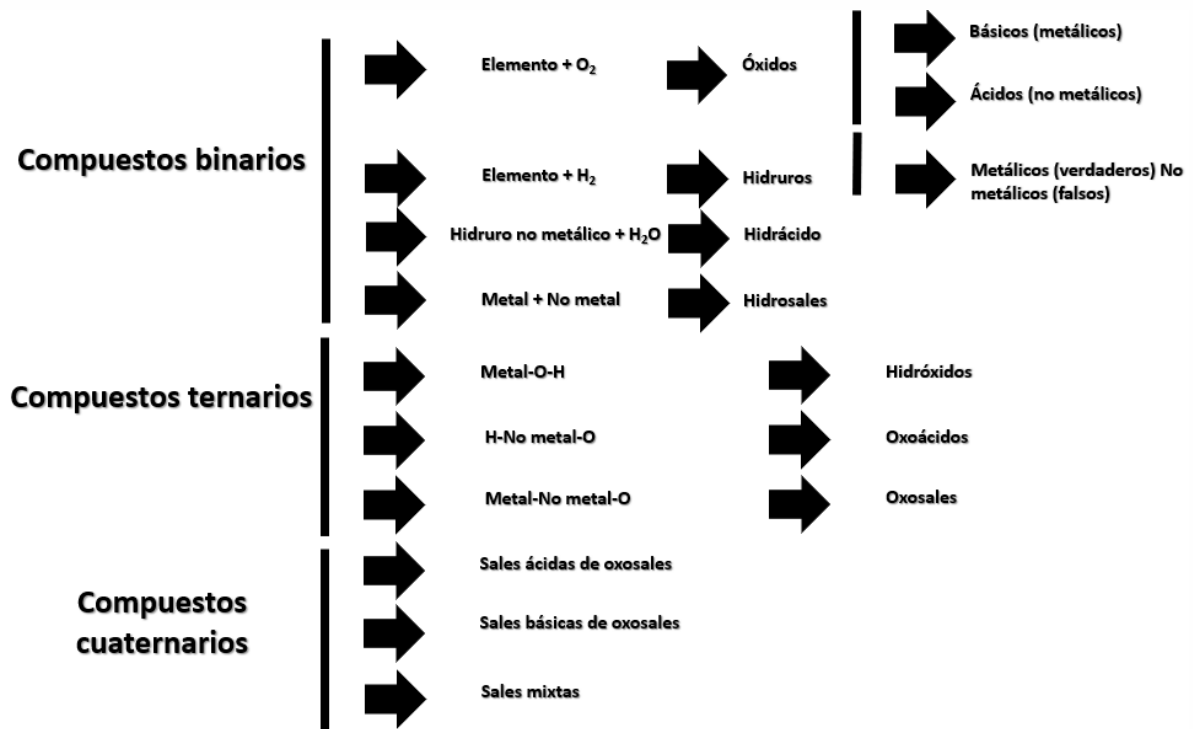
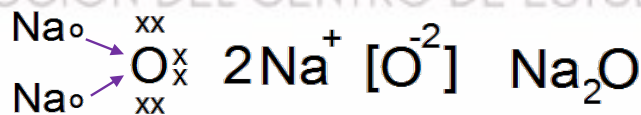


Figura 10. Formación de compuestos inorgánicos.

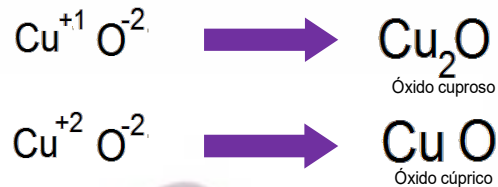
**Óxidos básicos:** se forman a partir de un metal que reacciona con el oxígeno. Son compuestos iónicos (forman partículas con cargas).

Veamos como ejemplos la formación del óxido de sodio y el óxido de cobre.



Para nombrar a los óxidos básicos, primero se antepone la palabra *óxido* seguido de la *raíz del metal* y la parte restante dependerá del tipo de nomenclatura que se utilice. En la nomenclatura sistemática este compuesto es el monóxido de sodio, la Stock será el óxido de sodio u óxido de sodio (I) nótese que luego de la palabra *óxido* siempre se agrega la preposición *de* seguida del nombre y estado de oxidación del metal; mientras que para la nomenclatura tradicional este compuesto será el óxido sódico. Para obtener los subíndices de las fórmulas de los diferentes óxidos, se pueden intercambiar los números de oxidación.

Cuando el metal presenta más de un número de oxidación posible, es necesario adicionar más información en la nomenclatura. Veamos el caso del Cu (cobre), que posee dos números de oxidación (+1 y +2):



En este caso solo se representó la nomenclatura tradicional para ambos óxidos, sin embargo al  $\text{Cu}_2\text{O}$  lo podríamos llamar monóxido de dicobre u óxido de cobre (I) y para el  $\text{CuO}$  será el monóxido de cobre u óxido de cobre (II), según las nomenclaturas sistemática y de Stock respectivamente.

**Óxidos ácidos (anhídridos):** se forman a partir de un no metal que reacciona con el oxígeno. Son compuestos covalentes, ya que comparten sus electrones para llegar a su octeto. En estos casos los no metales que reaccionan con el O, suelen tener varios estados de oxidación. Veamos a continuación la formación de algunos óxidos del S:



Para la nomenclatura de estos compuestos, se antepone la palabra *óxido* o *anhídrido* seguido de la *raíz del no metal* correspondiente y la nomenclatura que se quiera utilizar, por ejemplo aquí se utiliza la tradicional ya que aparecen los sufijos *oso* e *ico*, aunque el  $\text{SO}_2$  se podría denominar también como dióxido de azufre u óxido/anhídrido de azufre (IV) y para el  $\text{SO}_3$  será el trióxido de azufre u óxido/anhídrido de azufre (VI). Otros ejemplos de importancia en los seres vivos:

$\text{CO}$  (óxido carbonoso, anhídrido carbonoso, óxido de carbono (II) o monóxido de carbono) sustancia muy tóxica para la respiración celular.

$\text{CO}_2$  (óxido carbónico, anhídrido carbónico, óxido de carbono (IV) o dióxido de carbono), producto de desecho del metabolismo los seres vivos.

Para el caso del Cl que puede actuar con hasta cuatro estados de oxidación, los óxidos formados son los siguientes:

$\text{Cl}_2\text{O}$ : (óxido hipocloroso, anhídrido hipocloroso, óxido de cloro (I) o monóxido de dicloro).

$\text{Cl}_2\text{O}_3$ : (óxido cloroso, anhídrido cloroso, óxido de cloro (III) o trióxido de dicloro).

$\text{Cl}_2\text{O}_5$ : (óxido clórico, anhídrido clórico, óxido de cloro (V) o pentóxido de dicloro).

$\text{Cl}_2\text{O}_7$ : (óxido perclórico, anhídrido perclórico, óxido de cloro (VII) o heptóxido de dicloro).

### **Peróxidos**

Son aquellos compuestos en los que el oxígeno se une a los metales pero lo hace con el estado de oxidación -1, ya que el oxígeno aquí está como grupo *peroxo* ( $\text{O}_2^{-2}$ ). Veamos algunos ejemplos:

$\text{Na} + \text{O}_2^{-2} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$  peróxido de sodio.

$\text{Ca} + \text{O}_2^{-2} \rightarrow \text{CaO}_2$  peróxido de calcio.

$\text{Al} + \text{O}_2^{-2} \rightarrow \text{Al}_2(\text{O}_2)_3$  peróxido de aluminio.

$\text{H}_2 + \text{O}_2^{-2} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  peróxido de hidrógeno o agua oxigenada.

### **Compuestos binarios del hidrógeno**

**A) hidruros metálicos (hidruros verdaderos):** se forman cuando un metal se combina con el hidrógeno. Los metales que se combinan con el H, suelen tener solo un estado de oxidación, como los elementos del grupo IA, IIA (salvo algunas excepciones) y algunos del grupo B como el Al. Son compuestos iónicos, en donde el H participa con número de oxidación -1. La nomenclatura dependerá del sistema a utilizar. En caso de emplear la nomenclatura sistemática, se coloca el prefijo numérico (cantidad de H) seguido de la palabra *hidruro* y el metal correspondiente. Si se utilizara la nomenclatura tradicional, nombraremos a estos compuestos como hidruro, seguido de la raíz del metal y la terminación correspondiente y finalmente en la nomenclatura Stock se menciona hidruro del metal que corresponda y se coloca entre paréntesis el número de oxidación. En estos compuestos se utiliza principalmente la nomenclatura sistemática.

Veamos algunos ejemplos:

$\text{Na}^{+1} \text{H}^{-1} \rightarrow \text{NaH}$  monohidruro de sodio, hidruro sódico o hidruro de sodio (I).

$\text{Ca}^{+2} \text{H}^{-1} \rightarrow \text{CaH}_2$  dihidruro de calcio, hidruro cálcico o hidruro de calcio (II).

$\text{Fe}^{+3} \text{H}^{-1} \rightarrow \text{FeH}_3$  trihidruro de hierro, hidruro férrico o hidruro de hierro (III).

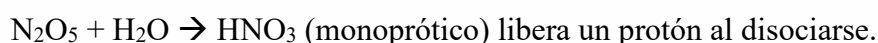
$\text{Sn}^{+4} \text{H}^{-1} \rightarrow \text{SnH}_4$  tetrahidruro de estaño, hidruro estánnico o hidruro de estaño (IV).

**B) hidruros no metálicos (falsos hidruros):** se forman cuando un no metal reacciona con el hidrógeno. Son compuestos covalentes, en donde el H participa con número de oxidación +1 y los no metales que intervienen siempre tendrán su número de oxidación negativo. A temperatura ambiente estos compuestos son gases, por lo que suele colocarse en la parte final de la fórmula a modo de subíndice indicando dicho estado entre paréntesis (g) con excepción del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que es líquido (l). Si bien la bibliografía sugiere que los hidruros no metálicos comprenden únicamente los elementos del grupo 3 al 5A, y que los elementos de los grupos 6 y 7A formarían los haluros de hidrógeno, nosotros a fines prácticos los agrupamos a todos los elementos no metálicos que se combinen con H dentro de los hidruros no metálicos. Para designar a los hidruros no metálicos se comienza con la nomenclatura sistemática que menciona el elemento más electronegativo, de manera que se *nombra la raíz del no metal* y se le agrega el sufijo *uro* y finalmente se agrega “*de hidrógeno*”. Para algunos hidruros no metálicos, se puede utilizar también la nomenclatura tradicional, como sucede con el  $\text{NH}_3$  (amoníaco). A modo de ejemplo podemos citar al  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$  sulfuro de dihidrógeno,  $\text{HCl}_{(g)}$  cloruro de hidrógeno,  $\text{NH}_{3(l)}$  (nitruro de hidrógeno, amoníaco).

**Hidróxidos, bases o álcalis:** son compuestos ternarios que se obtienen por reacción de un óxido básico con el agua. Se puede escribir directamente la fórmula final del hidróxido, colocando tantos  $\text{OH}^-$  (oxhidrilos) como números de oxidación tenga el metal, ya que cada anión  $\text{OH}^-$  posee como valencia -1, ya que de restar -2 (O) a +1 (H) surge la carga final de este anión que caracteriza este grupo de sustancias. En cuanto a la nomenclatura dentro del sistema tradicional podemos distinguir dos casos, cuando el elemento metálico tiene solamente un número de oxidación hay dos modos de nombrarlos. Se antepone la palabra hidróxido seguido de la *raíz del metal* terminado en *ico* o simplemente hidróxido de y a continuación el *nombre de la raíz del metal*. Por ejemplo el hidróxido de sodio o hidróxido sódico  $\text{NaOH}$ , del mismo modo tendremos el hidróxido de magnesio o hidróxido magnésico  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  en este caso como hay más de un oxhidrilo se colocan entre paréntesis. También

podemos mencionar al hidróxido de aluminio o hidróxido alumínico  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Cuando hay dos números de oxidación tendremos que utilizar las terminaciones *oso* o *ico* para indicar el menor y el mayor número de oxidación del metal respectivamente. Por ejemplo en el caso del hierro cuyos números de oxidación son +2 y +3 originarán el hidróxido ferroso  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  y el hidróxido férrico  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Aquí vemos que el número de oxidación del hierro es el que aparece como subíndice del ion hidroxilo del mismo modo que aquí dos y tres representan los subíndices del hierro. Con el sistema de Stock la nomenclatura consistiría en indicar primero *hidróxido de* y a continuación el *nombre de la raíz del metal* y posteriormente el *número de oxidación del metal en numeración romana* entre paréntesis. En el caso anterior tendríamos el hidróxido de hierro (II) y el hidróxido de hierro (III) y en el caso de estaño que tiene números de oxidación +2 y +4 se obtiene el hidróxido de estaño (II) y el hidróxido de estaño (IV). En la nomenclatura sistemática utilizaríamos los prefijos numerales conocidos *di*, *tri*, *tetra*, etc, y la estructura del nombre sería el prefijo que nos indica el número de iones hidroxilo y a continuación el nombre del metal tendríamos entonces siguiendo los ejemplos anteriores dihidróxido y trihidróxido de hierro o dihidróxido y tetrahidróxido de estaño. Existen algunos casos particulares cuando el amoníaco cuando se solubiliza en el agua:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^{+1}(\text{OH})^{-1}$ :  **$\text{NH}_4\text{OH}$  (hidróxido de amonio).**

**Ácidos oxoácidos:** Son sustancias ternarias que se forman a partir de la condensación de un óxido ácido principalmente (aunque veremos dos casos de óxidos básicos que también pueden generar estos compuestos) y una molécula de agua. También encontramos algunos ácidos que tienen la capacidad de reaccionar con más de una molécula de agua (polihidratados) y los peroxoácidos en los que se sustituye uno de los átomos de hidrógeno por el no metal de estos ácidos. Estos oxoácidos están formados por un no metal de ubicación central en la fórmula, átomos de hidrógeno y oxígeno de manera que se cumpla el principio de electroneutralidad teniendo en cuenta los números de oxidación +1 y -2 respectivamente del hidrógeno y del oxígeno. Algunos de los ácidos más conocidos son el nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y el carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) o el particular ácido polihidratado fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) los cuales se forman de la siguiente manera:



$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  (dipróticos) libera dos protones al disociarse.





¿Cómo escribir la fórmula de los oxoácidos, sin escribir las ecuaciones de obtención?

- 1) Se escribe el no metal y se indica su número de oxidación
- 2) Se escribe el oxígeno y teniendo en cuenta que su número de oxidación es -2, se colocan tantos oxígenos como sean necesarios para superar la carga positiva del no metal.
- 3) Se anteponen tantos hidrógenos (número de oxidación +1) como sean necesarios para que el compuesto final sea eléctricamente neutro.

Veamos el ejemplo del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), se utiliza la mayor valencia, o sea +5

- 1)  $\text{N}^{+5}$
- 2)  $\text{N}^{+5}\text{O}^{-2}_3 \rightarrow (\text{NO}_3)^{-1}$
- 3)  $\text{HNO}_3$

En disolución acuosa estos ácidos son capaces de disociarse en partículas cargadas eléctricamente, el o los protones y la base conjugada aniónica. De acuerdo a la cantidad de protones que posea un ácido en su estructura, se denominarán monopróticos, dipróticos y tripróticos según haya uno, dos o tres átomos de iones hidrógeno, y cada anión resultante también tendrá una denominación característica. Veamos en la tabla 4 que plantea la nomenclatura Stock de los oxoácidos, cómo se nombran los principales aniones resultantes de la disociación de los ácidos en solución acuosa, lo cual nos será de gran utilidad al estudiar las sales binarias, ternarias y cuaternarias.

Tabla 4. Denominación de los distintos sufijos y prefijos a utilizar en la disociación de los ácidos.

Posibles n° de oxidación	Prefijos-sufijos oxoácido	Prefijos-sufijos anión
<b>uno</b>	<b>-ico</b>	<b>-ato</b>
<b>dos</b>	n° ox. menor → <b>-oso</b>	<b>-ito</b>
	n° ox. mayor → <b>-ico</b>	<b>-ato</b>
<b>tres</b>	n° ox. menor → <b>-hipo...oso</b>	<b>-hipo...ito</b>
	n° ox. intermedio → <b>-oso</b>	<b>-ito</b>
	n° ox. mayor → <b>-ico</b>	<b>-ato</b>
<b>cuatro</b>	n° ox. menor → <b>-hipo...oso</b>	<b>-hipo...ito</b>
	n° ox. intermedio menor → <b>-oso</b>	<b>-ito</b>
	n° ox. intermedio mayor → <b>-ico</b>	<b>-ato</b>
	n° ox. mayor → <b>-per...ico</b>	<b>-per...ato</b>

Para el caso del  $\text{HNO}_3$  el anión resultante será el  $\text{NO}_3^-$  (nitrato),  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dará el  $\text{HCO}_3^{-2}$  (bicarbonato, carbonato ácido o hidrógeno carbonato) y el  $\text{CO}_3^{-2}$  (carbonato) debido a que el carbono puede actuar con las valencias +2 y +4, aquí lo hace con la mayor. Para el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va a formar el  $\text{HSO}_4^-$  (sulfato ácido o monohidrógeno sulfato) y el  $\text{SO}_4^{-2}$  (sulfato) ya que el azufre aquí con la valencia +6 que es la mayor de las tres posibles.

También hay dos casos donde el átomo central es un metal de transición, los más conocidos son los ácidos derivados del cromo y el manganeso donde tenemos el ácido crómico ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) y el dicrómico ( $\text{H}_2\text{CrO}_7$ ) y en el caso del manganeso tendríamos para el estado de oxidación +6 del manganeso el ácido mangánico ( $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ) y para el número de oxidación +7 el ácido permangánico ( $\text{HMnO}_4$ ). Obsérvese que en todos los casos las fórmulas de los oxoácidos pueden deducirse fácilmente considerando el principio de electroneutralidad con este estado de oxidación y considerando que el oxígeno siempre es -2 y el hidrógeno +1 podemos deducir fácilmente las estructuras las fórmulas de los ácidos correspondientes.

En el caso de los ácidos polihidratados según el sistema tradicional por ejemplo el ácido fosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$  en una primera disociación dará el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (fosfato diácido o dihidrógeno fosfato) en una segunda disociación generará el  $\text{HPO}_4^{2-}$  (fosfato monoácido o monohidrógeno fosfato) y finalmente el  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfato).

Según el sistema de nomenclatura Stock para nombrar a los ácidos oxoácidos veremos dos opciones, en el primer caso el nombre de la fórmula la obedece al uso de los prefijos *mono*, *di* o *tri* y el término *oxo* que nos indica el número de átomos de oxígeno que hay en la molécula, seguido del nombre del elemento central terminado en el sufijo *ato* sin importar si el no metal posee varios estados de oxidación y a continuación entre paréntesis el estado de oxidación con numeración romana para finalmente adicionar el término *de hidrógeno*. Por ejemplo en el caso del azufre cuando actúa con los estados de oxidación +4 y +6 para formar los siguientes oxoácidos:

$\text{H}_2\text{SO}_3$  trioxosulfato (IV) de hidrógeno. Con su anión  $\text{SO}_3^{2-}$  trioxosulfato (IV)

$\text{H}_2\text{SO}_4$  tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno. Con su anión  $\text{SO}_4^{2-}$  tetraoxosulfato (VI).

Otra alternativa de nombrar a los oxoácidos y sus aniones es anteponer la palabra *ácido*, si corresponde un prefijo que indique la cantidad de átomo de oxígeno seguido del prefijo *oxo*, luego el elemento no metálico con terminación *-ico* y finalmente se coloca entre paréntesis el estado de oxidación en números romanos. Veamos algunos ejemplos:

$\text{HClO}$  ácido oxoclorico (I)

$\text{HClO}_2$  ácido dioxoclorico (III)

$\text{HClO}_3$  ácido trioxoclorico (V)

$\text{HClO}_4$  ácido tetraoxoclorico (VII)

$\text{H}_2\text{CO}_3$  ácido trioxocarbónico (IV)

$\text{H}_2\text{SO}_4$  ácido tetraoxosulfúrico (VI)



Otros oxoácidos se pueden considerar derivados de la unión de una molécula de óxido no metálico con varias moléculas de agua, el caso más importante a saber es la reacción del óxido fosfórico con una, dos o tres moléculas de agua:

$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2 HPO_3$  trioxofosfato (V) de hidrógeno, ácido trioxofosfórico (V) o ácido metafosfórico)

$P_2O_5 + 2 H_2O \rightarrow H_4PO_7$  heptaoxofosfato (V) de hidrógeno, ácido heptaoxofosfórico (V) o ácido pirofosfórico.

$P_2O_5 + 3 H_2O \rightarrow 2 H_3PO_4$  tetraoxofosfato (V) de hidrógeno, ácido tetraoxofosfórico (V), ácido ortofosfórico o simplemente ácido fosfórico.

Los diácidos también se pueden considerar derivados de la unión de dos moléculas de ácido con eliminación de una de agua, el caso más conocido y muy importante es el ácido dicrómico ( $H_2CrO_4$ ). El ácido dicrómico es importante sobre todo por formar el dicromato de potasio ( $H_2Cr_2O_7$ ) cuya reacción se muestra a continuación:

$2 H_2CrO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7 + H_2O$  nomenclatura tradicional: ácido dicrómico, nomenclatura Stock: heptaoxidocromato (VI) de hidrógeno.

Los peroxoácidos se forman por la sustitución de un átomo de oxígeno de una unión óxido ( $O^{2-}$ ) por el anión peroxo ( $O_2^{2-}$ ). Nótese que el anión peroxo tiene la misma carga que el anión óxido pero estos son dos átomos de oxígeno unidos por un enlace covalente entre sí y que por tanto en conjunto tiene dos valencias libres. Veamos un ejemplo de peroxoácido:

$H_2SO_5$  o  $H_2SO_3(O_2)$  ácido peroxisulfúrico (nomenclatura tradicional).

Finalmente veremos a los tioácidos, en los que un átomo de oxígeno puede sustituirse por uno de azufre, por ejemplo el  $H_2S_2O_3$  (ácido tiosulfúrico) muy importante en la formación de sales.

El **pH** es un parámetro bioquímico que indica el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa: **potencial hidrógeno**. Este término fue acuñado por el bioquímico danés S. P. L. Sørensen (1868-1939), quien lo definió en 1909 como el opuesto del logaritmo en base 10 o el logaritmo negativo. El término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno. Por ejemplo, una concentración de  $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M$ , lo que equivale a: 0.0000001 M y que finalmente es un

pH de 7, ya que  $\text{pH} = -\log [10^{-7}] = 7$ . En disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son **ácidas** las disoluciones con pH menores que 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones hidrógeno en la disolución). Por otro lado, las disoluciones **alcalinas** tienen un pH superior a 7. La disolución se considera neutra cuando su pH es igual a 7, por ejemplo el agua.

Bicarbonatos y fosfatos son importantes elementos que participan en la regulación del pH de fluidos biológicos como la sangre, cuyo rango de valores máximo y mínimo son estrechos y cualquier modificación abrupta podría acarrear serios problemas para la salud de un individuo. Se los suele denominar soluciones “buffer”, “tampones” o “amortiguadores”

**Hidrócidos:** resultan de la reacción de un hidruro no metálico (grupo 6 o 7A) con el agua. En general se presentan disociados en medio líquido. Veamos algunos ejemplos:

$\text{HCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl}_{(ac)} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$  (anión cloruro)  $\text{H}_2\text{S}_{(g)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(ac)} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$  (anión sulfuro). Al escribir la fórmula de estos compuestos, el H se coloca hacia la izquierda por ser más electropositivo que el otro no metal que contiene número de oxidación negativo y en caso de tener varias valencias siempre se utiliza la menor de ellas en estos compuestos. En su nomenclatura tradicional se antepone la palabra *ácido*, seguido del derivado del hidruro no metálico que reaccionó con el agua con el sufijo *hídrico* ya que están en medio acuoso y el no metal tiene un solo número de oxidación, por lo que se le agrega el subíndice que así lo especifica <sub>(ac)</sub>. Por ejemplo el  $\text{HCl}_{(ac)}$  (ácido clorhídrico) es muy importante a nivel del estómago de los mamíferos, debido a que colabora para fomentar el inicio de la digestión de las proteínas de la alimentación.

**Sales:** se obtienen por reacciones de neutralización, las que tienen lugar cuando reacciona un ácido con un hidróxido con la consecuente formación de una sal + agua. Existen diferentes tipos de sales: *binarias* (hidrosales neutras y volátiles), *ternarias* (oxosales) y *cuaternarias* (ácidas, básicas y mixtas de oxosales). Antes de describir cada tipo de sal, describiremos en la siguiente tabla los principales cationes y aniones producto de la disociación de las bases y ácidos al encontrarse en el medio acuoso (Tabla 5) esto nos será de gran ayuda al momento de formular los distintos tipos de sales a partir de los reactivos.

Tabla 5. Denominación de los principales aniones y cationes que participan en la formación de las sales.

<b>Aniones</b>	<b>Nombres</b>
$\text{NO}_3^-$	Ion nitrato (V)
$\text{NO}_2^-$	Ion nitrato (III)
$\text{CO}_3^{2-}$	Ion carbonato
$\text{Br}^-$	Ion bromuro
$\text{SO}_3^{2-}$	Ion sulfato (IV) – sulfito
$\text{SO}_4^{2-}$	Ion sulfato (VI) – sulfato
$\text{PO}_4^{3-}$	Ion fosfato
$\text{S}^{2-}$	Ion sulfuro
$\text{MnO}_4^-$	Ion permanganato (VII)
$\text{ClO}^-$	Ion clorato (I) – hipoclorito
$\text{ClO}_2^-$	Ion clorato (III) – clorito
$\text{ClO}_3^-$	Ion clorato (V) – clorato
$\text{ClO}_4^-$	Ion clorato (VII) – perclorato
<b>Cationes</b>	<b>Nombres</b>
$\text{K}^+$	Ion potasio
$\text{Na}^+$	Ion sodio
$\text{Ag}^+$	Ion plata
$\text{Mg}^{+2}$	Ion magnesio
$\text{Ca}^{+2}$	Ion calcio
$\text{Zn}^{+2}$	Ion zinc
$\text{Fe}^{+2}$	Ion hierro (II) – ferroso
$\text{Fe}^{+3}$	Ion hierro (III) – férrico
$\text{Cu}^+$	Ion cobre (I) - cuproso
$\text{Cu}^{+2}$	Ion cobre (II) - cúprico
$\text{NH}_4^+$	Ion amonio
$\text{Au}^+$	Ion oro (I) – auroso
$\text{Au}^{+3}$	Ion oro (III) - áurico

¿Cómo escribir la fórmula de una sal correctamente? Deben seguirse los siguientes pasos para un resultado correcto:

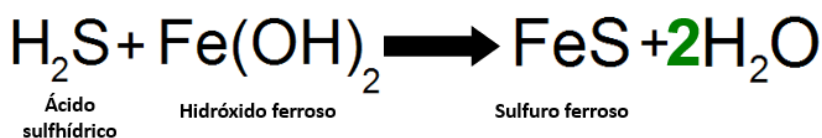
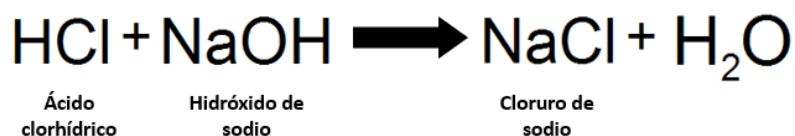
- Se debe relacionar el nombre de la sal con el nombre del anión y el catión que la conforman.
- Primero se debe escribir el símbolo del catión hacia la izquierda y el del anión hacia la derecha.
- Hay que analizar las cargas de los aniones y cationes para equilibrar las cargas eléctricas de manera que quede neutralizado el compuesto.
- En caso de haber más de un catión se lo designa con el subíndice correspondiente.
- Si hubiera más de un anión, debe representarse dentro de un paréntesis, antes de colocar el subíndice que indique la cantidad de aniones presentes en la sal.

### Sales binarias (hidrosales)

Dentro de este grupo tenemos a las sales neutras formadas por un metal y un no metal, en estos compuestos los no metales representa el elemento electronegativo y el metal es electropositivo, por lo que son moléculas de carácter iónico; y las sales volátiles formadas por dos no metales distintos, de manera que son covalentes.

Las sales neutras se forman tras reaccionar un hidróxido y un hidrácido, preferentemente utilizan el sistema de nomenclatura Stock, en el cual se nombra el *no metal* con el sufijo *uro*, seguido del *metal* y si corresponde el *número de oxidación entre paréntesis*.

Veamos una reacción de formación de una sal binaria:



Ahora veamos algunos ejemplos:

NaF: fluoruro de sodio

MgCl<sub>2</sub>: cloruro de magnesio

Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>: sulfuro de aluminio

FeS: sulfuro de hierro (II)

Cu<sub>2</sub>Br: bromuro de cobre (I)

A continuación veamos otros ejemplos con los demás sistemas de nomenclatura:

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
NaCl	cloruro de sodio	cloruro de sodio	cloruro de sodio
AuCl <sub>3</sub>	tricloruro de oro	cloruro de oro (III)	cloruro áurico
K <sub>2</sub> S	sulfuro de dipotasio	sulfuro de potasio	sulfuro potásico

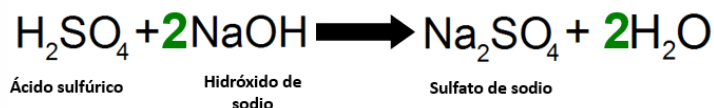
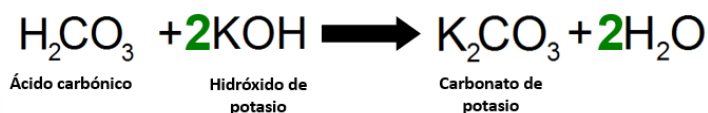
En las sales volátiles se prefiere utilizar la nomenclatura sistemática comenzando a nombrar el *no metal más electronegativo* con el sufijo *uro* seguido de la preposición *de* y el elemento *no metálico más electropositivo*. Veamos algunos ejemplos con las nomenclaturas sistemática y de Stock:

NF<sub>3</sub>: trifluoruro de nitrógeno, cloruro de nitrógeno (III)

CCl<sub>4</sub>: tetracloruro de carbono, cloruro de carbono (IV)

### **Sales ternarias (oxosales)**

Son combinaciones resultantes de la reacción entre cationes y aniones procedentes de un hidróxido y un oxoácido que se ha disociado completamente. Veamos algunas de ellas y sus nomenclaturas. En el sistema Stock primero *se* nombra el *anión*, luego la preposición *de* seguido del nombre del *catión* y el *estado de oxidación en numeración romana* si corresponde. La nomenclatura tradicional basada en prefijos y sufijos tiene en cuenta en caso de tener un solo estado de oxidación el metal, nombrará primero el *anión*, luego la preposición *de* seguido del *catión* o el nombre del *anión y catión* directamente. En caso que haya más de un estado de oxidación se comienza a nombrar el nombre del anión y el catión con el sufijo que corresponda.



Veamos algunos ejemplos:

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ : nitrato de hierro (III) o nitrato férrico.

Nitrato ferroso:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ : fosfato de calcio o fosfato cálcico.

$\text{NH}_4\text{NO}_3$ : nitrato de amonio o nitrato amónico.

En el sistema de nomenclatura Stock, se escribe un *prefijo* que indique el *número de átomos de carbono*, el término *oxo* seguido del *elemento central* y el sufijo *ato*, luego el *número de oxidación* entre paréntesis, finalmente el *catión* y si corresponde en este último también colocar el *número de oxidación* del mismo. Veamos algunos ejemplos:

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ : tetraoxosulfato (VI) de sodio

$\text{CuCO}_3$ : trioxocarbonato (IV) de cobre (II)

En caso que haya más de un anión en la fórmula, esto se indica anteponiendo los prefijos *bis*, *tris* o *tetrakis* al nombre del anión rodeado de corchetes. Veamos algunos ejemplos:

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ : tris[tetraoxosulfato (VI)] de hierro (III)

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ : bis[tetraoxofosfato (V)] cálcico

La nomenclatura sistemática plantea la descripción de la fórmula química empleando prefijos numerales, la manera de denominar a estos compuestos apunta a utilizar un *prefijo* que indique el *número de átomos de carbono*, el término *oxo* seguido del anión, luego la preposición *de*, nuevamente se coloca un *prefijo* que indique el *número de átomos de carbono* pero esta vez será para especificar los *cationes*. Podemos observar que el anión no lleva tilde en la parte central. Veamos algunos ejemplos:

$\text{K}_2\text{CO}_3$ : trioxidocarbonato de dipotasio

$\text{Mg}_3(\text{SO}_4)_3$ : tris[tetraoxidosulfato de trimagnesio]

Por nombrar algún ejemplo de sales ternarias neutras derivadas de diácidos podemos mencionar al  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  el cual se denominará heptaoxocromato (VI) de potasio o dicromato potásico o de potasio según la nomenclatura de Stock y tradicional respectivamente.



### **Sales cuaternarias**

Son compuestos formados por cuatro átomos distintos, dentro de estos compuestos son más importantes las sales ácidas, sin embargo haremos alguna mención para con las sales básicas y mixtas.

Las sales ácidas son combinaciones entre cationes y aniones procedentes de la pérdida parcial por los oxoácidos polipróticos de sus átomos de hidrógeno. La formulación y nomenclatura son similares a las utilizadas en las sales neutras, utilizando el nombre apropiado de los aniones.

Veamos algunos ejemplos con el uso de la nomenclatura tradicional:

En el anión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  al combinarse con el catión  $\text{Na}^+$  tendremos al:

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ : dihidrogenofosfato de sodio.

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+2}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ : dihidrogenofosfato ferroso, dihidrogenofosfato de hierro (II) o dihidrogenofosfato (V) de hierro (II).

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+3}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ : dihidrogenofosfato férrico, dihidrogenofosfato de hierro (III) o dihidrogenofosfato (V) de hierro (III).

En el anión  $\text{HPO}_4^{2-}$  al combinarse con el catión  $\text{Na}^+$  tendremos al:

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ : hidrogenofosfato de sodio.

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+2}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}(\text{HPO}_4)$ : hidrogenofosfato ferroso, hidrogenofosfato de hierro (II), hidrogenofosfato (V) de hierro (II)

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+3}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}_2(\text{HPO}_4)_3$ : hidrogenofosfato férrico, hidrogenofosfato de hierro (III), hidrogenofosfato (V) de hierro (III)

En el anión  $\text{HCO}_3^-$  al combinarse con el catión  $\text{Na}^+$  tendremos al:

$\text{NaHCO}_3$  hidrogenocarbonato de sodio

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+2}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  hidrogenocarbonato ferroso, hidrogenocarbonato de hierro (II) o hidrogenocarbonato (IV) de hierro (II)

Si reacciona con el  $\text{Fe}^{+3}$  el producto que se formará y sus nomenclaturas son:

$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_3$  hidrogenocarbonato férrico, hidrogenocarbonato de hierro (III) o hidrogenocarbonato (IV) de hierro (III)

Las sales básicas se forman al reemplazar parcialmente los aniones de una sal por grupos hidroxilo. Se emplea la nomenclatura tradicional donde se antepone el prefijo *hidroxi* al nombre de la sal de que proceden. Veamos algunos ejemplos:

En el caso del  $\text{CaCl}_2$  (cloruro de calcio) al reemplazar uno de los átomos del Cl por un OH se obtiene el  $\text{CaCl}(\text{OH})$  (hidroxicloruro de calcio). Para el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (nitrato de calcio) al reemplazar un grupo nitrato por un OH se obtiene el  $\text{CaNO}_3(\text{OH})$  (hidroxinitrato de calcio).

Las sales mixtas poseen varios cationes o aniones diferentes cumpliendo el principio de electroneutralidad. Primero se nombra el *elemento/grupo intermedio (primer catión/anión)*, luego el *segundo elemento/grupo intermedio (primer catión/anión)* especificando números de oxidación y finalmente el *metal*.

Con varios cationes:  $\text{KNaSO}_4$  sulfato (doble) de potasio y sodio.

Con varios aniones:  $\text{CaClClO}$ : cloruro monoxoclorato (I) de calcio o cloruro hipoclorito de calcio.

**Ejercitación unidad 2**

1) Indicar qué tipo de compuesto se forma cuando reacciona:

- a) Un metal con el oxígeno
- b) Un no metal con el oxígeno
- c) Un óxido básico con el agua
- d) Un óxido ácido con el agua
- e) Un hidróxido y un oxácido
- f) Un hidróxido y un hidrácido

2) Completar el siguiente cuadro:

<b>Fórmula</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Tipo de óxido (ác. o ba.)</b>
Na <sub>2</sub> O		
	Óxido férrico	
SO <sub>3</sub>		
	Óxido de calcio	
CO		

3) Escribir las fórmulas de los siguientes compuestos de interés biológico  
 ácido fosfórico - cloruro de sodio - bicarbonato de sodio - amoníaco - ácido sulfúrico - dihidrogenofosfato de sodio - sulfato de magnesio - cloruro de potasio

4) Indicar los nombres de los siguientes compuestos:

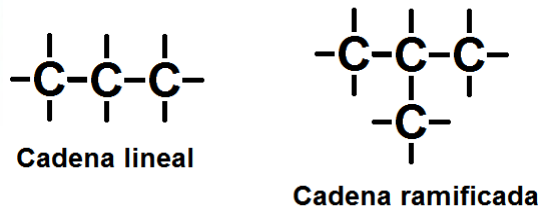
- a) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- b) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- c) NH<sub>4</sub>(OH)
- d) H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

## Unidad 3

### Química orgánica I parte

La química orgánica es la química de los compuestos del carbono. Estos compuestos están formados por C, H, O, N y en menor proporción pueden contener S, P, Halógenos, Fe, etc. El C por ser del grupo IV de la tabla periódica tiene 4 e<sup>-</sup> en el último nivel, por lo tanto para adquirir configuración electrónica de gas noble (completar el octeto) tiende a compartir 4 pares de electrones, es decir que forma 4 uniones covalentes con otro C, o elementos tales como el H, O o N; o bien con otros átomos de carbono formando cadenas carbonadas complejas (el diamante, por ejemplo, es una estructura cristalina de muchos átomos de C).

Las cadenas carbonadas pueden ser lineales o ramificadas, como se observa a continuación:



Un átomo de carbono se puede relacionar con uno o más átomos de carbono (Fig. 11) por esta razón los podemos nombrar como carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios.

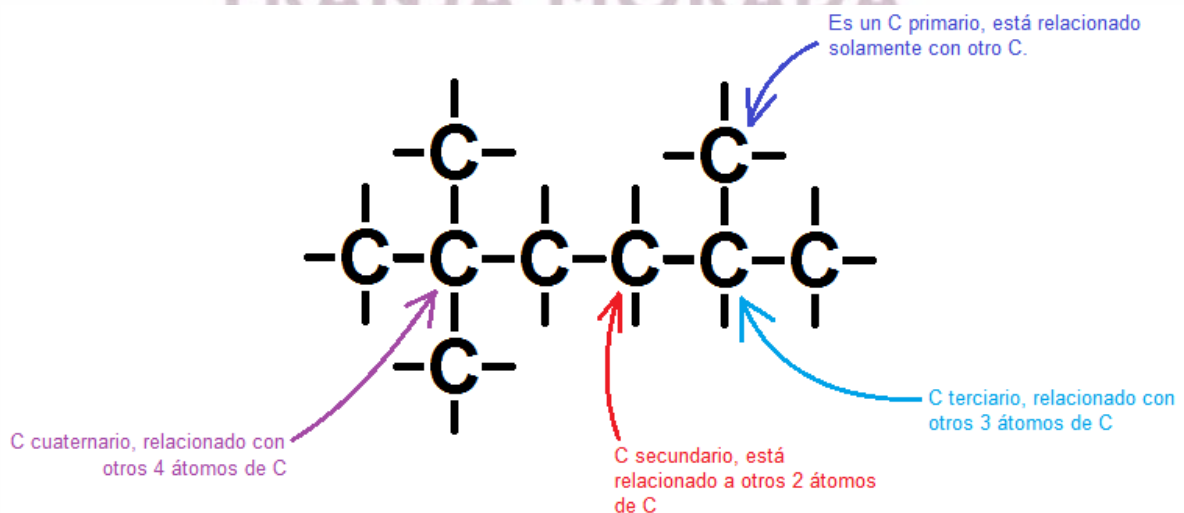


Figura 11. Tipos de carbonos.

En una cadena carbonada los átomos de carbono pueden estar unidos entre sí por uniones simples, en este caso decimos que la cadena es *saturada*. Cuando existe al menos una unión doble (=) o triple (≡) se dice que la cadena es *insaturada* o *no saturada*.

**Cadena saturada:**  $C - C - C - C - C - C$

**Cadenas insaturadas:**  $C - C - C = C - C - C$  o  $C - C \equiv C - C - C - C$

A continuación definimos a los hidrocarburos:

***Los hidrocarburos son sustancias orgánicas que están formadas por átomos de C y de H.***

Veamos la clasificación de los hidrocarburos (Fig. 12):

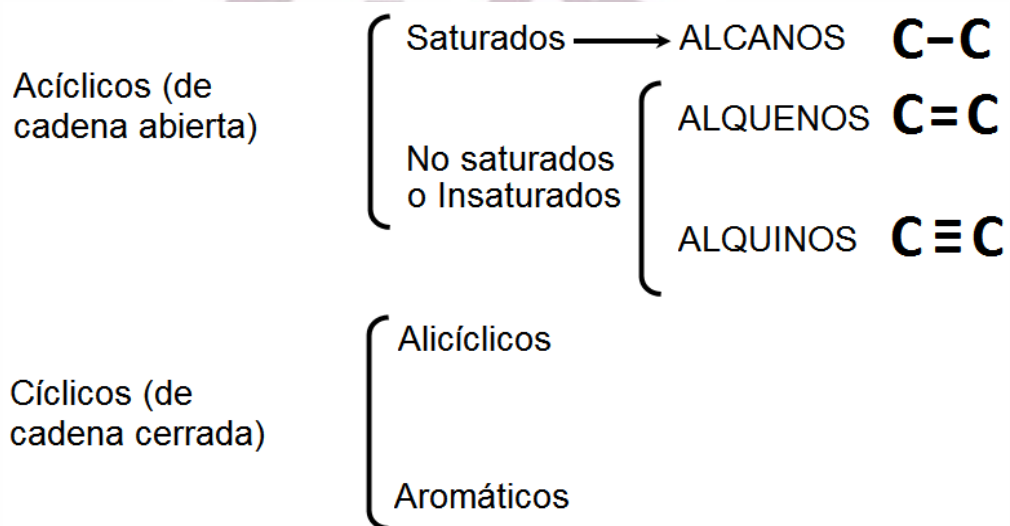


Figura 12. Tipos de hidrocarburos.

Para poder conocer a los diferentes hidrocarburos de interés biológico, debemos saber los prefijos que se utilizan para nombrarlos de acuerdo con el número de átomos de carbono que posean.

- Si el hidrocarburo posee
- 1 átomo de C → Met
  - 2 átomos de C → Et
  - 3 átomos de C → Prop
  - 4 átomos de C → But
  - 5 átomos de C → Pent
  - 6 átomos de C → Hex

Existen más opciones, pero para nuestro caso son suficientes las presentadas, ya que las demás son modelos no estables en los compuestos biológicos.

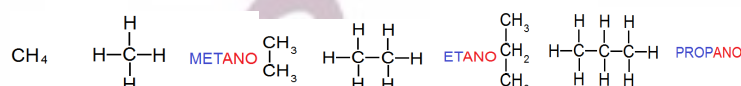
Comencemos a analizar cada uno de ellos.

### Alcanos

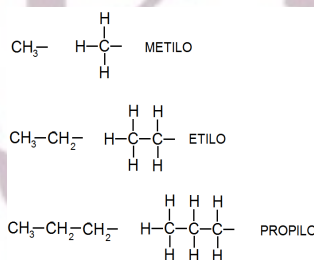
Poseen ligaduras simples entre los átomos de C, y la fórmula general para formar sus moléculas es:  $C_nH_{2n+2}$  (donde “n” es el número de átomos de C).

Se nombran con el prefijo que indica la cantidad de átomos de C, seguido del sufijo *ano*.

Veamos algunos ejemplos:



Algunos alcanos pueden perder un átomo de H, y convertirse en los llamados **radicales alquílicos**. Éstos formarán luego las ramificaciones de un hidrocarburo ramificado. Se nombran sustituyendo el sufijo “ano” por “ilo”.



Con el concepto de radical alquílico se pueden nombrar a los hidrocarburos ramificados. Veamos a continuación algunos ejemplos.

**Nota:** debemos observar la cantidad de hidrógenos que colocamos cuando escribimos la fórmula, recordando que el C en este tipo de compuestos siempre tiene valencia +4.

**¿Cómo debemos proceder para dar el nombre a este tipo de compuestos? Nos basamos en la nomenclatura de la IUPAC.**

1) Se elige como cadena principal a la más larga; esta dará el nombre al compuesto (en nuestro caso, independientemente desde dónde contemos la cantidad de átomos de C, si la cadena más larga tiene 5 átomos y por lo tanto **pentano** será el nombre del compuesto).

2) Se numera de modo de dar a las ramificaciones el menor conjunto de números posibles.

3) Las ramificaciones se nombran de acuerdo al radical alquílico del cual provienen (en nuestro caso fuese metilo el radical alquílico originario, a nuestro compuesto lo llamaremos “metil”).

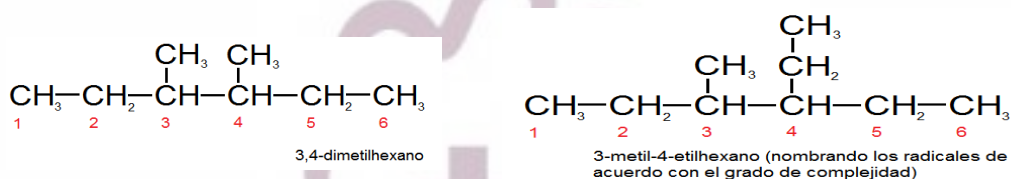
4) Las posiciones de las ramificaciones se indican con números, los números se separan con comas, y entre números y palabras se utilizan guiones.



5) Si hay dos o más clases de ramificaciones se nombran por orden alfabético; otra posibilidad es nombrarlos por orden de complejidad, tratando de dar los números más bajos a los que se nombran primero.

6) Se usan los prefijos di, tri, etc., para indicar las veces que se repite una misma ramificación o radical alquílico.

Veamos algunos ejemplos:



### Propiedades físicas

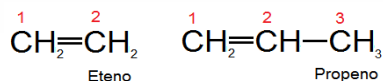
Alcanos de cadena corta (metano, etano, propano y butano) son gases a temperatura ambiente, a partir del pentano y hasta 16 átomos de carbono son líquidos, mientras que los demás son sólidos. Los alcanos presentan menor densidad que el agua y dada su baja polaridad son prácticamente insolubles en solventes polares y solubles en solventes orgánicos. Sin embargo la solubilidad decrece al aumentar la longitud de la cadena carbonada. En estado elemental son inodoros e incoloros, pero en el caso del gas natural (mezcla de alcanos de cadena corta) se añaden de manera intencional para ser reconocidos ante posibles escapes del mismo.

### Propiedades químicas

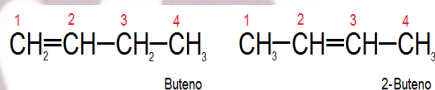
Son compuestos muy estables debido a los enlaces C-C y C-H, sin embargo en condiciones controladas pueden reaccionar con distintos elementos y/o moléculas para generar diversos productos. Entre estos nos interesan las reacciones de combustión, donde los alcanos reaccionan con O<sub>2</sub> para generar CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O y energía que puede ser utilizada con distintos fines en el organismo animal.

**Alquenos**

Poseen dobles ligaduras y su fórmula general es:  $C_nH_{2n}$ . Se nombran utilizando el prefijo que indica el número de carbonos, seguido del sufijo *eno*. A continuación vemos algunos ejemplos:



La doble ligadura no siempre se encuentra entre el carbono 1 y 2, a continuación vemos un ejemplo como los anteriores, y su posible variación:

**Propiedades físicas y químicas**

Las densidades y los puntos de fusión de los alquenos son menores que en los alcanos mencionados ya que el doble enlace disminuye la fuerza con que se unen las cadenas carbonadas, es decir que a medida que aumenta la cantidad de dobles enlaces va a disminuir el punto de fusión y en consecuencia el punto de ebullición de estas moléculas.

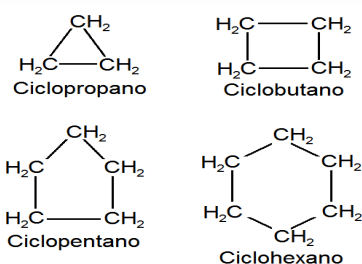
En cuanto a las propiedades químicas de los alquenos, la presencia de uno o más enlaces dobles hace que estas sustancias sean muy reactivas. De entre todas las posibilidades de reaccionar, nos parece pertinente traer a colación que al polimerizar (unir) varios alquenos-alrededor de 500 unidades o más se obtiene el polietileno que son los plásticos de uso cotidiano (bolsas, tubos, materiales descartables, etc)

**Hidrocarburos cíclicos****Alicíclicos o cicloalcanos**

Entre los átomos de C que forman el ciclo solo existen simples ligaduras. Para la confección de la fórmula desarrollada se tienen en cuenta figuras geométricas, colocando en cada vértice un átomo de carbono y sus hidrógenos respectivos. La fórmula general de los cicloalcanos es similar a la de los alquenos:  $C_nH_{2n}$

Para poder nombrarlos se antepone la palabra *ciclo* seguida del nombre del alcano del cual derivan. Por ejemplo, si el hidrocarburo es propano, el cicloalcano será ciclopropano.

Veamos los cuatro ejemplos más importantes.

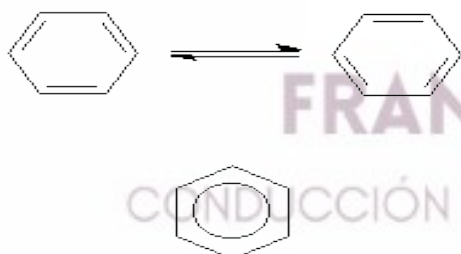


### Propiedades físicas y químicas

Son similares a las descritas para los alcanos. Los cicloalcanos con más de cuatro átomos de carbono presentan mayor estabilidad que los de menor longitud, por lo que es muy usual que los compuestos orgánicos de cadena abierta, adopten estas formas geométricas ya que termodinámicamente son muy estables en el organismo que las formas de cadena abierta.

### Aromáticos

Se caracterizan por presentar uno o más anillos de 6 átomos de carbono, con dobles ligaduras intercaladas. Como ejemplo podemos ver al benceno:



Los enlaces C-C del benceno son todos idénticos y tienen un carácter intermedio entre simples y dobles. Esto quiere decir que los electrones son igualmente compartidos por todos los átomos de C.

En el esquema de la izquierda se observa que hay dobles enlaces intercalados entre simples, siendo que ambas formas pueden coexistir. Por simplicidad, se opta por el gráfico de la parte inferior, con un círculo en su interior que indica que las dobles ligaduras están “dando vueltas” dentro de la molécula del benceno.

### Propiedades físicas y químicas

El benceno es un líquido incoloro y de olor irritante, con menor densidad que el agua y muy inflamable. Es insoluble en agua pero soluble en solventes orgánicos.

En cuanto a la reactividad del anillo de benceno, su núcleo es muy estable sin embargo puede reaccionar con otros elementos, en nuestro caso presentaremos reacciones de condensación de anillos del benceno, de manera que los anillos bencénicos pueden conjugarse (unirse) en forma lineal o angular para dar compuestos más complejos (Fig. 13).

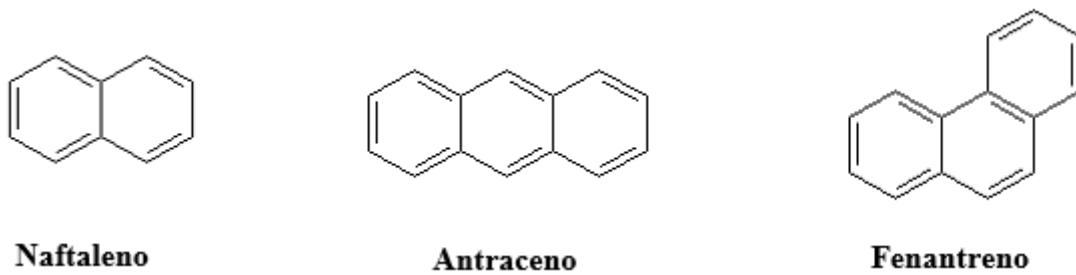


Figura 13. Ejemplos de condensaciones de anillos bencénicos.

De los tres tipos de condensaciones representadas, para nosotros el más importante será el fenantreno, ya que de esta forma, una sustancia muy importante desde el punto de vista biológico (el colesterol adopta la forma cíclica del fenantreno) se puede generar una gran cantidad de moléculas.

### Heterociclos

Son también conocidos como **anillos heteroatómicos** debido a que en su estructura, además de poseer átomos de C, poseen átomos de otros elementos (Fig. 14). Nosotros vamos a citar y ejemplificar solo aquellos que serán de importancia desde el punto de vista de los seres vivos.

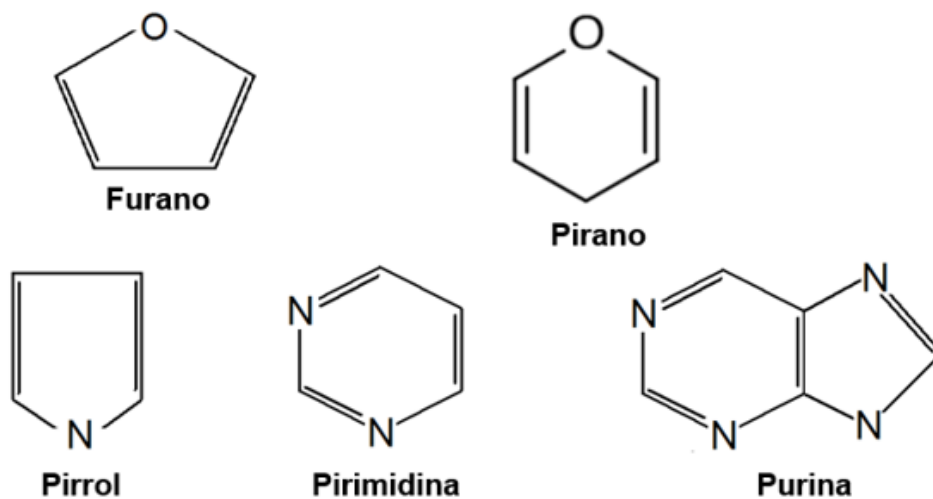


Figura 14. Heterociclos de importancia biológica.

## Química orgánica II parte

### Funciones oxigenadas

#### Alcoholes

Son sustancias derivadas de hidrocarburos (Fig. 15) que se caracterizan por poseer el grupo funcional **OH** (oxhidrilo o hidroxilo). Resultan de la *oxidación* (ganancia de O) de alguno de los átomos de C de un hidrocarburo (alcanos). Su fórmula general es **R-OH**.

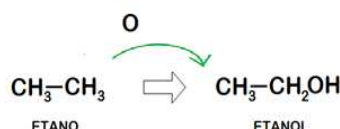
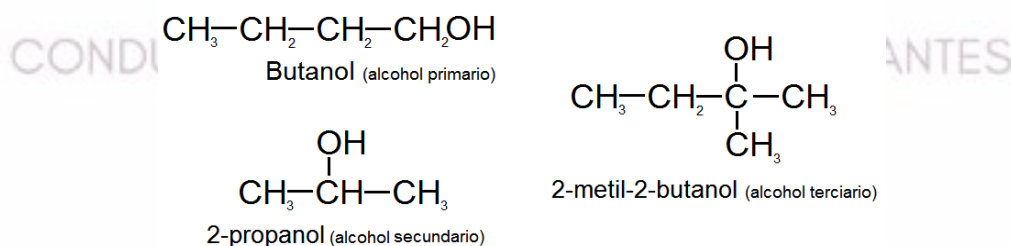


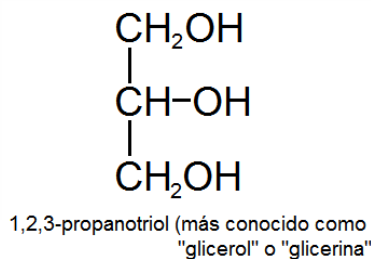
Figura 15. Formación de alcoholes.

Para su nomenclatura se cambia la terminación *ano* del hidrocarburo original por *ol*. Al momento de nombrar a los alcoholes, se elige a la cadena de mayor longitud que contenga al grupo hidroxilo. Los carbonos se enumeran desde el extremo más cercano al OH. En caso que haya más de un grupo OH se enumeran con los prefijos di, tri o tetra, se pueden clasificar en *primarios*, *secundarios* o *terciarios* de acuerdo a si el grupo OH se encuentra en un carbono primario, secundario o terciario, respectivamente. Y finalmente en caso de poseer radicales alquílicos, estos se nombran antes que la función alcohol.

Veamos algunos ejemplos:



Algunos compuestos pueden presentar más de un alcohol en su molécula, como el que sigue a continuación:



**Propiedades físicas**

Aquellos que presentan una cantidad reducida de átomos de carbono son líquidos a temperatura ambiente, pero a medida que aumenta la longitud de la cadena carbonada hace que estos compuestos orgánicos sean sólidos. Así como sucede con el agua, los alcoholes poseen un punto de fusión y ebullición elevado en comparación con compuestos de peso molecular similar. Esto se debe a que el átomo de H del grupo -OH es atraído por otro de O de otra molécula, lo que genera una fuerte atracción de las moléculas entre sí y explica estos elevados puntos de fusión y ebullición.

**Propiedades químicas**

Por el reemplazo o ganancia de determinados átomos se pueden formar numerosos compuestos de gran importancia biológica:

- Ésteres: se producen cuando los alcoholes reaccionan con ácidos carboxílicos. Una sustancia de gran interés en los seres vivos son los triacilgliceroles, los cuales se generan al reaccionar 3 moléculas de ácidos grasos con el polialcohol glicerol.
- Aldehídos y cetonas: se generan cuando se oxida un alcohol primario y secundario respectivamente.

**Aldehídos**

Derivan de la *oxidación* (pérdida de hidrógeno) de un alcohol primario (Fig. 16). El grupo funcional que los caracteriza se denomina **carbonilo**, se ubica en un carbono primario. Su fórmula general es **R-CHO**.

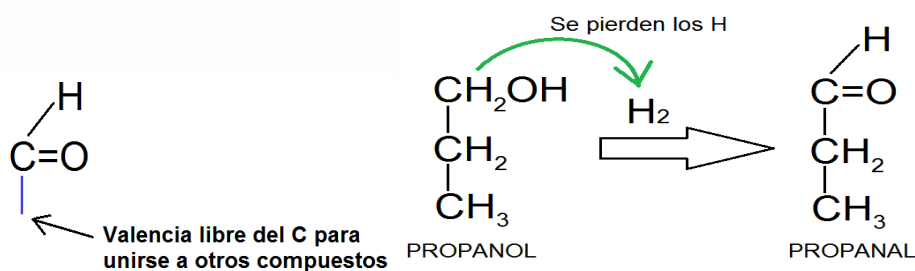


Figura 16. Formación de aldehídos.

Para la nomenclatura, se nombran teniendo en cuenta el alcohol que le dio origen, cambiando el sufijo *ol* por *al*. En caso de presentar radicales alquílicos, se nombran antes que el aldehído.



Los aldehídos están presentes en numerosos productos naturales y de uso en la vida cotidiana. La glucosa por ejemplo existe en una forma abierta carbonada que presenta un grupo aldehído. El formaldehído (metanal) es un conservante que se encuentra en algunas composiciones de productos cosméticos. Sin embargo esta aplicación debe ser vista con cautela ya que este compuesto ha demostrado un poder cancerígeno.

### Cetonas

Derivan de la *oxidación* (pérdida de H) de un alcohol secundario (Fig. 17). El grupo funcional, al igual que en aldehídos, se llama **carbonilo**, pero en este caso se ubica en un carbono secundario. Para la nomenclatura se comienza a contar los átomos de carbono desde el extremo que se encuentre más cercano a la función carbonilo. Se nombran teniendo en cuenta el alcohol que le dio origen, cambiando el sufijo *ol* por *ona*. En caso de presentar radicales alquílicos, se nombran antes que la cetona. Su fórmula general es **R-CO-R**.

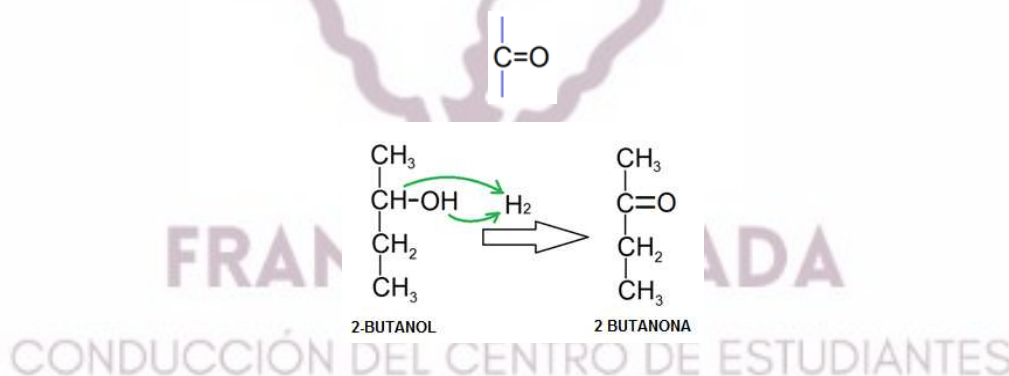


Figura 17. Formación de cetonas.

### Propiedades físicas y químicas de aldehídos y cetonas

A excepción del metanal que es gaseoso a temperatura ambiente y es irritante, los demás aldehídos y cetonas son líquidos de olor agradable por lo que se utilizan en perfumería y aromatizadores. Mientras que al aumentar la cantidad de átomos de carbono hace que sean sólidos. El metanal, etanal y la propanona son solubles en agua, pero dicha solubilidad disminuye al aumentar la longitud de la cadena carbonada.

El grupo carbonilo de aldehídos y cetonas les confiere a estos compuestos una reactividad particular, por la electronegatividad del O y por esto permite que puedan llevarse a cabo múltiples reacciones como oxidación (en el caso de los aldehídos genera ácidos carboxílicos), reducción, entre otros.

## Ácidos carboxílicos

Estos compuestos derivan de la oxidación (con ganancia de O) de un aldehído (Fig. 18). El grupo funcional se ubica por lo tanto en un carbono primario, y se denomina **carboxilo**. Su fórmula general es **R-COOH**.

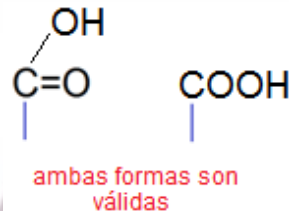


Figura 18. Representación del grupo carboxilo.

Para la nomenclatura, se cambia el nombre del hidrocarburo de base por *oico* (Fig. 19) y se antepone la palabra *ácido*.

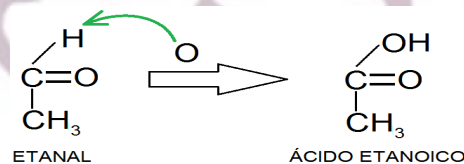


Figura 19. Formación de un ácido carboxílico.

## Propiedades físicas

Aquellos ácidos carboxílicos de hasta cuatro átomos de carbono son volátiles, de olor penetrante y desagradable. En las Ciencias Veterinarias, dentro de los procesos digestivos de los rumiantes, tres ácidos carboxílicos son fundamentales y se producen en uno de los compartimentos del estómago (rumen) de estos animales. Son los llamados **ácidos grasos volátiles** (Fig. 20). Reciben los nombres triviales (particulares) de ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico. El acético es utilizado por los bovinos para obtener energía, entre otras cosas; el propiónico es precursor de la glucosa (un glúcido usado como fuente de energía); el butírico es constituyente de la grasa de la leche (grasa butirosa) e intramuscular.

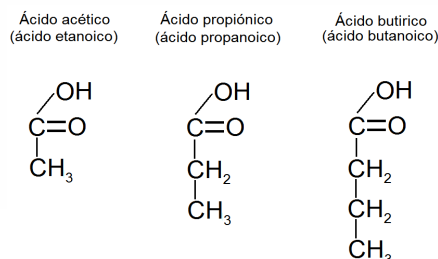


Figura 20. Ácidos grasos volátiles.

A medida que aumenta el número de átomos de carbono, como hemos mencionado con otros compuestos, la solubilidad disminuye, así como los puntos de fusión y ebullición van en aumento por la presencia de los puentes de hidrógeno, aunque también participan otros medios de unión como las fuerzas de Van der Waals, por lo que para separar estos medios de unión se necesita mayor cantidad de energía y aumenta los puntos de fusión y ebullición mencionados.

### Propiedades químicas

Los ácidos carboxílicos tienen la particularidad de liberar hidrogeniones (Fig. 21) en forma parcial cuando se encuentran en un medio acuoso. Por esta razón en el medio biológico se encuentran ionizados (disociados).

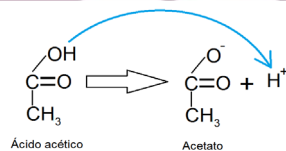


Figura 21. Disociación de los ácidos carboxílicos.

También pueden formar sales al reaccionar con bases fuertes como el NaOH, en este caso se utiliza la nomenclatura tradicional, donde por ejemplo si reacciona el ácido etanoico con el hidróxido de sodio, obtendremos el etanoato de sodio y la formación de ésteres, como veremos a continuación.

### Ésteres

Resultan de la unión entre un ácido carboxílico y un alcohol (Fig. 22), con formación de agua. Para la nomenclatura se nombra primero el ácido del cual derivan, sustituyendo la terminación *oico* por *ato*, y luego el nombre del radical del alcohol (reemplazando *ol* por *ilo*). Su fórmula general es **R-COO-R**.

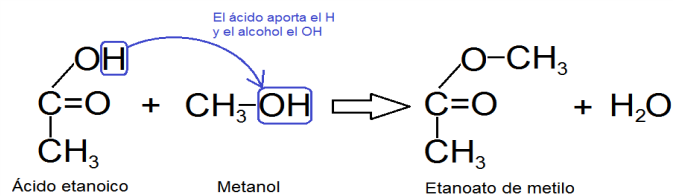


Figura 22. Formación de ésteres.

Dentro de los casos particulares de los ésteres existen los llamados **ésteres fosfóricos**, de gran importancia biológica. Este grupo de compuestos se forman a partir de un alcohol y el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), con liberación de agua. Veamos el siguiente ejemplo (Fig. 23) que nos servirá para comprender más adelante en la carrera una de las vías más importantes para la metabolización de la glucosa (un glúcido utilizado por los seres vivos para obtener energía).

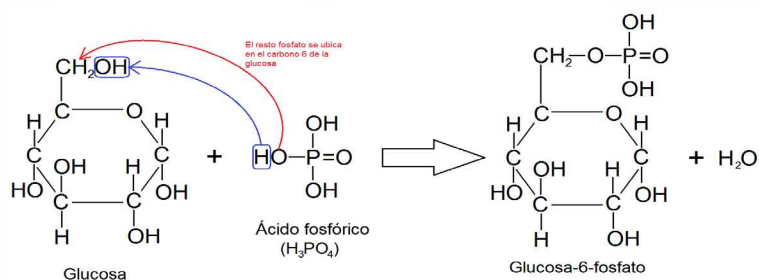


Figura 23. Formación de ésteres fosfóricos.

### Propiedades físicas

Aquellos que son de bajo peso molecular son líquidos volátiles de olor agradable y son los responsables de los olores de ciertas frutas (Tabla 6). Los ésteres de mayor longitud de la cadena carbonada son sólidos cristalinos, inodoros. Solubles en solventes orgánicos e insolubles en agua. Presentan menor densidad que el agua.

Tabla 6. Principales ésteres presentes en las frutas.

Estructura	Nombre IUPAC	Nombre común	Olor
$HCOOCH_3$	<u>metanoato de metilo</u>	formiato de metilo	Ron
$HCOOCH_2CH(CH_3)_2$	<u>metanoato de isobulo</u>	formiato de isobutilo	Frambuesas
$CH_3COOCH_2(CH_2)_3CH_3$	<u>etanoato de pentilo</u>	acetato de n-amilo	Bananas
$CH_3COOCH_2(CH_2)_6CH_3$	<u>etanoato de octilo</u>	acetato de n-octilo	Naranjas
$CH_3(CH_2)_2COOCH_2CH_3$	<u>butanoato de etilo</u>	butirato de etilo	Piña
$CH_3(CH_2)_2COOCH_2(CH_2)_3CH_3$	<u>butanoato de pentilo</u>	butirato de pentilo	Duraznos

### Propiedades químicas

Se menciona la hidrólisis ácida, donde ante el calor se descomponen regenerando el alcohol y el ácido que reaccionaron entre sí para generar el éster correspondiente. Se usa un exceso de agua para inclinar esta vez la reacción hacia la derecha. También se cita la hidrólisis en medio alcalino fuerte, en este caso se usan bases fuertes para atacar al éster, y de esta manera regenerar el alcohol y se forma la sal del ácido orgánico.

### Tioles y disulfuros

Los tioles y los disulfuros son las formas más frecuentes de encontrar al átomo de S en componentes biológicos.

Los tioles se forman al sustituir un H de un alcano por un grupo sulfhidrilo o tior (–SH), y se caracterizan por poseer la siguiente fórmula general (Fig. 23):

**R–SH** (en donde R es el resto de la cadena de un determinado compuesto)

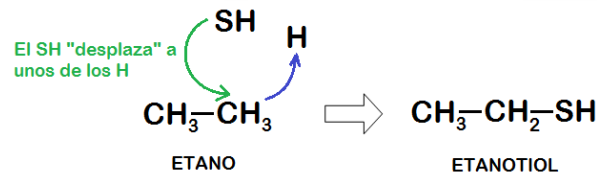


Figura 23. Formación de tioles.

Los tioles se nombran agregando al nombre del alcano de origen la palabra *tior* que indica la presencia del grupo funcional sulfhidrilo.

Los disulfuros resultan de la oxidación (con pérdida de H) de dos tioles (Fig. 24), y su fórmula general es: **R–S–S–R**

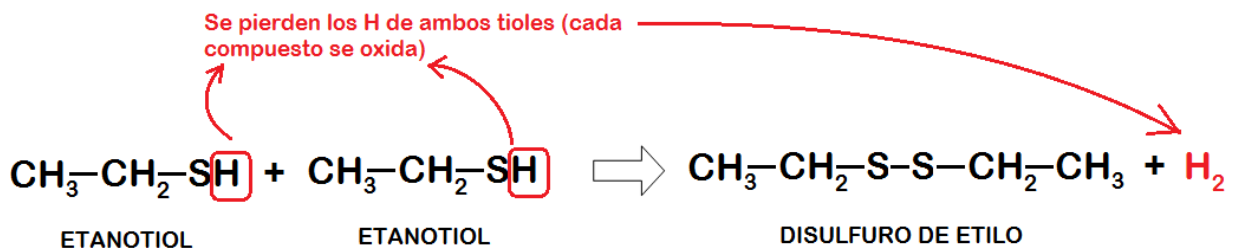
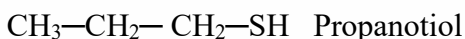
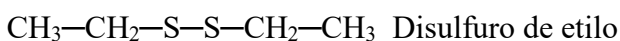


Figura 24. Formación de disulfuros.

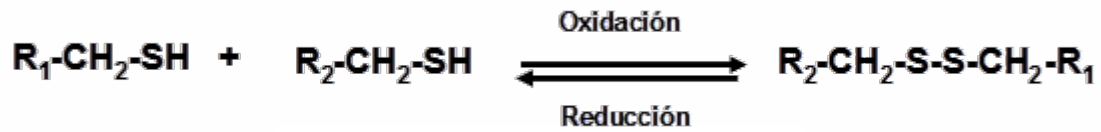
Veamos algunos ejemplos:



En los disulfuros se nombran los radicales por orden de complejidad, o bien por orden alfabético, o anteponiéndoles la palabra disulfuro. Si los radicales alquílicos son iguales se nombran solo una vez.



Tioles y disulfuros son interconvertibles entre sí, mediante reacciones redox. Veamos el siguiente ejemplo general:



Donde R<sub>1</sub> es un tiol y R<sub>2</sub> otro.

### Propiedades físicas y químicas de los tioles

Muchos tioles son líquidos incoloros que tienen un aroma similar al ajo, por lo que con frecuencia la esencial de los tioles es a menudo fuerte y repulsiva, en particular los de bajo peso molecular. Los tioles son también responsables de una clase de fallos en los vinos causados por la reacción no deseada entre el azufre y la levadura. Sin embargo, no todos los tioles son desagradables. Por ejemplo, los mercaptanos del pomelo son un tiol monoterpenoide responsables del aroma característico de este.

Debido a la pequeña diferencia de electronegatividad entre el azufre y el hidrógeno, un enlace S-H es prácticamente apolar covalente. Por lo tanto, el enlace S-H en los tioles tiene menor momento dipolar en comparación con el enlace O-H del alcohol. Los tioles muestran poca asociación por enlaces de hidrógeno con el agua y las moléculas entre sí. Por lo tanto tienen puntos de ebullición inferiores y son menos solubles en agua y otros disolventes polares que los alcoholes de similar peso molecular pero siendo solubles. El grupo tiol es el análogo del azufre al grupo hidroxilo (-OH) de los alcoholes. Debido a que el azufre y el oxígeno pertenecen al mismo grupo de la tabla periódica, comparten algunas propiedades de enlace similares. En el aminoácido cisteína, el grupo tiol (Fig. 25) desempeña un papel importante en los sistemas biológicos. Cuando los grupos tiol de dos residuos de cisteína (como en monómeros o unidades constituyentes) se acercan uno al otro durante el plegamiento de proteínas, una reacción de oxidación puede crear una unidad de cistina con un enlace disulfuro (-S-S-). Estos pueden contribuir a la estabilización de la estructura terciaria de una proteína si las cisteínas forman parte de una misma cadena peptídica o contribuir a la estructura cuaternaria de proteínas multiméricas formando fuertes enlaces covalentes entre diferentes cadenas de péptidos (unión de pocos aminoácidos). Por ejemplo las cadenas pesadas y ligeras de los anticuerpos se mantienen unidas por puentes disulfuro y los pliegues del pelo rizado son producto de la formación de cistina. Los grupos sulfhidrilo en el sitio activo de una enzima pueden formar enlaces no covalentes con la enzima y el sustrato,



lo que contribuye a la actividad catalítica. Los residuos de cisteína del sitio activo son la unidad funcional en proteasas de cisteína. También los tioles se encuentran en moléculas de gran importancia biológica en los seres vivos, como el acetil-CoA (acetil coenzima A), glutatión (molécula muy importante para evitar procesos de daño de la membrana plasmática por oxidación).

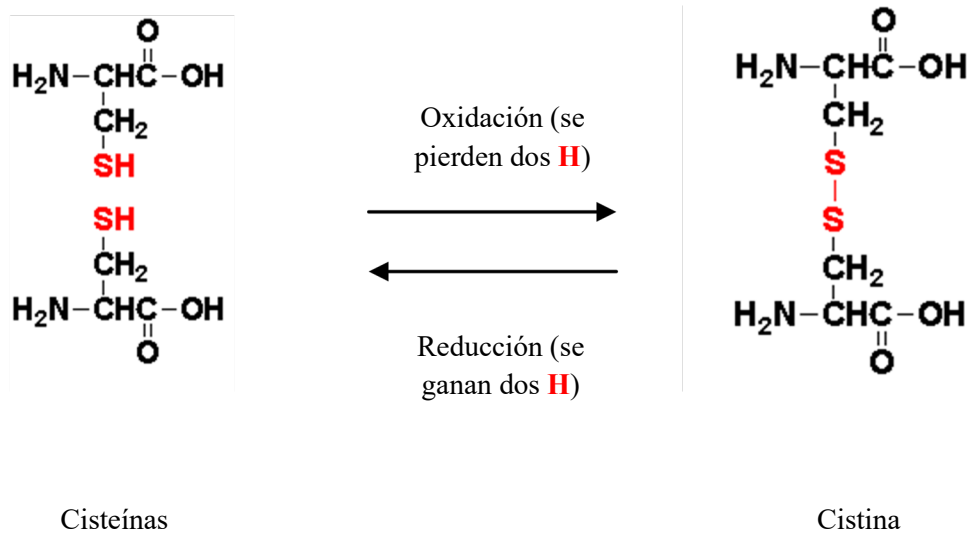


Figura 25. Formación de puentes disulfuro.

## Funciones nitrogenadas

### Aminas

Surgen de reemplazar uno, dos o tres átomos de H del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) por radicales alquílicos derivadas de la estructura de un alcano, dando lugar a la formación de sustancias llamadas *aminas primarias*, *secundarias* y *terciarias* (Fig. 26). Para nombrarlas se escribe el nombre del radical alquílico seguido del término *amina*. En estas funciones aminadas las que revisten mayor importancia en el metabolismo son las aminas primarias, cuya fórmula general es  $\text{R-NH}_2$ .

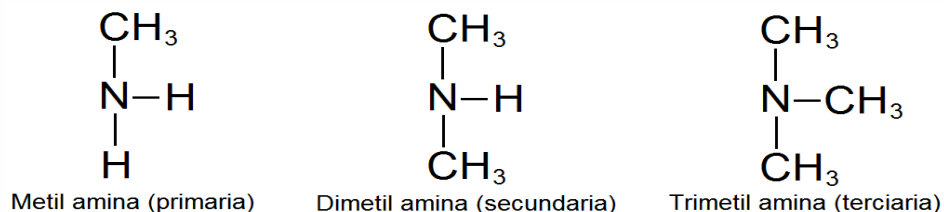


Figura 26. Tipos de aminas.

### Propiedades físicas y químicas de las aminas

Las aminas de hasta 11 carbonos son líquidas, luego sólidas. Como hemos mencionado, el punto de ebullición aumenta con la cantidad de carbonos. Con respecto a su solubilidad, las primeras son muy solubles en agua, luego va disminuyendo con la cantidad de átomos de carbono.

En cuanto a la reactividad química de las aminas, pueden hacer combustión, ya que estos compuestos orgánicos a diferencia del amoníaco, arden en presencia de oxígeno por contener átomos de carbono en su estructura. Y a su vez pueden reaccionar con ácidos carboxílicos para formar aminoácidos los cuales se unen entre sí por un enlace de tipo amida.

### Amidas

Resultan de la reacción química entre un ácido y el amoníaco (Fig. 27) o entre un ácido y una amina, en ambos casos con pérdida de agua. También se pueden clasificar en *primarias*, *secundarias* y *terciarias* de acuerdo los radicales sustituidos, en nuestro caso también nos resultan más importantes las amidas primarias, que son constituyente de las proteínas. Para la nomenclatura se escribe el nombre de la cadena principal donde se encuentre el carbono que presente la función y se cambia la terminación *oico* del ácido por *amida*. Su fórmula general es **R-CON-RR'**.

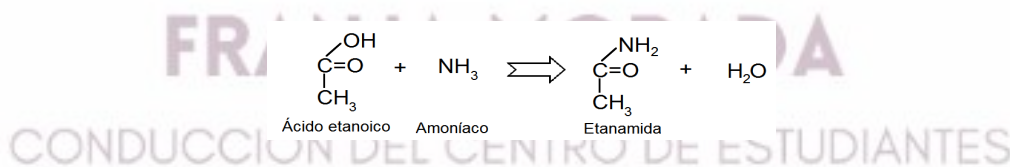
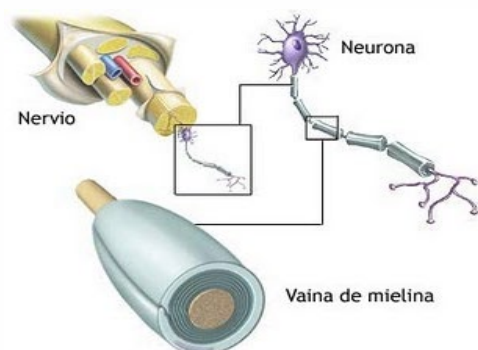


Figura 27. Formación de amidas.

Un tipo de amida muy importante en los seres vivos es la *ceramida*, que forma parte de un lípido llamado esfingomielina. Esta molécula recubre los axones (estructuras encargadas de transmitir el impulso nervioso) los recubre y actúa como aislante eléctrico, ya que impide que el impulso se disipe y llegue así correctamente a su destino. Algunas enfermedades pueden provocar la “desmielinización” de los axones, con lo cual se producen alteraciones nerviosas, una de ellas es el moquillo canino.



### **Propiedades físicas y químicas de las amidas**

Salvo la metanamida, que es líquida, todas las amidas primarias son sólidas, incoloras e inodoras. Los miembros inferiores de la serie son solubles en agua y en alcohol; la solubilidad en agua disminuye conforme aumenta la masa molar. El grupo amida es polar por lo tanto son moléculas neutras. La estructura iónica dipolar de las amidas restringe la libre rotación del enlace carbono-nitrógeno. Esta limitación geométrica tiene importantes consecuencias en la estructura de las proteínas. Las amidas poseen puntos de fusión y ebullición anormalmente altos. Este fenómeno, al igual que la solubilidad en agua de las amidas, se debe a la naturaleza polar del grupo amida y a la formación de enlaces de hidrógeno. Por tanto, la combinación de fuerzas electrostáticas y enlaces de hidrógeno explican las atracciones intermoleculares tan fuertes que se observan en las amidas.

Las propiedades químicas de las aminas son semejantes a las del amoníaco. Al igual que éste, son sustancias básicas aceptores de protones, según la definición de Brønsted-Lowry. Las aminas presentan reacciones de neutralización con los ácidos carboxílicos para formar los aminoácidos. Un uso práctico para convertir las aminas a sus sales es el producir aminas de mayor masa molecular y solubles en agua. Por ejemplo, la lidocaína, un anestésico local que es insoluble en agua como amina libre; después de combinarse con el HCl forma un clorhidrato de lidocaína el cual es soluble en agua.

### **Funciones mixtas**

Son sustancias que presentan más de un grupo funcional en su molécula. Los de importancia biológica pueden ser:

- Hidroxialdehídos (aldehído y uno o más alcoholes)
- Hidroxicetonas (cetona y uno o más alcoholes)
- Hidroxiácidos (ácido y uno o más alcoholes)
- Cetoácidos (cetona y uno o más ácidos)
- Aminoácidos (amina y ácido, a veces con otras funciones adicionales)

Para la nomenclatura se elige la función más oxidada (la cual dará el nombre al compuesto); los restantes grupos funcionales se nombran como sustituyentes, en caso que la función menos oxidada se encuentre en mayor número, se nombra primero.

En orden decreciente de oxidación, tendremos los siguientes grupos funcionales:

- Ácido carboxílico
- Éster
- Amida
- Aldehído
- Cetona
- Alcohol
- Amina

Este grupo de sustancias con varios grupos funcionales poseen gran interés biológico y se verán con mayor detalle en lo que respecta a su rol en el organismo en otras materias de la carrera. Veamos algunos ejemplos (Fig. 28):

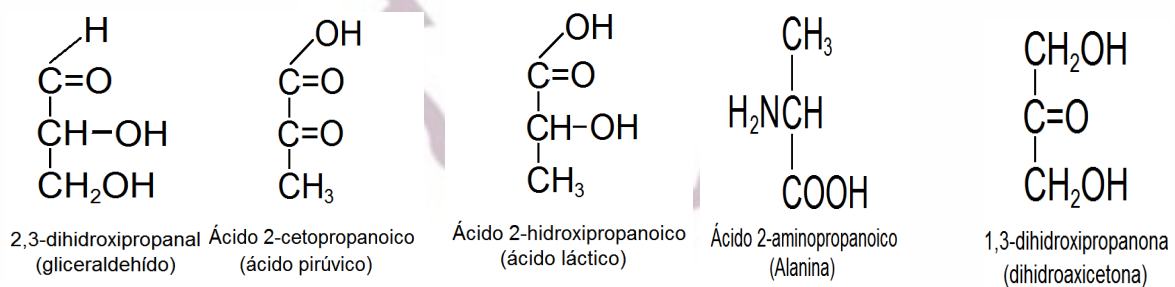


Figura 28. Moléculas con funciones mixtas.

## Isomería

***Son compuestos que poseen la misma fórmula molecular, pero diferente fórmula desarrollada. Poseen propiedades físicas, químicas y/o biológicas diferentes.***

La isomería se clasifica dentro de dos grandes grupos (Fig. 29):

- a) isomería plana o estructural
- b) isomería espacial o estereoisomería

La isomería es un concepto fundamental desde el punto de vista biológico. Muchas sustancias tienen fórmulas estructurales muy parecidas, pero el cambio en la posición de una simple función o doble ligadura, o la posición de un OH (hacia la derecha o izquierda del tronco central de una fórmula) hace que cambien por completo sus propiedades, y por ende el organismo pueda reconocerlas o no. Veremos muchas aplicaciones dentro de la bioquímica y la farmacología a lo largo de la carrera.

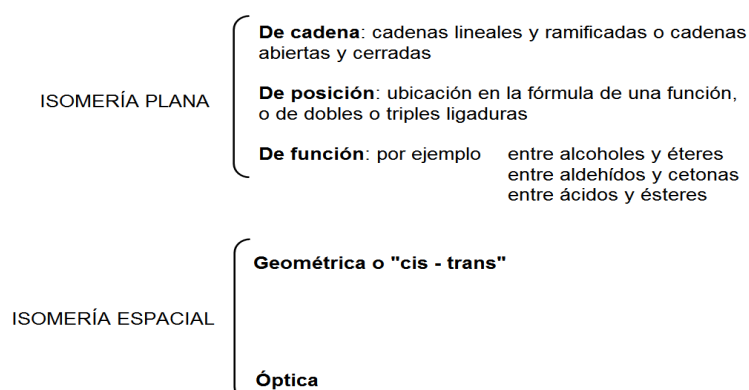
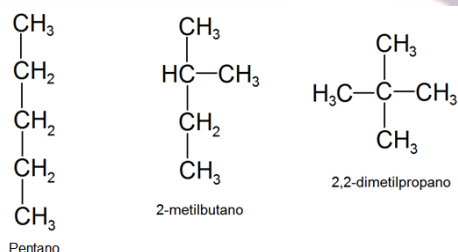


Figura 29. Tipos de isomería.

### Isomería plana

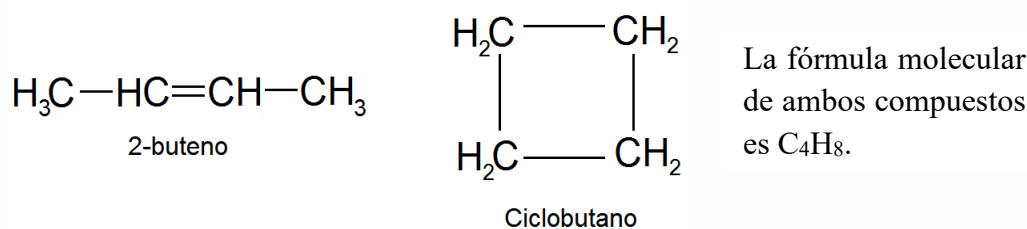
Se presenta cuando dos o más compuestos poseen en sus fórmulas moleculares átomos de iguales elementos y en iguales cantidades, pero que en sus fórmulas estructurales se encuentran unidos de manera diferente.

**De cadena:** veamos algunos ejemplos en hidrocarburos de cadena lineal y ramificada.



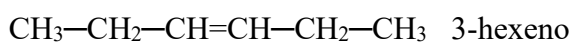
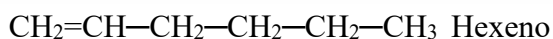
En estos tres ejemplos, la fórmula molecular de los compuestos es  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . Pero cuando observamos sus fórmulas desarrolladas observamos que el compuesto del medio y el de la derecha son ramificados.

Como en la definición, comprobamos que poseen igual cantidad de C y H, pero la manera en la cual estos átomos se distribuyen en las tres fórmulas es distinta. Veamos otro ejemplo, en este caso entre un alqueno y un cicloalcano.

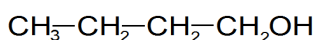


**De posición:** se presenta cuando algún grupo funcional o doble ligadura cambia de posición en la misma cadena carbonada.

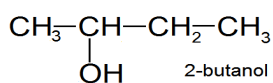
Veamos algunos ejemplos:



Sus fórmulas generales son  $\text{C}_6\text{H}_{12}$



Butanol

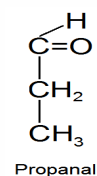


2-butanol

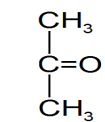
Sus fórmulas generales son  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

**De función:** la presentan dos o más compuestos que poseen igual fórmula molecular pero diferentes funciones químicas en sus fórmulas desarrolladas.

Existen varias posibilidades dentro de las diferentes funciones químicas, nosotros solo veremos el ejemplo entre aldehídos y cetonas.



Propanal



Propanona

### Isomería espacial

Se presenta cuando dos o más sustancias tienen la misma fórmula estructural pero los átomos se disponen en el espacio de modo diferente, es decir que las sustancias presentan diferente configuración espacial.

Los distintos tipos de isomería espacial, serán desarrollados con mayor profundidad en el curso Bioquímica.

**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

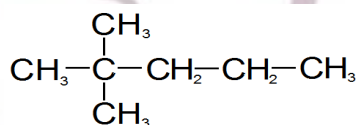


**Ejercitación unidad 3**

1) Completar el siguiente cuadro:

Hidrocarburo	Fórmula	Nombre
	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	
		Buteno
Alqueno		

2) En el siguiente hidrocarburo, indicar los carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios que posea



3) Escribir la fórmula estructural y colocar el nombre del cicloalcano que corresponde a la fórmula C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>.

4) Escribir la fórmula de los siguientes compuestos:

a) 2,3-dimetilhexano

b) 2-metilpropano

c) furano

d) ciclobutano

5) Escribir la fórmula de los siguientes compuestos:

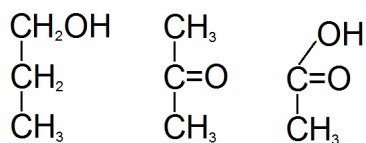
a) hexano

b) ciclopentano

c) benceno

d) pirano

6) Indicar el nombre de los siguientes compuestos, y a qué función oxigenada se refieren:



- 7) Escribir las fórmulas estructurales de los siguientes compuestos, y nombrarlos
- ácido carboxílico de 4 carbonos
  - éster de 5 carbonos
  - alcohol de 4 carbonos
  - aldehído de 2 carbonos
- 8) Escribir las fórmulas de los siguientes compuestos:
- pentanamida
  - butanotiol
  - disulfuro de propilo
  - disulfuro de butilo y etilo
- 9) En los siguientes pares de sustancias, escribir las fórmulas e indicar qué tipo de isomería presentan:
- metanoato de etilo y ácido propanoico
  - ciclobutano y 1-buteno
  - penteno y 2-penteno

### **Bibliografía**

De Biasioli G. A; De Weitz C.S; De Chandías D.O.T (1986). *Química general e Inorgánica*. Ed. Kapelusz. Primera edición y posteriores. Buenos Aires.

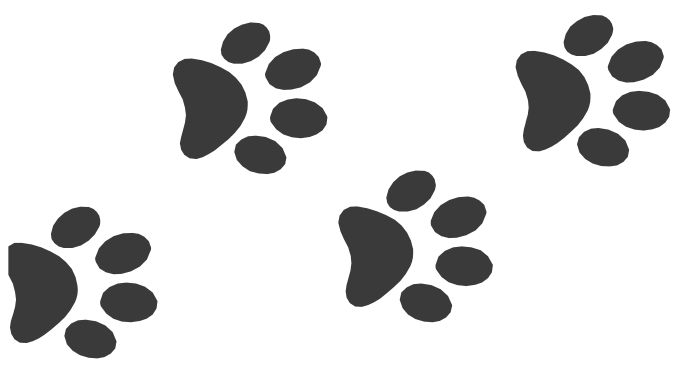
De Biasioli G. A; De Weitz C.S (1987). *Química Orgánica*. Ed. Kapelusz. Segunda edición y posteriores. Buenos Aires.

Timberlake, K. (2011). *Química. Una introducción a la Química General, Orgánica y Biológica*. Madrid, España.



**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



# Biofisica

**FRANJA MORADA**  
**CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES**





Facultad de Ciencias  
**VETERINARIAS**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

CURSO DE INSERCIÓN A LA VIDA  
UNIVERSITARIA.  
MATERIAL DE ESTUDIO PARA EL  
MÓDULO DE BIOFÍSICA.

**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES  
**AÑO 2023**

Material diseñado y recopilado por Docentes de la Cátedra de Biofísica,  
FCV, UNLP.

## CONTENIDOS

- Notación científica.
- Sistema Métrico Decimal.
- Ecuaciones. Ecuaciones algebraicas de primer grado con una incógnita.
- Logaritmos. Logaritmos decimales. Antilogaritmos.
- Principales Magnitudes y Unidades Físicas.



**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



## NOTACIÓN CIENTÍFICA

La Notación Científica nos ayuda a poder expresar de forma más sencilla aquellos números que son demasiado grandes o, por el contrario, demasiado pequeños.

La notación científica consiste en representar un número entero o decimal como potencia de base diez.

$$\begin{aligned} \text{Ej.: } 358000 &= 3,58 \times 10^5 \\ 0,0000358 &= 3,58 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

### REGLA GENERAL:

Siempre se deja una cifra significativa (distinta de cero) antes de la coma, y se multiplica este número por 10, elevado a un exponente igual al número de lugares que se ha corrido la coma. El exponente es positivo si se han corrido hacia la izquierda, y negativo si fue hacia la derecha.

## SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

El Sistema Métrico Decimal es un sistema de unidades en el cual los múltiplos y submúltiplos de una unidad de medida están relacionadas entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10.

El Sistema Métrico Decimal se usa para medir las magnitudes de:

**Longitud:** Distancia entre dos puntos determinados. La unidad fundamental es el metro (m).

La escala de longitudes es kilómetro (Km), hectómetro (Hm), decámetro (Dm), metro (m), decímetro (dm), centímetro (cm), milímetro (mm), micrómetro ( $\mu\text{m}$ ), nanómetro (nm), angstrom ( $\text{\AA}$ ).

**Masa:** Cantidad de materia presente en un cuerpo.

La escala es kilogramo (Kg), hectogramo (Hg), decagramo (Dg), gramo (g), decigramo (dg), centigramo (cg), miligramo (mg), microgramo ( $\mu\text{g}$ ), nanogramo (ng), picogramo (pg).

**Superficie:** La unidad de las medidas de superficie es el metro cuadrado ( $\text{m}^2$ ). Los múltiplos y submúltiplos del  $\text{m}^2$  aumentan y disminuyen de cien en cien y son:

kilómetro cuadrado ( $\text{Km}^2$ ), hectómetro cuadrado ( $\text{Hm}^2$ ), decámetro cuadrado ( $\text{Dm}^2$ ), metro cuadrado ( $\text{m}^2$ ), decímetro cuadrado ( $\text{dm}^2$ ), centímetro cuadrado ( $\text{cm}^2$ ), milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ).

**Volumen:** La unidad de las medidas de volumen es el metro cúbico ( $\text{m}^3$ ). Los múltiplos y submúltiplos del  $\text{m}^3$  aumentan y disminuyen de mil en mil y son:

kilómetro cúbico ( $\text{Km}^3$ ), hectómetro cúbico ( $\text{Hm}^3$ ), decámetro cúbico ( $\text{Dm}^3$ ), metro cúbico ( $\text{m}^3$ ), decímetro cúbico ( $\text{dm}^3$ ), centímetro cúbico ( $\text{cm}^3$ ), milímetro cúbico ( $\text{mm}^3$ ).

**Capacidad:** La unidad de las medidas de capacidad es el litro. Los múltiplos y submúltiplos del litro aumentan y disminuyen de diez en diez y son:

kilolitro (Kl), hectolitro (Hl), decalitro (Dl), litro (l), decilitro (dl), centilitro (cl), mililitro (ml), microlitro ( $\mu\text{l}$ ).

**Tiempo:** intervalo transcurrido entre dos hechos sucesivos.

1 semana = 7 días, 1 día = 24 horas, 1 hora = 60 minutos, 1 minuto = 60 segundos.

### Factores de conversión:

$$1\text{Å} = 10^{-8} \text{ cm}$$

$$1\text{Å}^2 = 10^{-16} \text{ cm}^2$$

$$1\text{Å}^3 = 10^{-24} \text{ cm}^3$$

$$1\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1\mu\text{m}^2 = 10^{-12} \text{ m}^2$$

$$1\mu\text{m}^3 = 10^{-18} \text{ m}^3$$

$$1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1\text{nm}^2 = 10^{-18} \text{ m}^2$$

$$1\text{nm}^3 = 10^{-27} \text{ m}^3$$

Otros factores de conversión:

$$1\text{Kg} = 1000 \text{ g}$$

$$1\text{litro} = 1000 \text{ ml}$$

$$1\text{g} = 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$1\text{ml} = 10^{-3} \text{ l}$$

$$1\text{g} = 1000 \text{ mg}$$

$$1\mu\text{l} = 10^{-6} \text{ l}$$

$$1\mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$$

Relación entre unidades de capacidad y volumen:

$$1\text{kl} = 1\text{m}^3 \quad 1\text{litro} = 1\text{dm}^3 \quad 1\text{ml} = 1\text{cm}^3$$

### ECUACIONES

Expresiones algebraicas: Se llama expresión algebraica a una combinación de letras y/o números, vinculados entre sí por las operaciones de suma, resta, producto, cociente, potencia e índice radical.

$$\text{Ej.: } 4a^2b - 2b + 8\sqrt{c}$$

Ecuación algebraica: Se llama así a la **igualdad** entre dos expresiones algebraicas, que solo se verifica para determinados valores de algunas de sus letras, llamadas incógnitas. Los valores de las incógnitas que satisfacen la ecuación se llaman raíces de la ecuación.

$$\text{Ej.: } 3x - 2 = 4 \Rightarrow \text{ecuación con raíz } x = 2$$

*Las normas a seguir para resolver este tipo de ecuaciones son las siguientes:*

a) Todo término que se encuentra en un miembro multiplicando pasará al otro miembro dividiendo.

$$\text{Ej.: } a = b \cdot x \Rightarrow a / b = x$$

b) Todo término que se encuentra en un miembro dividiendo pasará al otro miembro multiplicando.

$$\text{Ej.: } x / b = a \Rightarrow x = a \cdot b$$

c) Todo término que se encuentra en un miembro sumando pasará al otro miembro restando.

$$\text{Ej.: } x + a = b \Rightarrow x = b - a$$

d) Todo término que se encuentra en un miembro restando pasará al otro miembro sumando.

$$\text{Ej.: } x - a = b \quad \Rightarrow \quad x = b + a$$

e) En primer lugar, deben pasar los términos que estén multiplicando o dividiendo.

f) En el caso de encontrarse una operación de suma o resta dentro de un paréntesis en uno de los miembros, puede resolverse o bien, puede pasarse el total del paréntesis al otro miembro.

$$\text{Ej.: } (a + b) x = c \quad \Rightarrow \quad x = \frac{c}{(a+b)}$$

*Recordar la regla de los signos:*

$$\begin{array}{l} + \cdot + = + \quad + / + = + \\ + \cdot - = - \quad + / - = - \\ - \cdot - = + \quad - / - = + \end{array}$$

### **ECUACIONES ALGEBRAICAS DE PRIMER GRADO CON UNA INCÓGNITA**

Las ecuaciones algebraicas enteras pueden clasificarse según su grado. El grado está dado por el mayor exponente al que está elevada la incógnita.

Ej.:

$$5x - 3 = 2x \quad \Rightarrow \quad \text{es una ecuación de primer grado}$$

$$3x^2 - 8x = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{es una ecuación de segundo grado}$$

Toda ecuación de primer grado con una incógnita, si tiene solución, ésta es única.

Para resolver una ecuación de este tipo, hay que reducirla (mediante pasaje de términos) a una expresión de la forma:

$$ax + b = 0$$

Si  $a \neq 0$  la raíz de la ecuación es  $x = -b/a$ .

Si  $a = 0$  y  $b \neq 0$  la ecuación no tiene solución.

Si  $a = b = 0$ , la ecuación es una identidad que se satisface para cualquier valor de  $x$ .

Ejemplos:

1) Resolver la ecuación:  $7x - 3 = 21x - 9$

Podemos hacer:

$$7x - 3 - 21x = -9$$

$$7x - 21x = -9 + 3 \quad \Rightarrow \quad -14x = -6 \quad \Rightarrow \quad x = 3/7$$

2) Resolver

$$2/5 x - 1 = 1/4 x + 2$$

$$2/5 x - 1/4 x = 2 + 1$$

$$\frac{8x - 5x}{20} = 3$$

$$20$$

$$3x/20 = 3 \quad \Rightarrow \quad 3x = 20 \cdot 3 \quad \Rightarrow \quad x = 20$$

### ***Observación:***

Es importante verificar las soluciones que se obtengan para cada ecuación. Por ejemplo, para la ecuación (1):

$$\begin{aligned} 7 \cdot 3/7 - 3 &= 21 \cdot 3/7 - 9 \\ 3 - 3 &= 9 - 9 \Rightarrow 0 = 0 \end{aligned}$$

### **LOGARITMOS**

Se llama logaritmo en base B de un número A a otro número n, tal que, B elevado a la n es igual a A, es decir:

$$\log_B A = n \Rightarrow B^n = A$$

### **LOGARITMOS DECIMALES**

1) Se llaman logaritmos decimales a los logaritmos en base 10. Se expresan como logX.

$$\text{Ej.: } \log_{10} X \Rightarrow \log X$$

De acuerdo con la definición, el logaritmo de la unidad seguida de ceros es directamente el número de ceros.

$$\begin{aligned} \text{Ej.: } \log 1 &= 0 \Rightarrow 10^0 = 1 \\ \log 10 &= 1 \Rightarrow 10^1 = 10 \\ \log 100 &= 2 \Rightarrow 10^2 = 100 \end{aligned}$$

Los números positivos menores que uno (1) tienen logaritmos negativos. Estos son números enteros cuando se trata de la unidad precedida de ceros.

$$\begin{aligned} \text{Ej.: } \log 0,1 &= -1 \Rightarrow 10^{-1} = 0,1 \\ \log 0,01 &= -2 \Rightarrow 10^{-2} = 0,01 \end{aligned}$$

Son irracionales cuando se trata de otros decimales como, por ejemplo:

$$\log 0,02 = -1,6989\dots$$

### **ANTILOGARITMOS**

Es la función inversa de los logaritmos. Un antilogaritmo en base 10 de un determinado número significa elevar a 10, ese número que se usa como exponente.

$$\text{Ej : antilog } 0,07232 = 10^{\text{Exp } 0,0723} = 1,18$$

(Para calcularlo se coloca shift log 0,0723 = 1,18)

### **PRINCIPALES MAGNITUDES Y UNIDADES FÍSICAS**

-Utilizamos tres sistemas de unidades: cgs (cegesimal), cuyas unidades principales son centímetro, gramo y segundo; MKS, cuyas unidades principales son el metro, el kilogramo y el segundo y el SI (sistema internacional de unidades) con las mismas unidades principales que el MKS.

### Magnitudes:

**Velocidad:** Es el cociente entre la distancia o desplazamiento recorrido por un móvil y el tiempo empleado en recorrerlo.

$$\vec{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

**Aceleración:** Cambio de velocidad por unidad de tiempo.

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

**Fuerza:** Empuje o arrastre que actúa sobre un cuerpo modificando su movimiento.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

**Peso:** Es la fuerza con que son atraídos los objetos por acción de la gravedad.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

**Trabajo:** Es el producto del desplazamiento de un cuerpo por la componente de la fuerza en dirección del desplazamiento.

$$\vec{W} = \vec{F} \cdot d$$

### Tabla de unidades

	cgs	MKS	SI
Masa	<i>g</i>	<i>Kg</i>	<i>Kg</i>
Tiempo	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>s</i>
Longitud	<i>cm</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
Superficie	<i>cm<sup>2</sup></i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>m<sup>2</sup></i>
Volumen	<i>cm<sup>3</sup></i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>m<sup>3</sup></i>
Velocidad: $\vec{v} = \frac{d}{t}$	$\frac{cm}{s} = cm \cdot s^{-1}$	$\frac{m}{s} = m \cdot s^{-1}$	$\frac{m}{s} = m \cdot s^{-1}$
Aceleración: $\vec{a} = \frac{v}{t}$	$\frac{cm}{s^2} = cm \cdot s^{-2}$	$\frac{m}{s^2} = m \cdot s^{-2}$	$\frac{m}{s^2} = m \cdot s^{-2}$
Fuerza: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$\frac{g \cdot cm}{s^2} = dina$	$\frac{Kg \cdot m}{s^2} = New$	$\frac{Kg \cdot m}{s^2} = New$
Trabajo: $\vec{W} = \vec{F} \cdot d$	$\frac{g \cdot cm^2}{s^2} = dina \cdot cm$ <i>= ergio</i>	$\frac{Kg \cdot m^2}{s^2} = New \cdot m$ <i>= Joule</i>	$\frac{Kg \cdot m^2}{s^2} = New \cdot m$ <i>= Joule</i>
Peso: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$	$\frac{g \cdot cm}{s^2} = dina$	$\frac{Kg \cdot m}{s^2} = New$	$\frac{Kg \cdot m}{s^2} = New$

### Relación entre unidades de masa y volumen:

1 dm<sup>3</sup> de agua destilada a 4 °C de temperatura, a 45° de latitud y a la presión normal (1 atmósfera), tiene una masa de 1 Kg.

Volumen:	1m <sup>3</sup>	1dm <sup>3</sup>	1cm <sup>3</sup>
	⇕	⇕	⇕
Masa:	1tn	1Kg	1g

Observar que **no** se puede decir que 1 dm<sup>3</sup> de cualquier sustancia es igual a 1 Kg porque son magnitudes distintas. Se debe decir que 1 dm<sup>3</sup> de agua destilada en las condiciones anteriormente establecidas tiene una masa de 1 Kg.

### Ejercicios de aplicación

- 1) Si la sangre de caballo contiene  $7 \cdot 10^6$  glóbulos rojos por mm<sup>3</sup> ¿qué cantidad de glóbulos rojos (expresado en notación científica) circulan en 40 litros de sangre (volumen sanguíneo del caballo)?

$$1 \text{ mm}^3 \text{ ----- } 7 \cdot 10^6 \text{ glóbulos rojos} \quad 40 \text{ litros} = 40 \text{ dm}^3 = 40 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$40 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \text{ ----- } x = 2,8 \cdot 10^{14} \text{ glóbulos rojos}$$

**Rta.:** 40 litros de sangre de caballo contienen  $2,8 \cdot 10^{14}$  glóbulos rojos.

- 2) Calcular el peso de un perro de 8,5 Kg masa, en la tierra (a) y en la luna (b) (gravedad en la luna=  $164 \text{ cm/s}^2$ ). Expresar el resultado en: cgs; MKS y SI.

a)  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$

$$\vec{P} = 8,5 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = \boxed{83,3 \text{ N (MKS/SI)}}$$

b)  $\vec{P} = 8,5 \text{ Kg} \cdot 1,64 \text{ m/s}^2 = \boxed{13,94 \text{ N (MKS/SI)}}$

Para pasar al cgs:

$$1 \text{ N} \text{ ----- } 10^5 \text{ dinas}$$

$$83,3 \text{ N} \text{ ----- } x = 83,3 \cdot 10^5 \text{ dinas (cgs)}$$

$$1 \text{ N} \text{ ----- } 10^5 \text{ dinas}$$

$$13,94 \text{ N} \text{ ----- } x = 13,94 \cdot 10^5 \text{ dinas (cgs)}$$





Facultad de Ciencias  
**VETERINARIAS**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

MODULO DE INSERCIÓN A LA VIDA  
UNIVERSITARIA.  
GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS  
DE BIOFISICA.

**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

**AÑO 2023**

## EJERCITACIÓN:

### 1. Actividad 1

#### 1.1 Expresar en NOTACIÓN CIENTÍFICA

- 1)  $0,03 =$
- 2)  $0,0385 =$
- 3)  $5,8 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-2} =$
- 4)  $563 \cdot 10^{-2} =$
- 5)  $4839 \cdot 10^{-4} =$
- 6) una millonésima =
- 7) un millón =
- 8) diez mil =
- 9) una centésima =
- 10)  $2,6 \cdot 10^{-11} / 4 \cdot 10^{-7} =$

#### Marcar con una X la/s opción/es correcta/s:

- 11) Se le realiza un análisis de sangre a un canino y se observa que presenta 6356 glóbulos blancos/mm<sup>3</sup> de sangre. Este valor expresado en notación científica será:
  - a)  $63,56 \cdot 10^{-3}$  glóbulos blancos/mm<sup>3</sup>
  - b)  $6,356 \cdot 10^3$  glóbulos blancos/mm<sup>3</sup>
  - c)  $0,6356 \cdot 10^5$  glóbulos blancos/mm<sup>3</sup>
  - d)  $635,6 \cdot 10^{-1}$  glóbulos blancos/mm<sup>3</sup>
- 12) La cantidad de yodo/Kg/día que requiere un canino es de 0,0033 mg. Este valor expresado en notación científica es:
  - a)  $3,3 \cdot 10^{-3}$  mg
  - b)  $3,3 \cdot 10^{-2}$  mg
  - c)  $33 \cdot 10^2$  mg
  - d)  $3,3 \cdot 10^2$  mg

#### 1.2 ECUACIONES DE PRIMER GRADO.

##### Calcular el valor de X

- 1)  $\frac{1/3 \cdot 10^{-2}}{X} = \frac{10^4 \cdot 10^3}{1/4 \cdot 10^{-2}}$
- 2)  $\frac{X \cdot 2 \cdot 3}{6 \cdot 9} = \frac{2/4 \cdot 1/3 \cdot 10^2}{5 \cdot 1/5 \cdot 10^0}$
- 3)  $\frac{X}{3} - \frac{X}{5} + \frac{2X}{15} = -3 + 7$
- 4)  $\frac{X}{8} - 5 = \frac{1}{8} - \frac{1}{3} X$
- 5)  $(X - 3) \cdot 2 = (X - 5) \cdot 3$

6)  $\frac{1}{2X} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{5}$

7) Las  $\frac{2}{5}$  partes de un número, más 5 es igual a la mitad de dicho número ¿De qué número se trata?

8) La siguiente fórmula se conoce como la expresión de la Ecuación general de los gases ideales:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ; sabiendo que la Presión del gas (P) es de 0,03 atm; su volumen (V) de 0,224 litros; la constante universal de los gases (R), de 0,082 litros atm/°K mol y la temperatura absoluta a la que se encuentra el gas (T), de 311 °K. Despejar la ecuación de modo de poder hallar el número de moles del mismo (n).

9) Supongamos que la cantidad de una cierta droga X suministrada a un animal durante un tratamiento de 15 días es de 750 mg en total. Se desea conocer qué cantidad diaria le fue suministrada.

10) En un establecimiento de 100 animales se administra una cierta droga X en cantidad total de 50 g; si el establecimiento fuera de 40 animales, ¿cuántos g de igual droga se necesitarán?

11) La siguiente fórmula se conoce como la expresión de la Ley de Poiseuille, utilizada para conocer el caudal de líquidos que pasan a través de un vaso:

$$C = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot p}{8 \cdot l \cdot \eta}$$

donde C es el caudal;  $\pi$  y 8 son constantes; r es el radio del vaso; p es la presión ejercida en los extremos del vaso; l es la longitud y  $\eta$  es la viscosidad dinámica del líquido. Despejar la ecuación de modo de poder hallar  $\eta$ .

**Marcar con una X la/s opción/es correcta/s:**

12) Para sedar al ganado bovino durante el transporte, se acostumbra a inyectarles xilazina en dosis de 0,30 ml/100 Kg. Si el frasco de presentación contiene 60 ml, la cantidad de animales con una masa promedio de 400 Kg que se pueden tratar es:

- a) 50 animales
- b) 5 animales
- c) 100 animales
- d) 200 animales

**2. Actividad 2**

**2.1 LOGARITMOS**

**Calcular los siguientes logaritmos:**

1)  $\log 10 =$

2)  $\log 100 =$

3)  $\log 0,1 =$

4)  $\log 0,00001 =$

5)  $\log 1 \cdot 10^{-5} =$

6)  $\log 1,6 \cdot 10^{-8} =$

7)  $\log 1,25 \cdot 10^{-1} =$

8)  $\log 1,18 \cdot 10^{-4} =$

**Marcar con una X la/s opción/es correcta/s:**

9) La fórmula de pH de una solución se expresa como:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Sabiendo que  $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7}\text{M}$ , su pH es igual a:

- a) 7,5
- b) 7
- c) 6
- d) -7

10) La fórmula de pOH de una solución se expresa como:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

Sabiendo que  $[\text{OH}^-] = 10^{-4}\text{M}$ , su pOH es igual a:

- a) 4
- b) -4
- c) 5
- d) 4,5

11) A partir de la siguiente fórmula:  $\text{pKa} = -\log [\text{Ka}]$

Sabiendo que  $\text{Ka}$  del ácido láctico es  $1,74 \cdot 10^{-4}$ , su pKa es:

- a) -3,75
- b) 1,74
- c) 3,75
- d) 2,40

12) Teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{sal}]/[\text{ácido}]$$

Si  $\text{pKa}$  es = 3,75;  $[\text{sal}] = 0,006\text{M}$  y  $[\text{ácido}] = 0,09\text{M}$ ; el pH de la solución es:

- a) -1,17
- b) 2,58
- c) 0,06
- d) 4,92

**2.2 ANTILOGARITMOS**

**Determinar X a partir del valor de su logaritmo (aplicar antilog.):**

1)  $\log X = 1$

2)  $\log X = 2$

- 3)  $\log X = 3$
- 4)  $\log X = 8$
- 5)  $\log X = 5$
- 6)  $\log X = 3,35$
- 7)  $\log X = -1$
- 8)  $\log X = -2,23$
- 9) Aplicando la fórmula de pH; si el pH de una solución es 12; cuál será  $[H^+]$ .
- 10) Aplicando la fórmula de pOH; si el pOH de una solución es 6; cuál será  $[OH^-]$ .
- 11) Aplicando la fórmula de pH; si el pH de una solución es 2,6; cuál será  $[H^+]$ .
- 12) Aplicando la fórmula de pOH; si el pOH de una solución es 10,3; cuál será  $[OH^-]$ .

### **3. Actividad 3**

#### **SISTEMA MÉTRICO DECIMAL**

##### **Resolver:**

- 1) Si la longitud de onda de una radiación es de 520 nm
  - a) A cuántas  $m\mu$  corresponde dicha longitud de onda.
  - b) A cuántos  $\text{Å}$  corresponde dicha longitud de onda.
  - c) A cuántas  $\mu m$  corresponde dicha longitud de onda
- 2) La velocidad de la luz es de 300000 Km/s. Expresar en a) cm/s, b) Km/h, c) m/min, d) m/s.
- 3) Si la presión atmosférica es de 760 mm Hg. Expresar este resultado en: a) cm Hg y b) dm Hg.
- 4) Calcular la longitud de un virus en A,  $m\mu$  y  $\mu m$ , si la misma es de 180 nm.
- 5) Una solución de vitamina contiene 5 mg de la misma en 50 ml de solución. Cuántos  $\mu g$  y mg de vitamina hay en 1 ml de solución.

##### **Marcar con una X la/s opción/es correcta/s:**

- 6) Si la cantidad de yodo/Kg/día que requiere un canino es de 0,033 mg. Este valor expresado en  $\mu g$  es:
  - a) 0,33  $\mu g$
  - b) 3,3  $\mu g$
  - c) 33  $\mu g$
  - d) 0,033  $\mu g$

7) Si la frecuencia cardíaca de un equino normalmente es de 35 lat/min, al cabo de una hora, la cantidad de latidos será de:

- a) 0,58 lat
- b) 2100 lat
- c) 210 lat
- d) 70 lat

8) La dosis de un antiparasitario para caninos de administración por vía oral es de 50 mg/Kg. Si el perro a dosificar tiene una masa de 29,50 Kg, los g que se le deben suministrar son:

- a) 1475 g
- b) 1,475 g
- c) 14,75 g
- d) 50 g

9) Un caballo de carrera va a una velocidad de 16,66 m/s. Cuando falten 500 m para llegar al disco, el tiempo que emplee en llegar será de:

- a) 300 s
- b) 0,033 s
- c) 30 s
- d) 8330 s

10) Si el radio de una plaqueta sanguínea es de 1,5  $\mu\text{m}$ ; la superficie de la misma en  $\text{nm}^2$ , sabiendo que tiene forma circular será:

- a) 7065  $\text{nm}^2$
- b) 7065000  $\text{nm}^2$
- c) 4710000  $\text{nm}^2$
- d) 4710  $\text{nm}^2$

11) Se le realiza un análisis de sangre a un canino y se observa que presenta 405000 plaquetas/ $\mu\text{l}$  de sangre. Si se quiere expresar en plaquetas/ml de sangre. El valor será:

- a)  $4,05 \cdot 10^5$  plaquetas/ml
- b)  $4,05 \cdot 10^8$  plaquetas/ml
- c)  $4,05 \cdot 10^{-8}$  plaquetas/ml
- d)  $40,5 \cdot 10^2$  plaquetas/ml

12) Si la sangre tarda 2,5 segundos en atravesar un capilar de 1 mm de longitud, calcular la velocidad de la sangre en: a) mm/s; b) m/s; c) cm/s; d) m/min

#### **4. Actividad 4**

#### **MAGNITUDES Y UNIDADES FISICAS.**

#### **Resolver:**

1) Calcular el volumen de una célula de *Escherichia coli* si tiene forma de cilindro de 2  $\mu\text{m}$  de longitud y 1  $\mu\text{m}$  de diámetro (volumen de un cilindro =  $\pi \cdot r^2 \cdot l$ ).

Expresar los resultados en:

- a)  $\mu\text{m}^3$ ; b)  $\text{mm}^3$ ; c)  $\text{nm}^3$ ; d)  $\text{Å}^3$

2) Transformar:

- a)  $3,7 \cdot 10^4$  joule en calorías y en ergios
- b)  $10^{-5}$  Newton en dinas



c) 100 Kcal en ergios y en joule

3) La concentración normal de glóbulos rojos en un hombre es de aproximadamente de  $5 \cdot 10^6$  glóbulos /mm<sup>3</sup>. Expresar dicha concentración en glóbulos/dm<sup>3</sup> y glóbulos/cm<sup>3</sup>.

4) Un objeto de 10000 mg se ha desplazado a 0,087 Hm; siendo  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , calcular el trabajo realizado en ergio y joule.

5) Una rana recorre una distancia de 100 cm saltando durante 30 segundos. Hallar la velocidad con que se desplaza en m/s.

**Marcar con una X la/s opción/es correcta/s:**

6) Si la cantidad de glóbulos blancos de un canino es de 6356 glóbulos blancos/mm<sup>3</sup> de sangre, el valor expresado en glóbulos blancos/ml de sangre será:

a) 6356000 glóbulos blancos/ml

b) 6356 glóbulos blancos/ml

c) 63560 glóbulos blancos/ml

d) 0,006356 glóbulos blancos/ml

7) Para tratar la sarna en bovinos es común administrarles ivermectina en dosis de 1 ml cada 50 Kg de masa. Si la masa del animal es de 300 Kg, los ml de antiparasitario a administrar son:

a) 60 ml

b) 6 ml

c) 0,6 ml

d) 300 ml

8) Un perro para subir a una altura de 120 cm, ejerce una fuerza de 294 N. El trabajo realizado al hacerlo, en unidades del sistema cgs es:

a)  $3528 \cdot 10^9$  ergios

b)  $3,528 \cdot 10^9$  Joules

c)  $3,528 \cdot 10^9$  ergios

d)  $3,528 \cdot 10^4$  Joules

9) Para tratar al ganado bovino contra algunos microorganismos, se acostumbra a darles gentamicina por vía inyectable en dosis de 2 ml/30 Kg/12 hs durante 3 días. Si la masa de un animal es de 150 Kg, los ml de antibiótico totales serán:

a) 60 ml

b) 30 ml

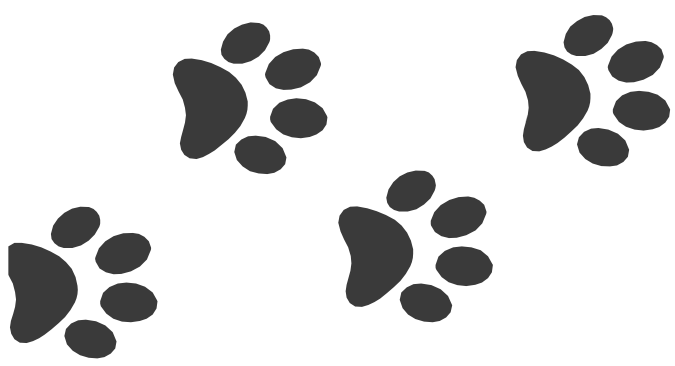
c) 90 ml

d) 180 ml

10) Sobre un cuerpo de 2 Kg de masa, se aplica una fuerza de 56 N; ¿qué aceleración adquiere el cuerpo, en unidades de los sistemas cgs; MKS y SI?

11) ¿A qué altura habrá sido levantado un animal de masa 15 Kg, si el trabajo realizado fue de 5000 J?

12) Si la sangre contiene  $5 \cdot 10^6$  glóbulos rojos por mm<sup>3</sup>; ¿qué cantidad de glóbulos rojos expresados en notación científica, circulan en 60 litros?



# Embriología y anatomía sistemática

**FRANJA MORADA**  
**CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES**





Facultad de Ciencias  
**VETERINARIAS**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



F  
CONDUCC

A  
TUDIANTES

Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad Nacional de La Plata

**Curso de Inserción a la Vida Universitaria**  
**Embriología y Anatomía Sistemática**  
**Actividad 1**

## A- CONTENIDOS

Anatomía y Embriología: concepto y definición. División de la Anatomía. Métodos empleados para el estudio de la anatomía animal.

Anatomía Veterinaria: Breve referencia histórica. Primeros estudios.

Taxonomía del Reino animal: Clases: Peces, Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos

Características de un mamífero tipo: Taxonomía. Cefalización, metamería, simetría bilateral. Estación cuadrúpeda.

El cuerpo animal en el espacio: Concepto de Tridimensión. Planos espaciales y anatómicos.

Nomenclatura anatómica y embriológica veterinaria. Usos.

División sistemática del organismo animal. Aparatos y sistemas orgánicos: Aparato Locomotor, Aparato Digestivo, Aparato Respiratorio, Aparato Urogenital masculino y femenino, Aparato Circulatorio, Sistema Nervioso y Órganos de los Sentidos, Tegumento común y Sistema Endocrino.

## B- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- ✓ Conocer las bases de la taxonomía.
- ✓ Clasificar las especies domesticas de interés según su taxonomía.
- ✓ Conocer los conceptos de cefalización, metamería, simetría bilateral y cuadrúpeda estación para aplicarlos en el estudio anatómico de los mamíferos.
- ✓ Relacionar los planos espaciales y anatómicos con la nomenclatura anatómica.
- ✓ Conocer la división sistemática del organismo animal en los distintos aparatos y sistemas.

## C- BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

DYCE KM, SACK WO, WENSING CJG (2007) Anatomía Veterinaria. Tercera edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN: 970-729-253-9

KÖNIG HE, LIEBICH H-G (2005) Anatomía de los animales domésticos, tomo I y II. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN Obra completa 84-7903-748-2.

EVANS HE, DELAHUNTA A (2002) Disección del perro de Miller (5ª ed.). Ed McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN 970-10-3533-X

## INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA ANIMAL Y NOMENCLATURA ANATÓMICA

### CONCEPTOS GENERALES

#### 1- Anatomía, conceptos y definición, clasificación, tipos, métodos empleados para su estudio

Los crecientes avances tecnológicos ocurridos en el fin del siglo pasado, obligan a la adaptación de los antiguos textos de anatomía clásica a modernos esquemas funcionales de estudio. En la actualidad la especialización dentro de las profesiones y en nuestro caso en el contexto de las ciencias veterinarias, ha incrementado el caudal de conocimientos disponibles, transformando la selección de información, en una tarea sumamente compleja. La anatomía como se ha entendido años atrás ha desaparecido, y ha sido reemplazada por capítulos que preceden a descripciones fisiológicas, semiológicas, quirúrgicas o de otro tipo. Esta tendencia ha determinado que los contenidos anatómicos se profundicen integrados a otras materias de mayor aplicabilidad.

Sin embargo, dos elementos básicos han sido, y son actualmente, aportados exclusivamente por la descripción anatómica: por un lado los conceptos estructurales, de posición, relación e integración espacial de cada uno de los órganos que forman la economía animal; y por otro lado la nomenclatura que aporta el vocabulario científico y permite identificar cada estructura con un nombre particular. *Sin lugar a dudas, el objetivo final de la anatomía es la conceptualización de un organismo animal como un universo, donde en cada punto existe una estructura determinada, con nombre, forma, color, relaciones y funciones propias, que de una u otra forma contribuyen a la gran función común de ese organismo, desarrollar su vida en íntima relación con su medio ambiente.*

El término anatomía derivado del griego *ana* (igual) y *thomos* (partes) designa una de las ciencias morfológicas que forman parte de la Biología (*bios: vida y logos: estudio*). En general, la anatomía estudia la organización de los seres vivos y puede ser dividida en dos grandes ramas: la zootomía o anatomía animal que estudia a los animales y la fitotomía o anatomía vegetal que estudia los vegetales. El procedimiento fundamental para el estudio anatómico es la disección (del latín *dissecare: separar en partes*); de manera que ambos términos, anatomía y disección, expresan la idea de separar o disociar en partes más pequeñas.

A lo largo de la historia, el estudio anatómico de los animales y del hombre ha incorporado diversas técnicas para la conservación del material cadavérico. Métodos tales como la fijación química, la congelación, el empleo de materiales plásticos, el reemplazo de algunas partes orgánicas por otras inertes y los llenados de órganos huecos, vasos, etc. son técnicas de rutina en los laboratorios de anatomía. La observación sistemática y detallada de piezas anatómicas obtenidas por las técnicas mencionadas es el comienzo de la tarea de los anatomistas. La ayuda de distintos tipos de lupas e instrumental apropiado permite arribar a descripciones pormenorizadas de las distintas partes observadas en el nivel de percepción del ojo humano.

En la actualidad, existe una división de las disciplinas que están dedicadas al estudio de la anatomía de los animales y que genéricamente se incluyen dentro de las Ciencias Morfológicas (*morpho: forma y logos: estudio*). La división se realiza tomando en consideración el nivel de observación de las estructuras constitutivas del organismo animal. Los estudios de la organización ultraestructural de las distintas células que forman el cuerpo de los animales, son



incluidos dentro de la Biología Celular, que utiliza entre varios métodos, la microscopía óptica y electrónica como técnicas de observación e investigación. Los tratados sobre la organización de las células en tejidos y órganos pertenecen al campo de la Anatomía Microscópica mientras que la Histología representa una forma más amplia e integrativa de analizar en conjunto los elementos constitutivos, los aspectos funcionales, moleculares y los cambios dinámicos de los distintos componentes tisulares. Ambas disciplinas desarrollan sus estudios e investigaciones utilizando la microscopía óptica con todas sus variantes, como la herramienta básica. Finalmente la división del organismo en sistemas y aparatos constituidos por diferentes órganos, descritos en el nivel de percepción del ojo humano, representa el campo de la Anatomía Macroscópica o simplemente Anatomía. Puede entenderse que la línea que separa estas disciplinas entre sí, es netamente didáctica y no real; consecuentemente el conocimiento del organismo animal atraviesa e integra los tres campos disciplinares citados, pues los mecanismos funcionales actualmente se proponen desde el nivel molecular hasta el orgánico.

La revolución tecnológica del siglo pasado, ha incrementado notablemente los conocimientos sobre la estructura y la ultraestructura orgánica. Sofisticados equipos de microscopía permiten observar los elementos más pequeños que forman la célula y por otro lado, excelentes métodos bioquímicos permiten caracterizar específicamente algunas de las moléculas que forman los distintos organoides celulares. Actualmente y con la metodología apropiada son visibles, las bacterias e incluso los virus, de manera que se ha perfeccionado el diagnóstico de muchas enfermedades por la simple observación del agente causal. Todo este avance justifica el notable crecimiento de las disciplinas destinadas al estudio e investigación de los aspectos moleculares involucrados en la conservación de la salud y en los procesos asociados a las enfermedades.

El estudio anatómico de cada especie puede dividirse en dos fases consecutivas que poseen como punto de separación el momento del nacimiento. Los conceptos que describen la anatomía del individuo durante su desarrollo prenatal o intrauterino (gestación) pertenecen al campo de la Biología del desarrollo y de la Embriología. Si bien, existe la tendencia a superponer el significado de ambas disciplinas, la biología del desarrollo posee un enfoque más holístico y amplio de los procesos que aparecen durante las distintas etapas del desarrollo embrionario y fetal, de manera que se nutre de investigaciones genéticas, moleculares, bioquímicas y muchas otras para describir los procesos que subyacen a los cambios durante la vida uterina. La embriología es una visión más morfológica y secuencial de los cambios durante la vida prenatal y presenta para cada etapa del desarrollo las modificaciones que pueden apreciarse en los sistemas corporales a partir de estudios morfológicos.

La anatomía estudia no sólo la estructura de los seres vivos, sino también las leyes que rigen el patrón organizativo. El conocimiento de las normas que rigen la organización animal permite evaluar analogías y transformaciones de un órgano, un sistema o un aparato en diferentes especies de animales. Es muy frecuente que las investigaciones morfológicas también pueden incluir el análisis y comparación con especies ya desaparecidas que son estudiadas por la Paleontología.

Existen muchos términos que han sido utilizados para designar derivaciones de la anatomía o capítulos dentro de la misma disciplina. Se puede hablar de una Anatomía Normal cuando el estudio se realiza sobre individuos sanos; una Anatomía Patológica cuando consideramos los



organismos que padecen o han muerto por alguna enfermedad; una Anatomía Anormal o Teratología si trabaja sobre individuos que han nacidos con defectos del desarrollo.

Sin embargo, incluir una o varias especies para realizar el estudio de la anatomía macroscópica permite considerar básicamente dos divisiones de la anatomía:

- La *anatomía especial* que se ocupa del estudio de una sola especie, por ejemplo la anatomía humana (Antropotomía) o del equino (Hipotomía).
- La *anatomía comparada* que estudia diferentes especies donde destaca homologías, diferencias o características peculiares.

Tanto la anatomía especial como la comparada se pueden valer del estudio sistemático como del topográfico. La Anatomía Descriptiva, Sistemática u Organográfica descompone el cuerpo animal en aparatos y sistemas y a ambos en órganos. Describe ordenadamente cada uno de ellos en la secuencia morfofuncional en el que se encuentran.

La Anatomía Topográfica o Regional divide el cuerpo animal en regiones (naturales o artificiales) a partir de referencias anatómicas visibles y/o palpables. Luego estudia cada una de esas regiones según planos, comenzando desde superficial hasta las estructuras más profundas. Este tipo de enfoque anatómico dio origen a la anatomía aplicada, ya que está orientada a su utilización inmediata por las ciencias clínicas, la cirugía y la zootecnia. Es frecuente encontrar textos que utilizan términos como anatomía radiológica, ecográfica, endoscópica y otros, que simplemente plantean el conocimiento anatómico de las estructuras a partir del uso de distintas técnicas de visualización.

*En síntesis la Anatomía Veterinaria es una anatomía comparada de los animales domésticos, cuyo principal objetivo es conocer la estructura y la organización de los individuos sanos para aplicar dichos conocimientos en los distintos campos de acción del profesional veterinario.*

## 2- Breve referencia histórica.

### LA ANATOMÍA: PRIMEROS ESTUDIOS

Los primeros estudios anatómicos fueron realizados en animales y en humanos, sin distinción, ya que quienes los practicaban no eran médicos, ni veterinarios, sino estudiosos, pintores, escultores y filósofos. El primer instituto anatómico del que se tiene conocimiento, fue fundado en la ciudad universitaria de Alejandría, en el Antiguo Egipto aproximadamente 300 años a.C. Allí famosos anatomistas como Herophilus de Chalcedón, llamado por algunos el padre de la anatomía científica y Erasistratus de Lulis, líder de una escuela de medicina en Alejandría, fueron quienes disecaron cadáveres de humanos y describieron muchas de sus estructuras.

El anatomista más influyente del mundo antiguo fue Galeno (216-126 a.C.) nacido en Pérgamo (actual Turquía), quien estudió la anatomía en Alejandría y trabajó como médico en Roma. Galeno usó en su mayor parte animales como modelos para sus estudios anatómicos de los seres humanos. Durante varios siglos la influencia de Galeno dominó el ejercicio de la medicina, y es recién en el renacimiento cuando surgen anatomistas como Leonardo Da Vinci, Eustachio, Varolio, Jacques Dubois conocido bajo el nombre latino de Sylvius de quien fue discípulo

Vesalius, Gerolamo Fabrizi D'Acquapendente quien describe las válvulas venosas y es maestro de Harvey.

La anatomía comparada se desarrolla, en su forma moderna, en el siglo XVIII, siendo uno de los más destacados representantes Vicq'd'Azyr. En la primera mitad del siglo XIX tres son los principales representantes en esta rama de la anatomía: Georges Cuvier (1769-1832), Étienne Geoffroy-Saint Hilaire (1772-1844) y Sir Richard Owen (1804-1892). Con Owen la anatomía comparada se convierte en una disciplina morfológica, debido a que este estudioso formula los conceptos fundamentales de homología y de analogía de los órganos. Considera *homólogos* a las aletas de las ballenas, las alas de las aves y los miembros anteriores de los cuadrúpedos; mientras que *análogos* son las alas de los insectos, las de las aves y las de los murciélagos.

En la segunda mitad del siglo XIX la anatomía comparada tuvo un desarrollo brillante como disciplina morfológica representada fundamentalmente por Haeckel y Gegenbaur. Uno de los cambios más importantes en este periodo radica en incorporar y desarrollar un marco teórico propio a partir de las observaciones, de manera que esta disciplina evoluciona del nivel meramente descriptivo.

#### LAS CIENCIAS VETERINARIAS

Se puede afirmar que el estudio de la anatomía de los animales domésticos comienza con la domesticación misma. A partir del mesolítico (8000 a 4500 a.C.) el hombre consigue dar los primeros pasos para domesticar algunos animales silvestres (perros, ovinos, caprinos, bovinos y cerdos) quienes le aportan elementos vitales para su supervivencia. Existen evidencias que sugieren que en este período ya se realizaban cierto tipo de prácticas médicas en animales. Se conoce la existencia de cráneos de ovinos y caprinos con diferentes trepanaciones que datan de esta época.

Sin embargo, recién en el año 1752, aparece una sistematización de las ciencias veterinarias al crearse en relación con la escuela militar de Lyon, Francia, una "*Escuela para el tratamiento de las enfermedades de las bestias*". Esta experiencia se transforma en la primera *Escuela de Veterinaria* y finalmente, el 3 de junio de 1764, por decreto del Consejo de Estado francés se le confiere el título de *Escuela Real de Veterinaria de Lyon*. A partir de esa fecha en diferentes estados y países, se crean nuevas escuelas o facultades de veterinaria.

#### LAS CIENCIAS VETERINARIA EN LA ARGENTINA

En nuestro país, la historia del desarrollo tanto del sistema científico como educativo relacionado con las ciencias veterinarias se puede ubicar en el fin del siglo XIX y las primeras décadas del XX. El progreso de los estudios referidos a animales domésticos incluye dos etapas: la primera de ellas se extiende desde la década de 1860 hasta la del 1900 y se caracteriza por el impulso de los sectores productivos para acceder a nuevos conocimientos agronómicos y veterinarios. Los productores agropecuarios proponen e impulsan una primera organización de la enseñanza agrícola y veterinaria que permita aumentar la productividad. La segunda etapa se ubica en las primeras décadas del siglo XX, momento en que se produce la creación de los primeros institutos nacionales de Agronomía y Veterinaria en el seno del sistema universitario argentino.

La Sociedad Rural Argentina gestiona desde la década de 1860 la creación de servicios estatales de asistencia veterinaria y agronómica para los productores. Este esfuerzo culmina con la creación de la *Escuela práctica de Agricultura* en el año 1872 que funcionaba en los terrenos conocidos como Santa Catalina, en Lomas de Zamora. Paralelamente, la instalación de los frigoríficos y la extensión de las vías férreas profundizaron los cambios productivos en la economía pampeana, al permitir en pocos años transformar esa región en una de las principales productoras de cereales y carnes para el mercado internacional. La exportación de carnes necesitaba de veterinarios para la inspección y fiscalización de productos de origen animal. Sin embargo, importar profesionales implicaba una gran inversión para los estancieros de manera que la Sociedad Rural en 1881, solicita a las autoridades bonaerenses la creación de una cátedra de veterinaria dentro de la Escuela práctica de Agricultura de Santa Catalina. Atendiendo el pedido, la Legislatura de la provincia de Buenos Aires sanciona el 13 de septiembre de 1881 la Ley 1.424 que disponía la creación de una *Casa de Monta y Escuela de Veterinaria*.

En agosto de 1882 ya se contaba con cuatro profesores belgas contratados y un profesor francés para inaugurar la Escuela. De esta forma, el 6 de agosto de 1883 (día en que se conmemoran en nuestro país los estudios veterinarios) la *Escuela de Agronomía y Veterinaria y Haras de la Provincia de Buenos Aires* abre sus puertas. Tiempo después la Escuela pasó a llamarse *Instituto Agronómico Veterinario de Santa Catalina* hasta 1889 y posteriormente se transforma en la *Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Ciudad de La Plata* en el año 1890.

En ambos institutos se editaron publicaciones de divulgación de los estudios científicos realizados que fueron la base para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades infecciosas, parasitosis internas y externas que atacaban el ganado. De la misma forma, se establecieron las bases científicas para la reglamentación sobre profilaxis y sanidad del comercio de los productos animales destinados a la exportación.

Para promover la investigación científica y formar los planteles de ingenieros agrónomos y veterinarios que dirigieran los laboratorios y oficinas ministeriales, se incorporó en 1905 la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la ciudad de La Plata a la recién creada Universidad Nacional de La Plata. Mientras tanto, en la Capital Federal y como dependencia ministerial se funda el Instituto Superior de Agronomía y Veterinaria que se incorpora en el año 1909 a la Universidad de Buenos Aires.

#### LA ANATOMÍA EN LA FACULTAD DE VETERINARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Durante la segunda década del siglo XX en el Instituto de Anatomía de la Facultad de Ciencias Veterinarias se realizan los primeros pasos para la creación de un museo de anatomía veterinaria, bajo la dirección del Dr. Víctor Manuel Arroyo, primer profesor por concurso de las dos asignaturas que se dictaban entonces, Anatomía Descriptiva y Topográfica (Equino) y Anatomía Comparada. A partir del empleo de sus métodos, la enseñanza de sus disecciones y el impulso que le otorgó a la anatomía, se gestaron las piezas anatómicas que nutren el museo que hoy lleva su nombre.

En el presente, el sistema elegido para el estudio de la anatomía y la embriología de los animales domésticos se refleja en dos cursos anuales del plan actual. *El curso de EMBRIOLOGÍA Y ANATOMÍA*

*SISTEMÁTICA aborda los contenidos generales del desarrollo embrionario tardío y analiza el desarrollo de cada uno de los sistemas orgánicos. En este curso también se trabaja sobre la estructura anatómica de un mamífero tipo y se presenta el estudio en forma sistemática de los órganos agrupados en aparatos y sistemas. Por último el curso de ANATOMÍA VETERINARIA describe en detalle los aspectos anatómicos de los órganos de los animales de deporte, compañía y producción, además desarrolla el estudio en forma sistemática y topográfica para facilitar la articulación de los conocimientos con los cursos aplicados.*

### 3- Taxonomía del Reino Animal: Clases: Peces, Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos

Aristóteles dividió los animales de las plantas, pero no realizó ningún estudio sistemático detallado, por lo tanto, es recién a partir del trabajo del sueco Carl von Linneo (1707-1778) que comienza una clasificación animal reconocida por la comunidad científica. Este naturalista propuso un ordenamiento jerárquico de los organismos vivos, identificando especies animales y agrupándolas en familias, órdenes, clases y tipos. Ideó el sistema binomial de nomenclatura actualmente vigente, que consiste en establecer el nombre científico en latín, compuesto por el nombre del género primero y un adjetivo modificador después, por ejemplo para el ovino: *Ovis* (género)*aries*(especie).

La palabra *taxonomía* deriva de los vocablos griegos, *taxón* o *taxis* (*orden, ordenamiento*) y *nomos* (*ley, norma*). Un taxón es una unidad taxonómica de cualquier categoría o lo que es lo mismo, un taxón es un grupo de organismos con características comunes. En este amplio y discutido campo, el primer concepto que debe definirse claramente corresponde a “*especie biológica o sexual*”. Para el Código Internacional de Nomenclatura una *especie* (*categoría taxonómica básica*) es una población de individuos, geográficamente aislados, que tienen el potencial para cruzarse entre ellos y producir descendencia fértil.

Charles Darwin demostró que la evolución va acompañada de un proceso de divergencia, de manera, que dadas dos especies animales diferentes, estas derivan de un antepasado común más o menos remoto en el tiempo. A partir de este principio la taxonomía define *clado* como *un conjunto de especies con un antepasado común*. Los árboles filogenéticos resumen lo que se sabe de la historia evolutiva de una especie y es correcto llamar clados a cada una de las ramas. De manera que el ideal de la clasificación biológica es agrupar todas las especies por su grado de parentesco, poniendo más cerca las que tienen un antepasado común más próximo. El estudio del parentesco o análisis filogenético, se realiza actualmente con herramientas muy eficaces, como la comparación directa de secuencias genéticas.

Los criterios para clasificar a los animales han cambiado en los últimos años debido al avance de la ciencia y la tecnología. Los estudiosos de la taxonomía o sistemática, es decir aquellos que se dedican a clasificar cada individuo en un taxón, mantienen importantes discrepancias sobre los criterios de clasificación, por esta razón, existen numerosos tipos de clasificaciones taxonómicas. Para enriquecer aún más la discusión sobre los criterios taxonómicos, en los últimos años se incorpora el criterio genético que permite clasificar las especies según las características del genoma.

Basados en estudios de organización celular, complejidad estructural de los organismos y modo



de nutrición, la mayoría de los biólogos actuales reconocen todos los organismos vivos agrupados en seis reinos: *Archaea*, *Bacteria*, *Protistos*, *Fungi* (Hongos), *Plantae* (Plantas) y *Animalia* (Animales). Los individuos pertenecientes al *reino animal* se caracterizan porque son heterótrofos multicelulares eucariotas, que dependen directa o indirectamente de organismos autótrofos para alimentarse. Sus células carecen de paredes celulares y se unen por desmosomas. Desarrollan como soporte un esqueleto interno o externo. Se caracterizan por su movilidad y el movimiento se realiza por medio de fibras contráctiles.

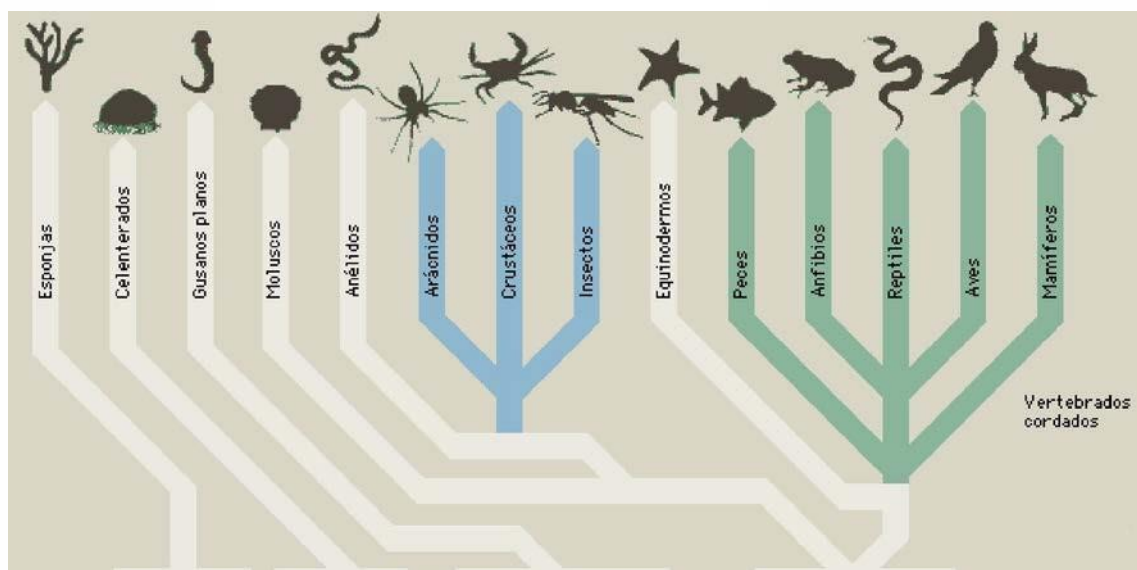


Figura 1. Un esquema que sintetiza algunos de los principales ordenes de animales. Los vertebrados se diferencia como distintos grupos (clases) que provienen de un tronco común.

Los animales más complejos poseen tejidos especializados que constituyen, entre otros, un sistema sensorial. Aunque la reproducción sexual constituye la principal forma de reproducción, algunos animales son capaces de pasar por una reproducción asexual. Son organismos diploides y producen gametos haploides a través de una meiosis de tipo gamética. La fecundación es externa o interna. Sus tamaños son variados, desde microscópicos hasta animales de grandes dimensiones. Pasan por distintos estadios durante su desarrollo. Habitan ambientes muy diversos, desde profundidades marinas, pasando por todos los ambientes terrestres y llegando al aéreo. Hasta hace algunos años, se dividía el tipo chordata (poseen notocorda) en dos grandes subtipos: **vertebrata** e **invertebrata**, tomando como criterio la presencia del eje vertebral. Sin embargo, debido a que no todos los invertebrados tienen un antecesor común reciente, esta clasificación carece de un criterio evolutivo y ha dejado de usarse.

En la actualidad, para clasificar los animales se utilizan varios criterios que intentan agruparlos según las relaciones evolutivas. Entre estos criterios se utiliza: *el patrón de desarrollo desde el óvulo fecundado hasta el animal adulto*; *la cantidad de capas de tejido en que se organizan las células*; *el plan básico del cuerpo y la disposición de sus partes*; *la presencia o ausencia de cavidades corporales*; y *otros elementos utilizados como índice de complejidad corporal*. Los individuos del reino animal se agrupan en varios subreinos, el de nuestro interés es el subreino eumetazoa caracterizado por animales con distintos tejidos, órganos y sistemas de órganos.

Dentro de los eumetazoos se encuentra los *cordados (tipo chordata)* que posee varios subtipos. El *subtipo vertebrata* incluye todos los animales de interés para las ciencias veterinarias (Figura 1). Los vertebrados representan el grupo de animales más grande y mejor conocido, se caracterizan por poseer tres capas germinales embrionarias, cuerpo con simetría bilateral, segmentado y con celoma desarrollado. La mayoría de los grupos presenta una columna vertebral o espina dorsal con función estructural, aunque las formas más primitivas carecen de vértebras. La columna vertebral es generalmente ósea y se desarrolla alrededor de la notocorda. Además poseen un cráneo que aloja y protege el encéfalo. El tegumento está formado por una epidermis externa derivada del ectodermo y una dermis formada por tejido conectivo y derivada del mesodermo. El tejido muscular estriado se agrupa para formar diversos músculos esqueléticos que le permiten desarrollar una amplia gama de movimientos. El sistema digestivo es completo, formado a partir del intestino embrionario y con la presencia de glándulas anexas como el hígado y el páncreas. El sistema circulatorio es cerrado y posee un corazón compuesto de dos a cuatro cámaras. El sistema excretor está compuesto por un par de riñones. En general los vertebrados son animales de sexos separados.

Los *vertebrados* se clasifican en diferentes *clases taxonómicas* las cuales se describen brevemente a continuación:

**A) Peces.** Se define como peces a todos los vertebrados que no son tetrápodos y no es correcto considerarlos como una clase taxonómica única. En realidad representan un grupo taxonómico parafilético (semejante a un phylum taxonómico). Los peces se dividen en tres grandes clases o superclases y son animales con un cuerpo fusiforme adaptados a la vida acuática. Poseen un esqueleto cartilaginoso u óseo y la piel libre (desnuda) o con escamas. Son poiquiloterms y el sistema circulatorio se caracteriza por la presencia de un corazón con cuatro cámaras comunicadas una con otra, en hilera o secuencia lineal. La boca forma una cavidad bucofaríngea comunicada con un conjunto de branquias que comunican con el exterior, de manera que obtienen el oxígeno disuelto del agua (respiración branquial). El sentido del olfato es el más desarrollado, sin embargo, también poseen un sistema de receptores cutáneos que le permiten recibir estímulos de salinidad, presión hidrostática, vibraciones y temperatura del agua. Son animales con sexos separados, de fecundación externa o interna y pueden ser ovíparos o vivíparos. *Existen varias especies de interés veterinario que se utilizan preferentemente para la producción de carne.*

**B) Anfibios:** son animales poiquiloterms, con esqueleto óseo y piel cubierta de glándulas mucosas. Se encuentran adaptados a lugares que les permitan desarrollar parte de su vida en el agua y parte en la tierra. Por tal motivo, pueden tener distintos tipos de respiración: pulmonar, cutánea, branquial y bucofaríngea. Los sexos son separados con fecundación externa o interna, generalmente con periodos larvarios y de metamorfosis. La mayoría son ovulíparos. *Existen varias especies de interés que se utilizan preferentemente como modelos en investigación.*

**C) Reptiles:** son animales de forma y tamaño variable, caracterizados por tener un tegumento impermeable con escamas epidérmicas o placas óseas. En esta clase aparecen grupos con los miembros desarrollados y otros sin miembros (ápodos). El esqueleto es casi completo. La respiración es pulmonar y el corazón posee tres cámaras. Los huevos son cleidoicos (cáscara



flexible o rígida que provee protección mecánica y permite el paso de gases respiratorios y vapor de agua). Los sexos son separados con fecundación externa o interna careciendo de estados larvarios. Son poiquiloterms o ectotérmicos ya que la temperatura corporal varía de manera significativa en relación con las variaciones ambientales de la temperatura. *Existen varias especies de creciente uso como mascotas exóticas.*

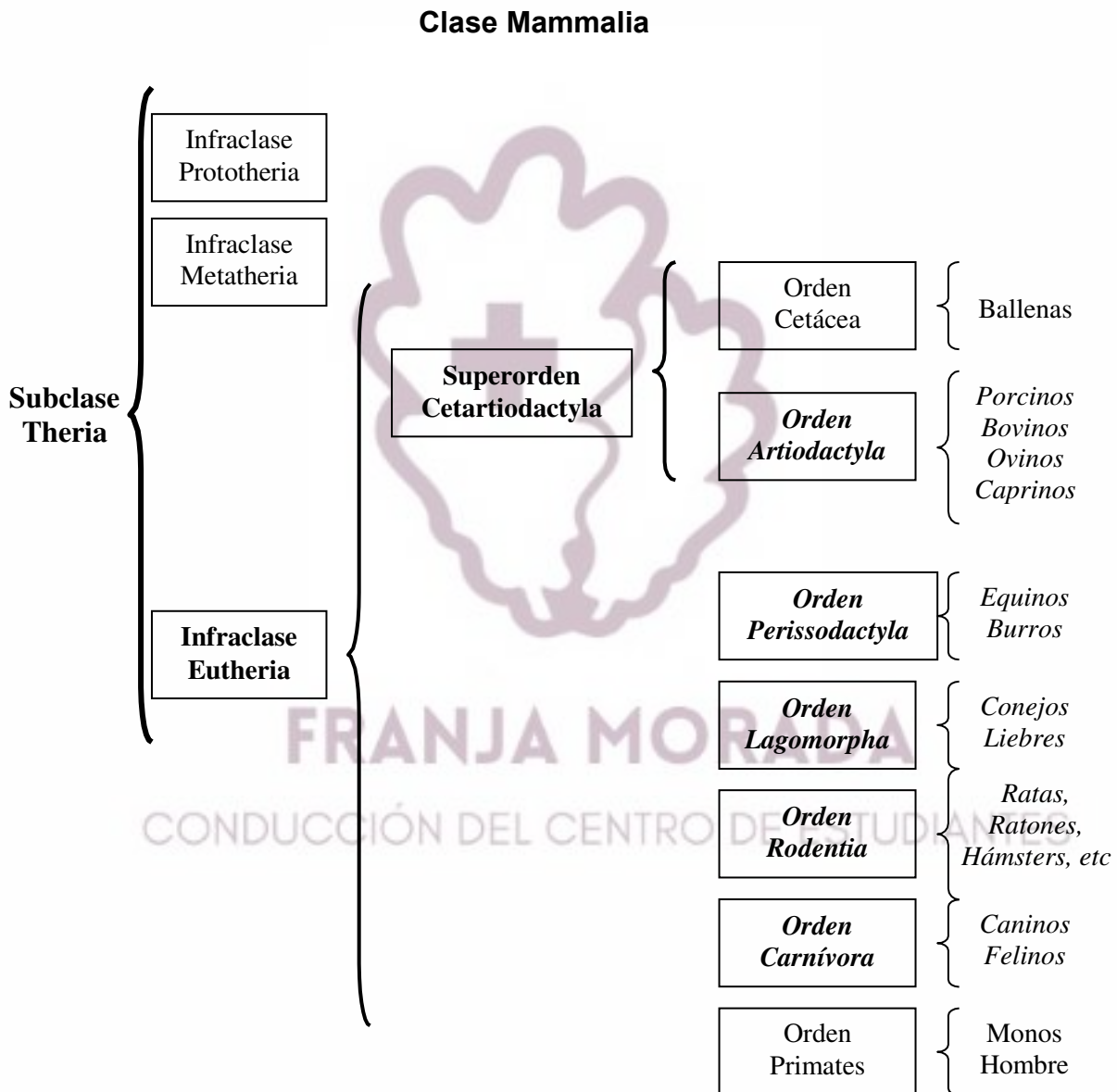
**D) Aves:** son animales homeotermos, con el cuerpo cubierto de plumas y las patas con escamas. La piel no posee glándulas, salvo la uropígea que usan para untar las plumas con su secreción y así le confieren cierto grado de impermeabilidad. En general el cuerpo muestra importantes adaptaciones para el vuelo: esqueleto liviano con huesos muy fuertes, delgados y neumáticos; miembros torácicos transformados en alas; esternón bien desarrollado para la inserción de músculos relacionados con el vuelo; miembros pelvianos adaptados para correr, ayudar en el vuelo o nadar. Cavidad bucofaríngea con pico córneo y sin dientes. Respiración pulmonar y corazón con cuatro cámaras. Son especies de sexos separados fecundación interna y ovíparos. *Existen varias especies de interés veterinario que se utilizan preferentemente para la producción de carne y huevos. Sin embargo, también aparecen aves para uso ornamental (psitácidos, faisanes, etc.) y otras de inclusión reciente en los mercados (ñandú).*

**E) Mamíferos:** son animales caracterizados por tener el cuerpo cubierto de pelos, poseer glándulas sudoríparas, sebáceas y cutáneas modificadas que se denominan glándulas mamarias. Son homeotermos y la respiración es pulmonar, con diafragma completo que separa la cavidad torácica de la abdominal. Todos poseen 7 vértebras cervicales, el corazón está dividido en cuatro cámaras. Los mamíferos poseen sexos separados y la fecundación es interna, además el embrión se desarrolla dentro de la madre y está ligado a ella mediante la placenta. Salvo en los marsupiales, la gestación es bastante prolongada. Ocupan casi todos los lugares de la tierra, han colonizado el mar (ballenas y delfines), el aire (murciélagos), el agua dulce (ornitorrinco, castores) y la tierra. *Existen varias especies de interés veterinario que se describen en el ítem siguiente.*

La organización jerárquica que más comúnmente se utiliza para clasificar a los animales se detalla en los ejemplos de la siguiente tabla:

	Ejemplo: Oveja	Ejemplo: Hombre
Reino	Animalia	Animalia
Phylum o tipo	Cordatha	Cordatha
Clase	Mammalia	Mammalia
Orden	Artyodactila	Primate
Familia	Bovidae	Hominidae
Género	Ovis	Homo
Especie	Ovisaries	Homo sapiens

La clasificación taxonómica completa es más compleja y detallada y suele agrupar a las especies en categorías subordinadas a las que mostramos en el ejemplo. Es frecuente encontrar otros prefijos para indicar el rango de importancia. Concretamente *super-* corresponde a un rango por encima (por ejemplo superorden), *sub-* establece un rango por debajo (por ejemplo subfamilia) e *infra-* que indica un rango inferior a *sub-* (por ejemplo infraclase).



El cuadro sintetiza los principales órdenes en donde se agrupan los animales de interés veterinario. Cada orden contiene familias y géneros donde se encuentran especies de importancia para el veterinario.

Los mamíferos, nombre castellanizado de los integrantes de la *clase mammalia* se dividen en diferentes órdenes, pero se distinguen tres infraclases con características muy diferentes cuando consideramos el período de gestación. El término *Theria* (*subclase*) indica etimológicamente *animales que nacen por parto*, y en este gran grupo de animales aparecen los

*Prototherios* que amamantan las crías pero son ovíparos, como es el caso del ornitorrinco y la equidna; los *Metatherios* que poseen una corta gestación en el útero materno y un desarrollo posterior unido a un pezón dentro de un marsupio de la madre. En este grupo aparecen todos los marsupiales como las comadreas sudamericanas y los canguros australianos entre muchas especies.

Los mamíferos de interés veterinario pertenecen a la *infraclase Eutheria* (animales con placenta y gestación relativamente larga) y a continuación se exponen algunas características de estos órdenes.

En el orden *Artiodactyla* aparecen los animales que apoyan sobre un número par de dedos y agrupa una variedad muy grande de mamíferos. El suborden *ruminantia* (animales que rumian), incluye la familia *Bovidae* dividida en dos subfamilias *Bovinae* y *Caprinae*. El género *Bos* de la subfamilia *Bovinae* representa todos los bovinos, tanto los de origen europeo (*Bostaurus*) como los de origen asiático (*Bosindicus*). La subfamilia *Caprinae* incluye el género *Capra* con la especie *Caprahircus* (cabra) y el género *Ovis* con la especie *Ovisaries* (oveja).

También dentro del orden *Artiodactylase* encuentra el suborden *Suina*, con la familia *Suidae* y la *Tayassuidae*. En la familia *Suidae* se describe el género *Sus* y la especie *Sus scrofa* (cerdo) y *Sus scrofaferox* (jabalí). En la familia *Tayassuidae* se describen el género *Pecari* donde aparecen las distintas variedades de pecarí (pecarí de collar y pecarí de labio blanco).

Se agrupan en el orden *Perissodactylal* los mamíferos que poseen un número de dedos impares sobre los que apoyan. Destaca entre todos los grupos la familia *Equidae* con el género *Equus*, subgénero *equus*, especie *Equus equus caballus* (caballos) y la especie *Equus equus asinus* (asnos).

El orden *Lagomorpha* incluye la familia *Leporidae* que contiene, entre otros, los géneros *Lepus* (liebres) y *Oryctolagus* (conejos). Estos últimos son utilizados tanto para la producción de pelo y carne y como animal de investigación.

El orden *Rodentia* posee gran cantidad de especies que se han clasificado de diversas formas, tal es así que aún se sigue modificando esta clasificación. Sin embargo, podemos considerar dos grandes subórdenes, *Histocognathi* donde, entre otras, se encuentran algunas familias como: *Chinchillidae* (chinchillas y vizcachas), *Myocastoridae* (coipo o nutria), *Caviidae* (cobayos y maras) e *Hydrochaeridae* (capibaras o carpinchos). El otro suborden es el *Sciurognathi* donde aparece la familia *Muroidea* que incluye a ratas, ratones y hámsteres. Un gran número de especies de este orden son utilizados como animales de investigación y algunas especies como el carpincho, el coipo, la chichilla e incluso la vizcacha aparecen como animales utilizados en peletería.

Dentro del orden *Carnívora* se encuentran diversas familias, entre las cuales son de interés veterinario, la familia *Canidae* que incluye al perro doméstico (*Canisfamiliaris*). Por otro lado, la familia *Felidae* agrupa todos los felinos silvestres y el gato doméstico (*Feliscatus*).

Tal como se ha mencionado, todos estos órdenes están incluidos en la *subclase Theria*, *infraclase Eutheria* y por lo tanto se consideran que son mamíferos que nacen por parto, luego de una gestación completa. Sin embargo, es un conocimiento muy difundido que entre los distintos mamíferos euterios se encuentra una enorme variación en el tiempo de gestación y por lo tanto en la duración de cada uno de los períodos del desarrollo prenatal. Se puede considerar un modelo de desarrollo único para todos los individuos de la clase *mammalia*, pero también debe

notarse que al momento del nacimiento se distinguen dos grandes grupos, de acuerdo al estado de desarrollo de las crías. Los mamíferos con *crías altriciales* (*rata, ratón, conejo, etc.*) son aquellos que paren individuos incompletamente desarrollados, y en consecuencia, durante las primeras semanas de vida postnatal completan el desarrollo. Las especies con *crías precociales* (*equino, rumiantes, etc.*) paren individuos completamente desarrollados que pueden acompañar a sus padres algunas horas después del nacimiento. Existen grupos intermedios como los carnívoros domésticos, que nacen con un desarrollo incompleto, en especial, del sistema nervioso (ciegos, sordos y con sólo la capacidad de desplazarse arrastrándose sobre el vientre) que necesitan de un período corto (10-12 días) para vivir como individuos independientes.

En las ciencias veterinarias los mamíferos que son motivo de estudio se pueden organizar de una forma más práctica en los siguientes grupos: (a) *animales de deporte*: el equino y algunas razas de perros, (b) *animales de compañía*: los caninos y felinos, (c) *animales de producción*: los bovinos, ovinos, caprinos, porcinos y conejos. (d) *animales de laboratorio* entre los cuales se incluyen los roedores más conocidos (*rata, ratón, cobayo y hámster*) y los lagomorfos domésticos (*conejos*). A estos grupos se agregan las aves, en sus dos aplicaciones más conocidas: las *aves destinadas a consumo* (*gallinas, patos, pavos, etc.*) y las *aves ornamentales* (*faisanes, loros, canarios, etc.*).

El plan de estudio de la carrera de Medicina Veterinaria está orientado principalmente según la especie animal y el uso que hace la sociedad de ella. Por esta razón, en los animales de deporte y compañía serán muy importantes todos los detalles anatómicos que puedan aplicarse a la clínica del individuo y la cirugía. Para los animales de producción los aspectos relacionados con la nutrición, el crecimiento y la reproducción tendrán mayor relevancia que el resto.

FRANJA MORADA

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



#### 4- Características de un mamífero tipo: Cefalización, metamería, simetría bilateral y estación cuadrúpeda

Para comprender y simplificar el estudio de la embriología y de la anatomía de cualquier mamífero es posible describir patrones de organización corporal comunes a todos ellos. Estas características permiten establecer los primeros criterios comunes sobre la organización básica del cuerpo de los mamíferos de interés veterinario. De manera que definiremos algunos de estos patrones estructurales.

El término **cefalización** (Figura 2) indica la característica de los animales que establece la presencia de una extremidad cefálica diferenciada donde se alojan los centros nerviosos más complejos. Durante el desarrollo embrionario se ponen en funcionamiento numerosos mecanismos que posibilitan la evolución temprana de una extremidad cefálica de mayor tamaño y con un patrón de desarrollo diferente al resto del cuerpo.

El concepto de **metamería** (Figura 2) indica una repetición seriada de segmentos que son semejantes y que se sitúan a lo largo del eje longitudinal del cuerpo. Cada segmento se llama metámera o somita y está representado por un número de estructuras variable dependiendo del grupo animal del que se trate. Los animales metaméricos son: anélidos, artrópodos y cordados. En los mamíferos, el desarrollo embrionario de los componentes del tronco es claramente metamérico a partir de la formación de los somitas. Sin embargo, en etapas posteriores los componentes que se originan de los somitas se fusionan y solapan a tal punto que no es posible observar la división primitiva. El patrón de desarrollo somítico determina que el aparato locomotor y el sistema nervioso periférico mantengan en el animal adulto una organización segmentaria tanto en lo anatómico como en lo funcional.

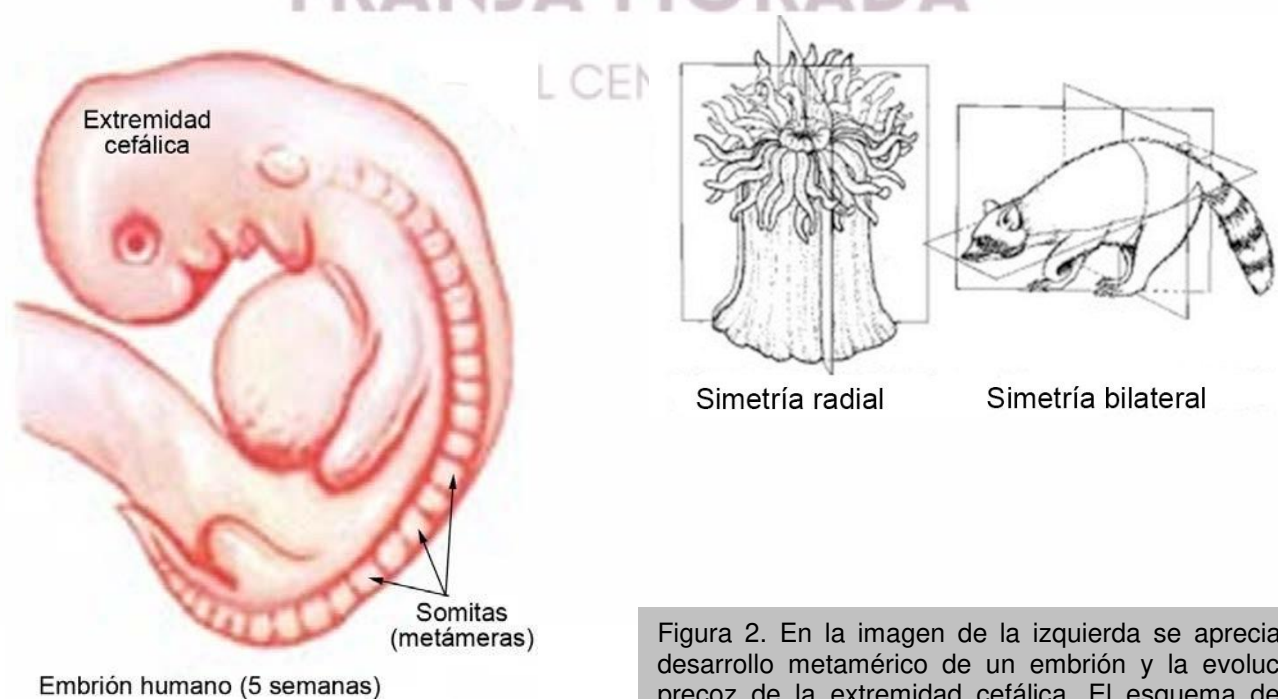


Figura 2. En la imagen de la izquierda se aprecia el desarrollo metamérico de un embrión y la evolución precoz de la extremidad cefálica. El esquema de la derecha muestra la simetría bilateral del cuerpo de un mamífero.

Todos los cordados poseen un esquema corporal simétrico, entendiéndose por **simetría bilateral** (Figura 2) la propiedad de un cuerpo de tener un lado a imagen en espejo del otro. Existen algunos órganos impares (corazón, hígado, páncreas, estómago, etc.) que no son simétricos, sin embargo, el concepto se aplica a la totalidad de las estructuras del aparato locomotor, a todos los órganos pares y a la mayoría de los impares.

Los mamíferos que estudiaremos poseen una **estación cuadrúpeda**, es decir tienen cuatro miembros adaptados para sostener el peso del cuerpo durante la estación y la locomoción. Los animales considerados cuadrúpedos muestran dos miembros delanteros (anteriores), denominados torácicos que están especializados principalmente en soportar la mayor parte del peso corporal y dos miembros traseros (posteriores), denominados pelvianos, que están encargados principalmente de la propulsión del cuerpo. En anatomía veterinaria que es una anatomía comparada se prefiere el término torácico y pelviano para identificar los miembros, pues de esta forma se evita tener que variar los términos cuando cambiamos de especie. Por ejemplo, el miembro torácico es anterior en los cuadrúpedos pero superior en aves y primates. El uso de una nomenclatura unificada permite hacer estudios y descripciones anatómicas comparadas entre un abundante número de especies sin que existan variaciones del vocabulario científico. En otras palabras, utilizamos el mismo idioma técnico para designar los distintos componentes estructurales aun cuando nos referimos a especies alejadas taxonómicamente.

### 5- El cuerpo animal en el espacio: Concepto de tridimensión. Planos espaciales y anatómicos

El objeto de estudio de la anatomía es el cuerpo y este debe ser considerado con las características físicas y geométricas que posee. La definición de *cuerpo como una porción de materia que ocupa un lugar en el espacio* es aplicable como primer concepto, a su vez, a lo largo de las actividades se divide el cuerpo animal en órganos que tendrán características físicas propias para su estudio. La anatomía es el estudio de las formas, en su definición más pura, por lo tanto, debemos comprender que las formas son a su vez espacio y la geometría un instrumento necesario para su comprensión y traducción. La tridimensión geométrica es un componente real y estructural en la anatomía de manera que el saber geométrico es indispensable para la comunicación entre los estudiantes y docentes de anatomía.

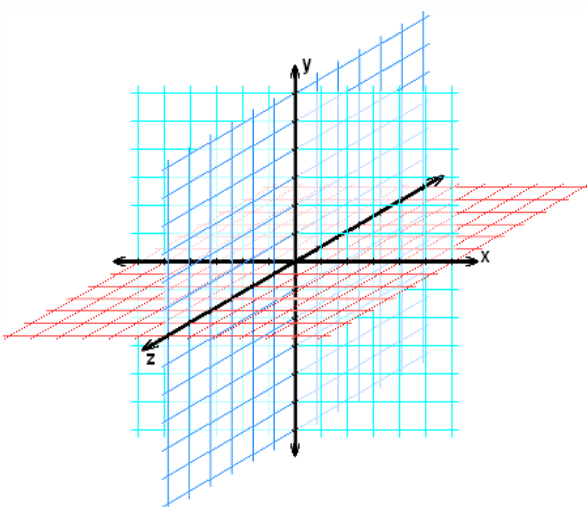


Figura 3. El esquema muestra la relación entre las tres coordenadas del espacio (x, y, z) que se aplican a todos los cuerpos geométricos



Todo cuerpo ocupa un lugar en el espacio y este está definido por tres planos que establecen las dimensiones del cuerpo (largo, ancho y espesor). Los planos espaciales conocidos son tres, uno es horizontal (eje x), otro es vertical y perpendicular al primero (eje y) mientras que el tercero es perpendicular a los dos anteriores (eje z).

Cuando trabajamos con figuras geométricas (cuadrados, triángulos, rombos, círculos) etc.) sólo utilizamos los dos primeros planos (x y), de manera que las figuras se caracterizan por largo y ancho, a partir de los cuales se puede calcular el perímetro y la superficie. Los cuerpos geométricos (cubos, pirámides, conos, esferas, etc.) poseen además de largo y ancho, un espesor indicado por el plano z. En los cuerpos a partir del largo, el ancho y el espesor se calcula el volumen muy asociado al peso del objeto en cuestión (Figura 3).

Los planos anatómicos (Figura 4) representan los planos espaciales que se trazan imaginariamente sobre el animal en estación. El plano espacial horizontal (x) se transforma anatómicamente en el *plano dorsal* (antes denominado *horizontal*). Estando el animal en estación atraviesa en forma horizontal el tronco y la cabeza desde adelante hasta atrás. Sucesivos planos horizontales cortan el animal en rodajas múltiples desde el dorso hasta el vientre por lo cual da la idea de altura (alzada).

El *plano vertical* espacial secciona el animal en dos mitades similares, simétricas (derecha e izquierda), se denomina *plano mediano* y da la idea de espesor. *El plano mediano se ubica en la línea media longitudinal*, es único y corta al animal desde adelante hasta atrás. Todos los planos paralelos al plano mediano, hacia uno u otro lado, se denominan *sagitales o paramedianos*. Este plano se usa para la cabeza, cuello, tronco y cola, sin embargo, no es aplicable a los miembros.

El segundo *plano vertical* transversal espacial forma anatómicamente el *plano transversal* que corta al animal en dos mitades desiguales (una mitad delantera y otra trasera). Sucesivos planos transversos cortan el animal en rodajas de adelante a atrás, por lo tanto da la idea de longitud y no es aplicable a los miembros.

En los miembros se usan tres planos (Figura 4): el *plano axial* recorre el miembro longitudinalmente por su eje mayor y lo divide en dos mitades. El *plano transversal vertical* divide a todo el miembro en dos mitades (una hacia delante y otra hacia atrás) y es importante en las regiones distales (mano y pie). El *plano transversal horizontal* puede trazarse en diferentes niveles de cada miembro.

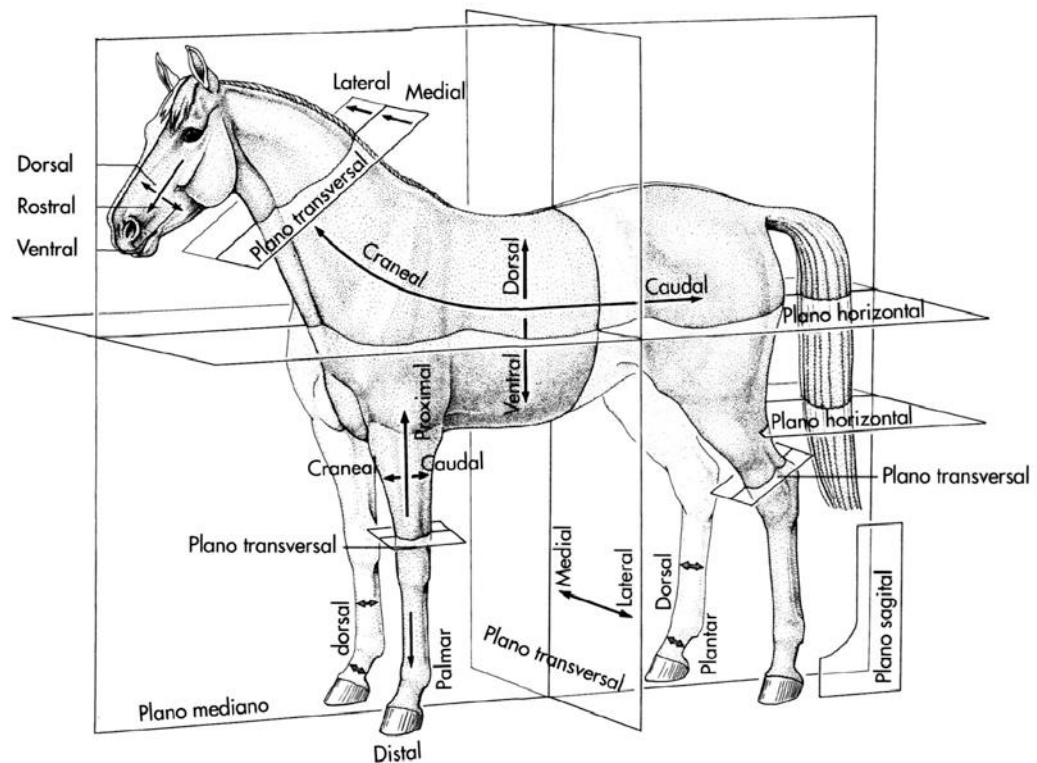


Figura 4. Planos anatómicos utilizados en la descripción del cuerpo de un animal cuadrúpedo. Adaptado de Dyce y col (1996)

## 6- Nomenclatura anatómica y embriológica veterinaria. Usos

A partir del año 1968 los anatomistas han unificado criterios para consolidar una nomenclatura única dentro de las ciencias veterinarias (Nomenclatura Anatómica Veterinaria. NAV). En el desarrollo del presente libro se utilizan los términos aceptados por la NAV, de manera que una bibliografía frecuente para consultar es la Nomenclatura Anatómica Veterinaria Ilustrada (Ed: OskarSchaller. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1996.). Un camino similar ha seguido la nomenclatura embriológica en las ciencias veterinarias (Nomina Embryologica Veterinaria, segunda edición, 2006) que actualmente se encuentra en vigencia. Lamentablemente este texto no se encuentra traducido al español y sólo es accesible la versión inglesa. En esta guía utilizamos los términos sugeridos por la NAV y la NEV y sólo nos hemos tomado la libertad de incluir algunos términos de uso muy frecuente entre veterinarios, criadores y dueños de animales, que representan argentinismos muy arraigados.

A continuación se explican los principales términos anatómicos relacionados con los planos de orientación en el espacio aceptados y sugeridos por la NAV (Figura 4 y 5).

Para identificar las estructuras en cabeza, cuello, tronco y cola se utilizan los siguientes términos:

- ✓ Dorsal = se utiliza para las partes que se encuentra hacia la columna vertebral (dorso), tomando como referencia los planos horizontales.
- ✓ Ventral = indica las partes que se encuentran hacia el vientre, tomando como referencia los planos horizontales. Es la ubicación opuesta al plano dorsal.

- ✓ Craneal = designa las partes o estructuras más próximas a la parte cefálica (cráneo) y por lo tanto se ubica en la parte de adelante, tomando como referencia los planos transversales. En la cabeza en su lugar se usa rostral u oral.
- ✓ Caudal = indica las partes más próximas a la parte de atrás (hacia la cola o cauda), tomando como referencia los planos transversales. Es la posición opuesta a craneal. En la cabeza es correcto usarlo, pero pueden ser reemplazado por los términos nugal o aboral.
- ✓ Medial = indica estructuras cercanas al plano mediano del animal.
- ✓ Lateral = indica partes, regiones u órganos alejados del plano mediano y que se encuentran en posición opuesta a las estructuras mediales.
- ✓ Superficial = se aplica a las estructuras que se encuentra más cercanas a la piel.
- ✓ Profundo = se utiliza para las estructuras alejadas de la piel, y más cercanas al plano mediano.

En síntesis puede comprenderse que existe en esta nomenclatura un conjunto de términos que son opuestos entre si, de la misma forma en que comprendemos abajo≠arriba, adelante≠atrás, etc.

**Dorsal ≠ Ventral      Craneal ≠ Caudal      Medial ≠ Lateral      Superficial ≠ Profundo**

Para identificar los componentes estructurales en los miembros algunos términos se modifican y son reemplazados por otros que permiten una idea más adecuada de la posición. A saber:

- ✓ Proximal = corresponde a las partes que se encuentra más próximas al dorso del animal.
- ✓ Distal= es la posición inversa a proximal e indica las partes que se encuentra más alejadas del dorso del animal. Se aplica, por lo tanto, a las partes más cercanas al piso.
- ✓ Medial = designa al igual que en el tronco las partes cercanas al plano mediano del animal.
- ✓ Lateral = designa al igual que en el tronco las partes alejadas del plano mediano del animal.
- ✓ Craneal = se utiliza sólo hasta el comienzo de la mano y el pie. Designa al igual que en el tronco las estructuras orientadas hacia adelante.
- ✓ Caudal = se utiliza sólo hasta el comienzo de la mano y el pie. Designa al igual que en el tronco las estructuras orientadas hacia atrás.
- ✓ Palmar (miembro torácico) y Plantar (miembro pelviano) = reemplaza el término caudal a partir de la mano (palma) y del pie (planta).
- ✓ Dorsal = reemplaza el término craneal a partir de la mano y el pie (dorso).
- ✓ Axil y Abaxil = son términos que se utilizan cuando se toma en cuenta el eje propio de cada miembro (eje axil o axial) que lo divide en dos partes. Este eje atraviesa el centro del dedo medio (animales con número impar de dedos) o pasa entre los dos dedos principales (animales con número par de dedos). Se utiliza con frecuencia en las estructuras distales del miembro.

Proximal ≠ Distal      Craneal ≠ Caudal      Medial ≠ Lateral  
 Dorsal ≠ Palmar      Dorsal ≠ Plantar      Axil ≠ Abaxil

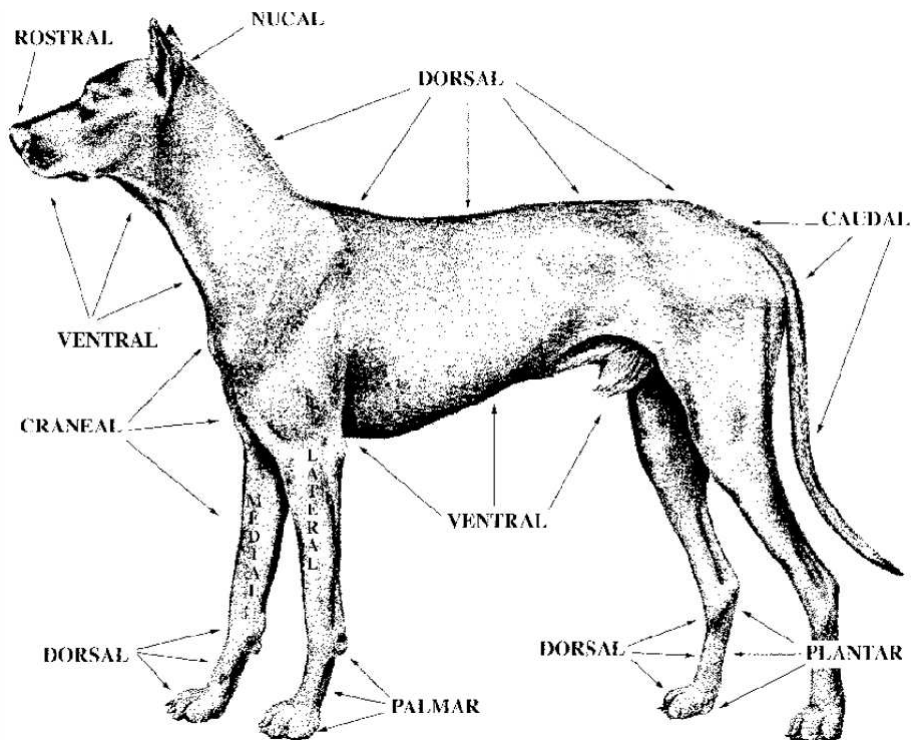


Figura 5 . Vista lateral izquierda de un canino donde se detallan los términos anatómicos según la NAV.

El estudio anatómico se realiza con el animal en estación (parado sobre sus cuatro miembros), en consecuencia podemos tener cuatro posiciones de observación, desde la derecha (vista lateral derecha), desde la izquierda (vista lateral izquierda), desde arriba (vista dorsal) y desde abajo (vista ventral). Sin embargo, la posición del órgano a describir no cambia según la ubicación del observador, pues siempre nos referimos a localizaciones relativas al cuerpo del animal (Figura 5). Por ejemplo: enunciar que el hígado se encuentra craneal al estómago; significa que de estos dos órganos el hígado está más próximo a la cabeza del animal; por lo tanto, el estómago queda ubicado en posición más caudal, más próximo a la cauda. Esta relación no cambiará según la posición del observador. De la misma forma, si ambos riñones se encuentran dorsal a las asas intestinales, indica que los riñones están siempre, más próximos al dorso del animal (columna vertebral) que el intestino. Este tipo de planos de referencia se utiliza también en los estudios embriológicos y es evidente que refiere a la posición en el espacio de las estructuras estudiadas.

Recordar que en embriología y anatomía utilizamos exclusivamente localizaciones relativas, parece muy obvio, pero es en este punto donde hemos detectados graves problemas para integrar los conceptos. Parecería innecesario señalar que si describo la extremidad proximal del hueso fémur, es porque existe una extremidad distal, de lo contrario sólo hablaría de la extremidad del fémur. Debemos recordar que nuestro universo es el cuerpo del animal, durante la vida intrauterina o una vez finalizada esta y que nuestras coordenadas están determinadas por los planos que se observan en la figura 4.

**INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA. ACTIVIDAD PRÁCTICA**

1- Definir el término anatomía y embriología. ¿Cuál es el objeto de estudio de estas disciplinas?  
¿Qué tipo de anatomía se estudiará en este curso?

.....  
.....  
.....

2- ¿Qué tipo de anatomía es la Anatomía Veterinaria? ¿Qué métodos utiliza para abordar el estudio de los animales?

.....  
.....  
.....  
.....

3- Definir especie biológica o sexual. Comparar con el concepto de taxón y señalar las diferencias y homologías.

.....  
.....  
.....  
.....

4- Indicar las principales características de las clases taxonómicas de interés en Ciencias Veterinarias.

.....  
.....  
.....

5- Detalle la clasificación zoológica de una especie de producción, una de compañía y una destinada a experimentación.

.....  
.....  
.....



6- Definir CEFALIZACIÓN y METAMERIA

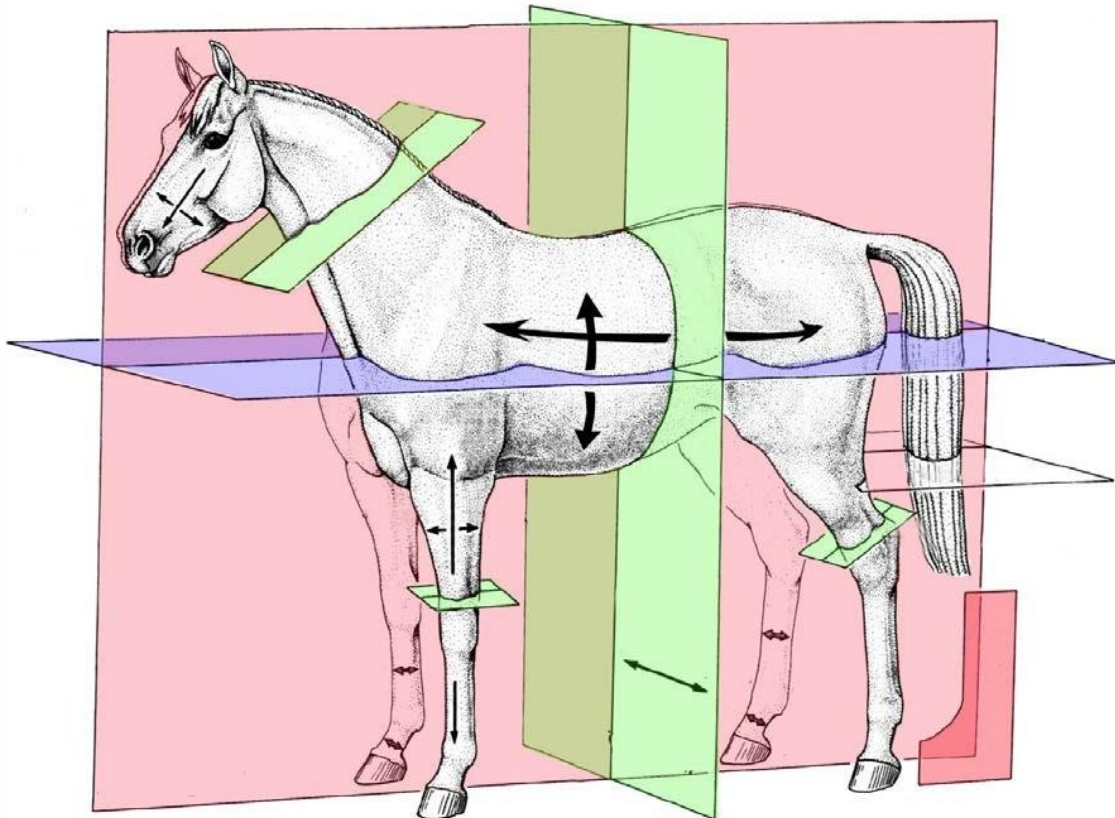
.....

.....

.....

.....

7- Completar el esquema de los planos anatómicos utilizando la terminología sugerida por la NAV.





8- Enumerar los principales planos anatómicos que se utilizan en los miembros.  
¿En qué regiones específicamente se utilizan los términos palmar, plantar y dorsal?

.....

.....

.....

.....

9- Identifique en que parte del animal no deben usarse los términos craneal/caudal y mencione con cuales términos puede reemplazarlos.

.....

.....

.....

.....

10- Defina los siguientes términos:

Plano mediano.....

.....

.....

Plano paramediano o sagital.....

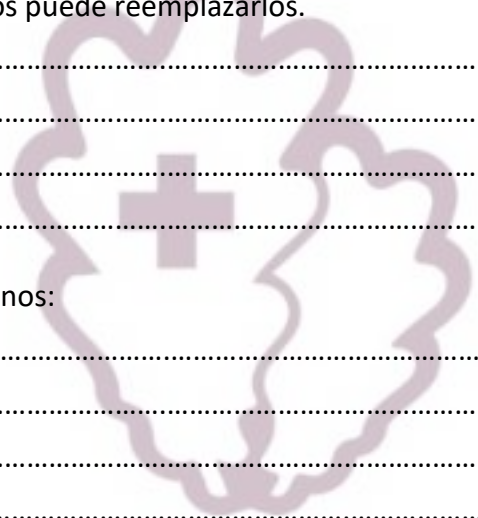
.....

.....

Plano axil o axial del miembro.....

.....

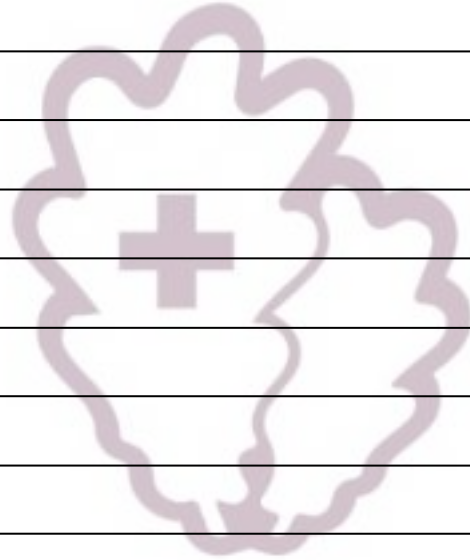
.....



FRANJA MORADA

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

ANOTACIONES



FRANJA MORADA

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



F  
CONDUCC

DA  
STUDIANTES

Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad Nacional de La Plata

**Curso de Inserción a la Vida Universitaria  
Embriología y Anatomía Sistemática  
Actividad 2**

## **A- CONTENIDOS DE LA ACTIVIDAD**

Órganos Genitales internos y externos  
Glándulas genitales accesorias.

## **B- OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD**

- ✓ Identificar las gónadas de los aparatos reproductores del macho y la hembra y su ubicación.
- ✓ Identificar y reconocer los componentes tubulares de ambos aparatos.
- ✓ Identificar las glándulas anexas

## **C- BIBLIOGRAFÍA**

DYCE KM, SACK WO, WENSING CJG (2007) Anatomía Veterinaria. Tercera edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN: 970-729-253-9

EVANS HE, DELAHUNTA A (2002) Disección del perro de Miller (5ª ed.). Ed McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN 970-10-3533-X

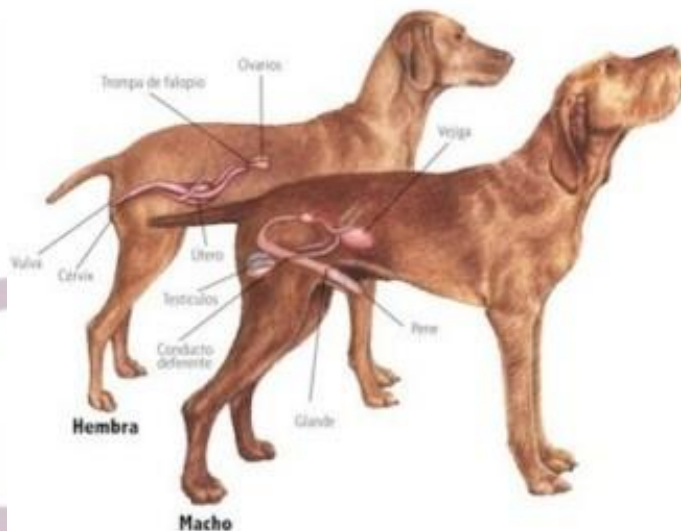
KÖNIG HE, LIEBICH H-G (2005) Anatomía de los animales domésticos, tomo I y II. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. ISBN Obra completa 84-7903-748-2

NODEN, D.M. Y DE LAHUNTA, A (1990). Embriología de los animales domésticos.

Acribia. SCHALLER, O (1996) Nomenclatura anatómica veterinaria ilustrada. Ed. Acribia, Zaragoza.

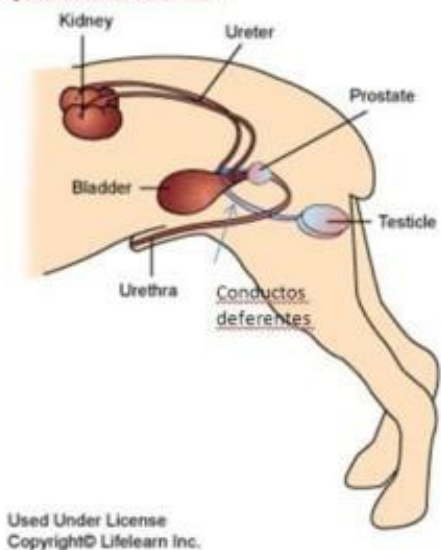
## CONCEPTOS ANATÓMICOS BÁSICOS DEL APARATO REPRODUCTOR

La reproducción es la función que todo organismo debe llevar a cabo exitosamente para que su especie mantenga la permanencia en el planeta. A lo largo de la escala zoológica se observan diferentes estrategias reproductivas; en los vertebrados, la división de los individuos en machos y hembras separó los roles funcionales y determinó la evolución del aparato genital (reproductor) en dos variantes anatómicas distintas. El macho es el encargado de producir espermatozoides (gametos masculinos) y, en el caso específico de los mamíferos, vehicularlos hasta el interior del aparato genital femenino donde encontrarán un óvulo (gameto femenino) para generar un nuevo ser. En la hembra existe un par de gónadas (ovarios) que producen las gametas femeninas y un sistema de conductos provisto de un órgano particular (útero o matriz) donde se desarrolla el embrión-feto hasta el momento del nacimiento.



## APARATO GENITAL MASCULINO

### Aparato urinario y reproductor del perro macho.



Used Under License  
Copyright© Lifelearn Inc.

Desde el punto de vista funcional básico, el aparato genital masculino consta de un **testículo** (gónada masculina), productor de gametos y hormonas, y un **sistema tubular** que conduce estos gametos hasta el exterior. Una serie de **glándulas exocrinas anexas** al sistema tubular contribuye a formar el medio líquido (plasma seminal) donde son transportados los espermatozoides. Además se desarrolló un **órgano copulador** (pene), encargado de depositar el semen dentro del tracto genital femenino.

1 **Testículo y epidídimo:** los testículos representan la gónada masculina, productora de espermatozoides y hormonas (andrógenos). Este par de órganos se origina en el interior de la cavidad abdominal, en íntima relación con el aparato urinario. Sin embargo, en los animales domésticos adultos se ubican fuera del abdomen, dentro del **escroto**, una estructura en forma de saco, derivada de los componentes cutáneos y musculares de la región inguinal. Este descenso testicular es temprano en la vida del individuo (después de la mitad de la gestación), se realiza a través del canal inguinal y determina la

formación de un pedículo, denominado cordón espermático, que contiene vasos, nervios, conducto deferente y peritoneo. El tamaño, dirección y ubicación de los testículos varía en cada uno de los machos domésticos y son particularidades anatómicas de importancia en la práctica andrológica. En el interior del escroto y firmemente adherido al testículo, también se encuentra el epidídimo que representa un largo conducto que almacena, capacita y vehiculiza los espermatozoides. Este largo tubo enrollado sobre sí, adhiere con firmeza al testículo y presenta tres partes morfológicas continuas (cabeza, cuerpo y cola). El epidídimo finalmente se continúa con el conducto deferente.



## Embriología y Anatomía Sistemática

2 **Conducto deferente:** se origina en el epidídimo y después de un largo recorrido finaliza en la uretra pelviana.

3. **Uretra:** es la última porción del conducto utilizado para transportar los espermatozoides hasta el exterior y representa un tracto común para las vías urinarias y genitales. Nace como continuación del cuello de la vejiga y toma la forma de un cilindro músculo-membranoso, que descansa en el piso de la cavidad pelviana. La uretra en la parte caudal de la cavidad pelviana se curva sobre el arco isquiático y se incorpora finalmente a la estructura del pene.

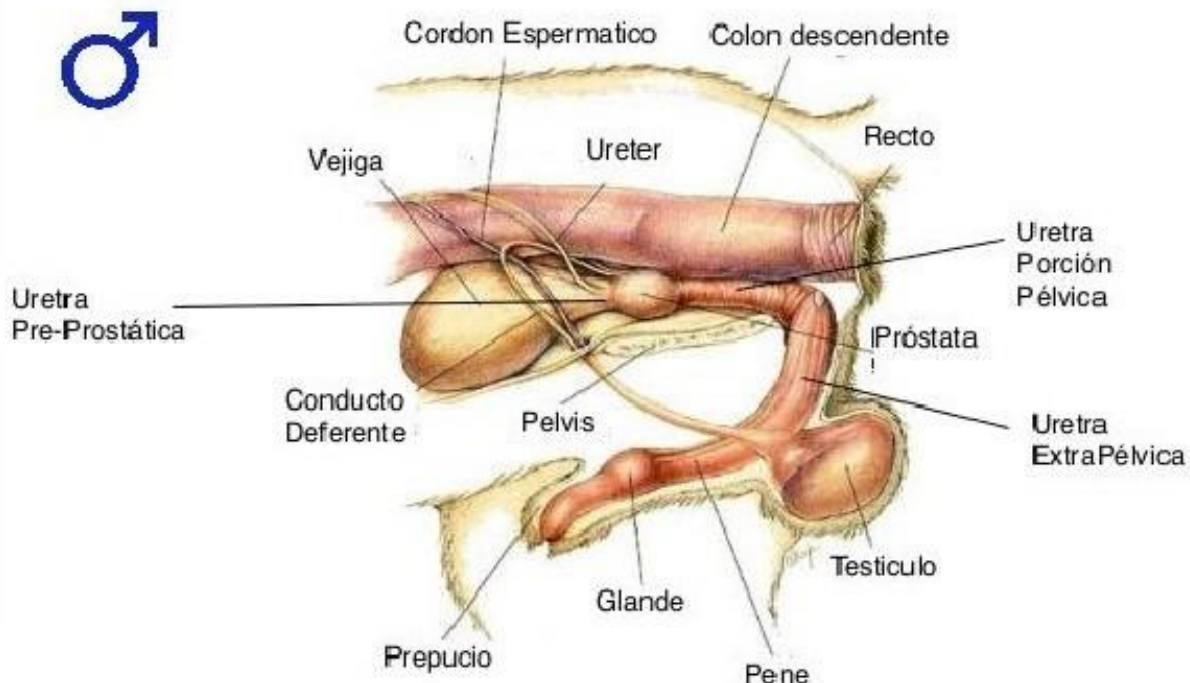
4. **Glándulas genitales accesorias:** son una serie de glándulas que contribuyen con su secreción a la formación del semen, el cual transporta como elementos formes, los espermatozoides producidos por el testículo.

- a) Glándulas vesiculares: son un par de glándulas contenidas en el pliegue genital, ubicadas en dorsal de la vejiga.
- b) Glándula prostática (próstata): está presente en todos los machos domésticos y se fusiona íntimamente con la primera parte de la uretra.
- c) Glándulas bulbouretrales: están ubicadas sobre la parte caudal de la uretra pelviana.

5. **Pene (órgano copulador):** los machos de las distintas especies domésticas han desarrollado un órgano externo que les permite depositar los espermatozoides contenidos en el semen en el interior del tracto genital femenino durante la cópula.

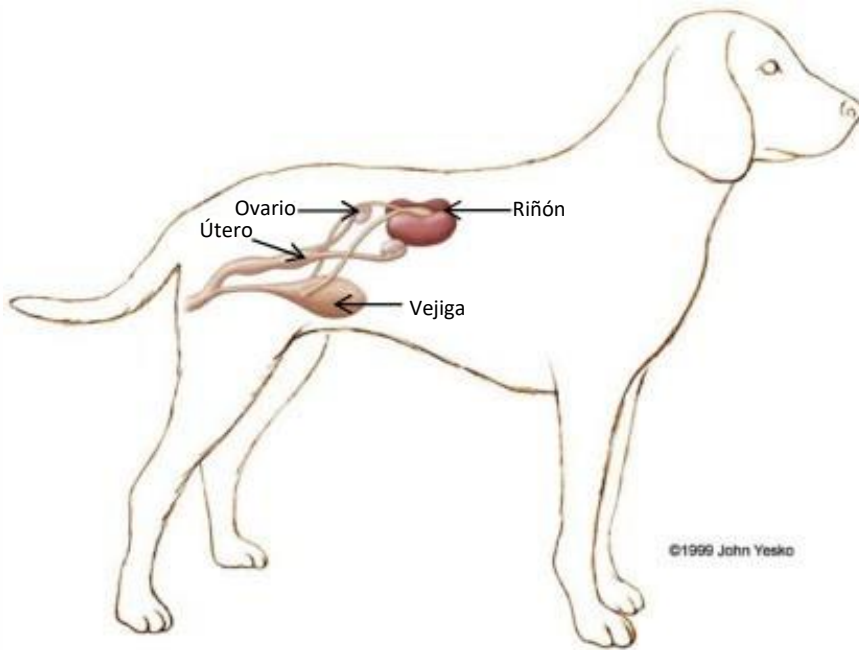
**Prepucio:** es un derivado cutáneo en forma de envoltura que aloja parte del pene. Se ubica en las regiones ventrales del abdomen. Su capa externa tiene el aspecto de la piel de la región, con pigmentación variable según la especie, y su capa interna es una membrana mucosa delgada que se adhiere firmemente al pene (hoja peneal del prepucio).

En la figura de abajo se grafican los órganos que componen el aparato genital masculino.





## APARATO GENITAL FEMENINO



Desde el punto de vista funcional básico, el aparato genital femenino está formado por un par de *ovarios* (gónada femenina) productores de gametos (óvulos) y hormonas (estrógenos), y un sistema tubular que comunica con el exterior.

En los mamíferos domésticos el desarrollo del nuevo ser (embrión-feto) se produce en el interior del tracto genital femenino, en un órgano denominado *útero o matriz* adaptado para alojar, nutrir y proteger a los individuos en desarrollo. La continuación del sistema tubular (*vagina, vestibulo vaginal y vulva*) aloja el pene durante el momento de la cópula y permite la salida del feto durante el parto (canal del parto).

1 **Ovarios:** se desarrollan en el interior de la cavidad abdominal, en relación con los riñones. Tienen una forma oval o de poroto, con superficie lisa o morulada por la presencia de distintos elementos funcionales (folículos y cuerpos lúteos), pero su tamaño, forma y color varían con el momento del ciclo sexual.

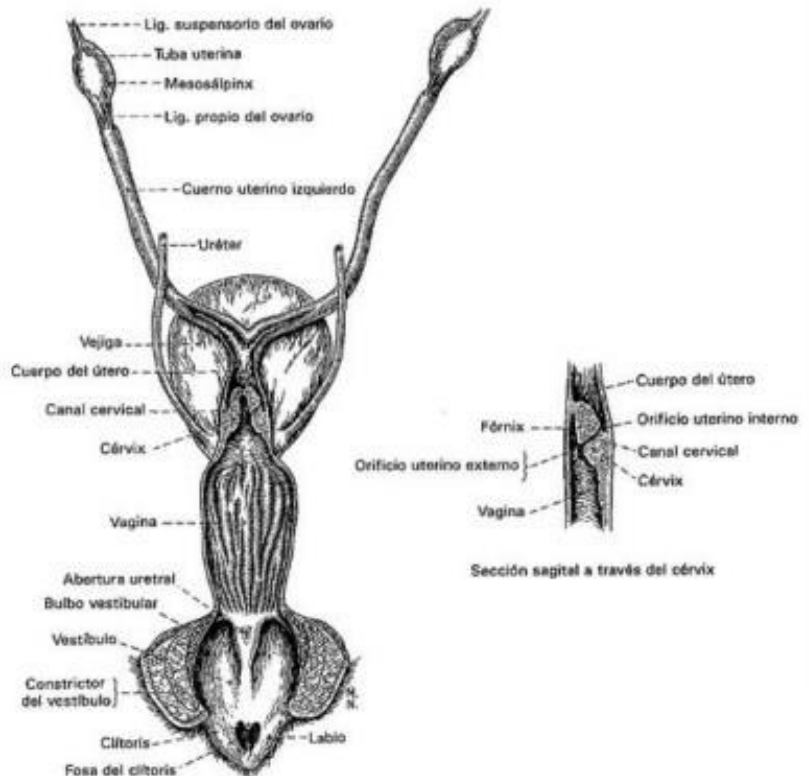
### 2 Órganos genitales tubulares:

-**Trompa uterina** (oviducto): es el largo segmento tubular que recoge el óvulo durante la ovulación y lo transporta hasta el útero. Posee una extremidad ovárica o infundíbulo con forma de embudo. La porción siguiente, relativamente ancha, se conoce como ampolla, pero rápidamente el tubo se estrecha para dar continuidad al istmo que conduce el óvulo hasta el útero.

-El **útero** o matriz es el órgano encargado de recibir el óvulo fertilizado (varios óvulos en el caso de las hembras múltiparas), permitir su implantación, nutrirlo y protegerlo hasta el momento del nacimiento.

En las hembras mamíferas no primates el útero está formado por dos cuernos largos, un cuerpo y un cuello. Los cuernos y el cuerpo son los responsables de alojar el feto con sus envolturas y la placenta durante la gestación, mientras que el cuello forma la primera parte del canal del parto y se proyecta en la parte craneal de la vagina.

### Órganos del aparato genital femenino



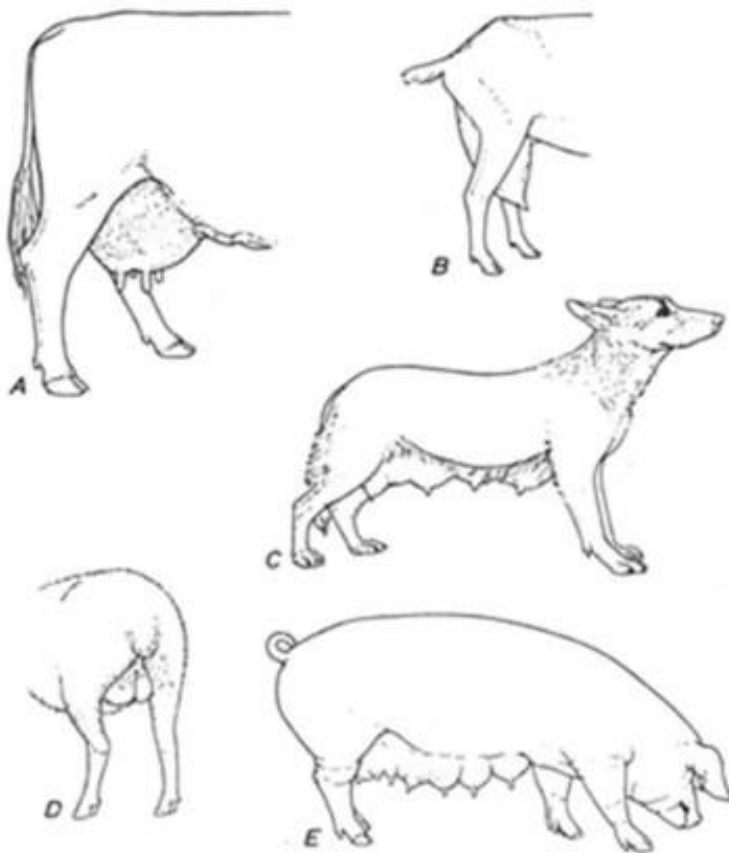
## Embriología y Anatomía Sistemática

-La **vagina** es un órgano tubular ubicado en el interior de la cavidad pelviana, entre el recto por dorsal y la vejiga y uretra por ventral. Su cavidad normalmente está obliterada por el contacto de las paredes; sin embargo, durante el coito aloja el pene del macho y durante el parto se dilata en forma considerable para permitir el pasaje del feto. Carece de glándulas y es lubricada por la secreción producida por las glándulas del cuello del útero.

-**Vestíbulo vaginal y vulva:** Son componentes comunes del aparato genital y del aparato urinario. El límite entre la vagina y el vestíbulo es el orificio uretral externo. La presencia del himen (pliegue transversal en la unión vestibulovaginal) en hembras púberes es muy variable, pero en general está muy poco desarrollado. Las glándulas vestibulares menores, presentes en casi todas las hembras domésticas (ausentes en vaca), son líneas glandulares, ubicadas en el piso del vestíbulo, con pequeños conductos excretores múltiples.

- La **vulva** es la única parte externa del aparato genital femenino, formada por dos labios (homólogos a los labios menores de la mujer), una comisura dorsal y una ventral que contiene el clítoris (homólogo del pene del macho).

-**Uretra femenina:** es un tubo corto que comunica la vejiga con el vestíbulo vaginal.



3. **Glándula mamaria:** es derivada de la piel de las regiones ventrales del abdomen y no pertenece estructuralmente al aparato reproductor; sin embargo, por su asociación, durante el período de lactancia, con la función reproductiva, es común describirla como un órgano anexo al aparato genital femenino.

Existe una notable variación del número y disposición de las glándulas mamarias en las distintas hembras mamíferas. En general se agrupan en dos líneas mamarias (derecha e izquierda) ubicadas en las regiones ventrales del tórax y abdomen. Las mamas finalizan externamente en una papila denominada pezón. La leche producida por estas glándulas es conducida por los conductos lactíferos hasta un seno lactífero, que posee una parte en el interior de la glándula y otra que atraviesa la papila.

Desde este seno la leche es eyectada al exterior por un conducto papilar.

Imagen esquemática de las  
mamas en las distintas  
especies

1- Completar el siguiente cuadro

	MACHO	HEMBRA
GONADA		
GAMETA		
COMPONENTES TUBULARES		

2- ¿Cómo definiría FECUNDACIÓN? ¿En qué lugar del aparato reproductor de la hembra se produce la fecundación?

.....  
.....  
.....  
.....

3- ¿Dónde se originan los testículos y donde se alojan finalmente en la vida adulta de los mamíferos domésticos?

.....  
.....  
.....  
.....

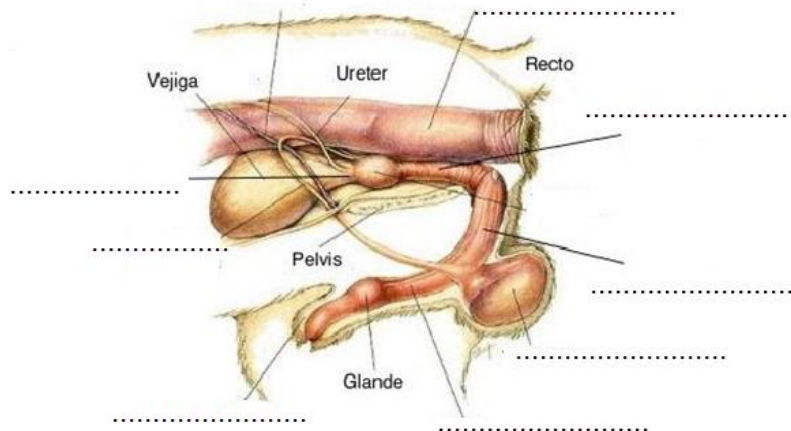
4- ¿Cuáles son las glándulas accesorias del macho?

.....  
.....  
.....

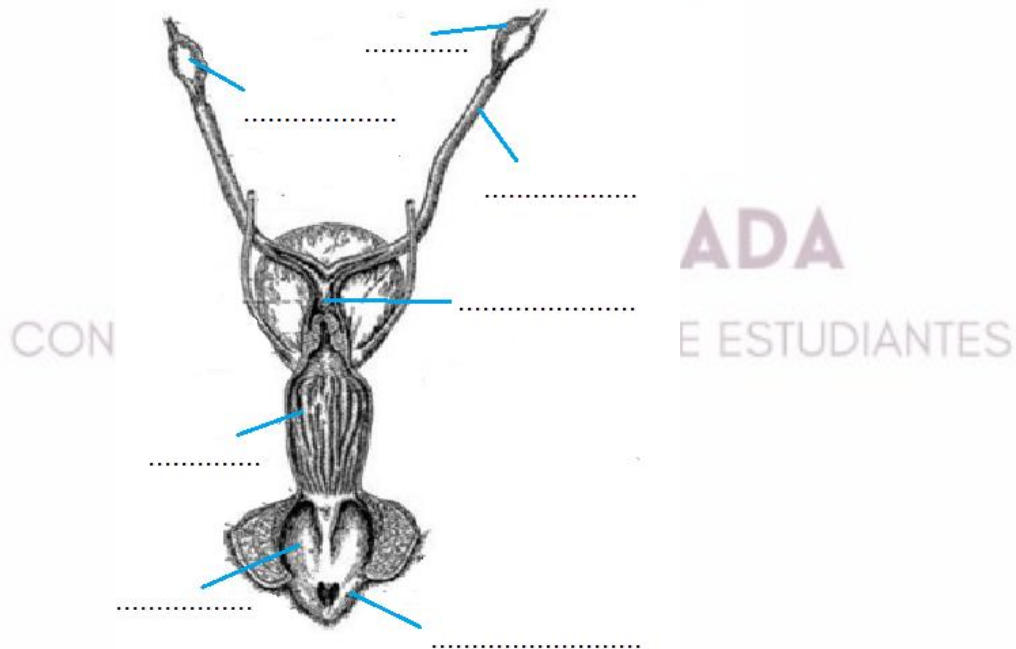
5- Definir prepucio .....

.....  
.....

6- Completar las referencias del siguiente esquema



7- Completar el siguiente esquema de aparato reproductor de una hembra.



8- ¿Dónde se ubican los ovarios? ¿Con qué órgano se relacionan?

.....  
.....  
.....

9- ¿Cuáles son las tres partes que se describen en la trompa uterina?  
¿Y las del útero?

.....  
.....  
.....

10- Definir glándula mamaria

.....  
.....  
.....



**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

**ANOTACIONES**



**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES





Facultad de Ciencias  
**VETERINARIAS**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad Nacional de La Plata

**Curso de Inserción a la Vida Universitaria**  
**Embriología y Anatomía Sistemática**  
**Actividad 3**

## REVISIÓN DEL DESARROLLO TEMPRANO DE LOS MAMÍFEROS (BIOLOGÍA DEL DESARROLLO)

*Introducción. Desde la fecundación hasta la formación del embrión didérmico o bilaminar. La etapa de los grandes movimientos celulares: la gastrulación. La morfología del embrión tridérmico.*

### INTRODUCCIÓN

Los organismos amniotas son aquellos animales que poseen un huevo provisto de membranas con cavidades entre ellas y en virtud a este avance evolutivo, no dependen del medio acuoso para su desarrollo. A partir de estos animales que se aventuraron a vivir en la tierra evolucionó un grupo que consiguió dominar el mundo después de la extinción de los dinosaurios y de las aves gigantes. Este grupo de animales representa la clase Mammalia (mamíferos) y sus exitosas estrategias reproductivas representan los avances evolutivos más importantes para la gestación de nuevas crías.

A diferencia de las otras clases de amniotas, como las aves y los reptiles, los mamíferos poseen un periodo de desarrollo dentro del aparato genital femenino y durante esta etapa, el nuevo ser en desarrollo se conecta con su madre a través de un órgano complejo llamado placenta. El embrión de un mamífero conserva las cuatro capas básicas del huevo de los amniotas (el corion, el alantoides, el amnios y el saco vitelino), pero ellas muestran diferencias en el desarrollo según la especie considerada. De la misma forma, algunos de estos anexos embrionarios intervienen con diferentes variaciones en la formación de la placenta.

Sólo un grupo de mamíferos es la excepción a la regla, pues mantienen un tipo de reproducción similar a la que muestran las aves y los reptiles. Los representantes de la subclase Prototheria, conocidos como monotremas (el Ornitorrinco y los cuatro tipos de Equidnas) son ovíparos y simbolizan el grupo más primitivo de los mamíferos. El resto de las especies se agrupan en la subclase Theria y son animales que poseen una etapa de desarrollo en el interior del útero materno. La morfología del aparato reproductor, la presencia de placenta verdadera, la duración de la etapa de desarrollo intrauterino y el estado de la cría al momento de finalizar la misma establece un criterio para subdividir a estos mamíferos en dos grandes infraclases:

- a) Los *metaterios* representados por los marsupiales que han sido un importante grupo de animales durante más de 100 millones de años, pero progresivamente se han ido extinguiendo. Sin embargo, los canguros, koalas, zarigüeyas (comadreja), entre otros son los representantes actuales de los marsupiales. El útero de las hembras de estos animales es corto, el periodo de desarrollo intrauterino de la cría es breve y falta una verdadera placenta. Una vez completada la etapa dentro del útero, la cría migra hacia un marsupio o bolsa abdominal donde se fija en un pezón que lo nutrirá hasta finalizar su desarrollo.
- b) Los *euterios* son los *mamíferos placentarios* que se agrupan en distintos órdenes taxonómicos y en ellos encontramos a todos los animales de interés veterinario. Son una infraclase que aparece en el planeta al mismo tiempo y en la misma región (Asia) que los marsupiales. Sus particularidades reproductivas explican el éxito de estos animales en conquistar los distintos nichos ecológicos. Al igual que la infraclase Metatheria, la fecundación es interna pero el desarrollo de la cría se realiza casi en su totalidad dentro del útero materno y el intercambio entre la madre y la cría depende de una placenta. Sin embargo, existen dos grandes grupos cuando se considera el estado de desarrollo de la

cría al nacimiento. Aparecen especies con *crías altriciales* que paren individuos incompletamente desarrollados, los cuales completan su desarrollo en las primeras semanas de vida postnatal (rata, ratón, conejo, hámster, entre otros); mientras otras especies paren *crías precociales*, completamente desarrolladas y capaces de acompañar al grupo de animales adultos.

La gran diversidad de estrategias reproductivas que aparecen en los animales vertebrados condiciona que algunos términos se utilicen con cierta especificidad. De esta manera, en los casos de los mamíferos se suele utilizar los términos gestación que hace referencia al período de desarrollo intrauterino del embrión-feto ; y parto para proceso por el cual nace la cría. Por otro lado, en reptiles y aves se prefiere los términos incubación para las distintas etapas que atraviesa del embrión-feto dentro del huevo y eclosión al momento final por el cual la cría rompe las envolturas del huevo.

Desde la fecundación hasta la formación del embrión bilaminar o didérmico.

Al igual que en otros animales, en los mamíferos placentarios, todo nuevo ser comienza con la FECUNDACIÓN, definida como la unión de la gameta masculina con la femenina para formar una célula huevo o cigoto. Este complejo proceso de fusión, se realiza en la primera parte de la trompa uterina (ampolla), hasta donde ha tenido que viajar el espermatozoide para encontrarse con el ovocito que se desprende por dehiscencia folicular desde el ovario de la hembra. Los distintos mecanismos biológicos que subyacen a la fecundación en los mamíferos conducen a la formación de un *huevo oligo e isolecítico (poco vitelo distribuido en forma homogénea)* que rápidamente comienza a segmentarse con un *patrón holoblástico ligeramente desigual (los blastómeros del hemisferio vegetativo son levemente mayores que los del hemisferio animal)*. El cigoto rápida y sistemáticamente comienza a dividirse para dar origen a nuevas células. En esta etapa conocida como SEGMENTACIÓN se diferencian dos estadios evolutivos consecutivos: el de MÓRULA donde los blastómeros forman una esfera compacta, y el estadio de BLÁSTULA (BLASTOCISTO) que se caracteriza por la formación de una cavidad (blastocelo) rodeada por células periféricas (Figura 1).

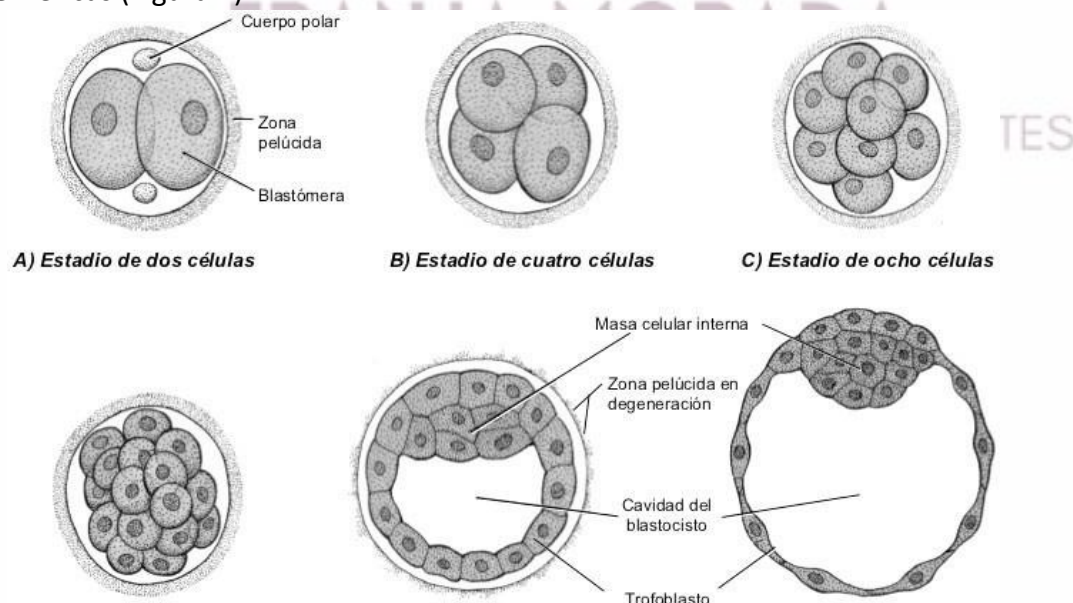


Figura 1. El esquema representa las sucesivas etapas de la segmentación de un huevo de mamífero hasta la formación del blastocisto.

En los mamíferos domésticos, el embrión comienza la segmentación en la trompa uterina y entra a la cavidad del útero en estadio de mórula de 8 a 32 blastómeros, según la especie. Por lo tanto, las etapas subsiguientes hasta el momento del parto, se realizan en la cavidad del útero. La blástula o blastocisto posee dos grupos de blastómeros bien diferenciados y una cavidad interna llena con líquido proveniente de la cavidad uterina y de las secreciones de las células del trofoblasto. En forma periférica y formando las paredes del blastocele se encuentran unas células aplanadas que forman en conjunto el *trofoblasto*. De estas células no se formará ninguna parte del embrión, por el contrario, el trofoblasto evoluciona para transformarse especialmente en el corion (principal anexo embrionario para formar la parte fetal de la placenta). En el centro de la blástula aparece un grupo de blastómeros más oscuros que forman un nódulo prominente hacia el interior del blastocele y representa el *embrioblasto o macizo celular interno* del cual se forman todos los tejidos propios del embrión (Figura 2).

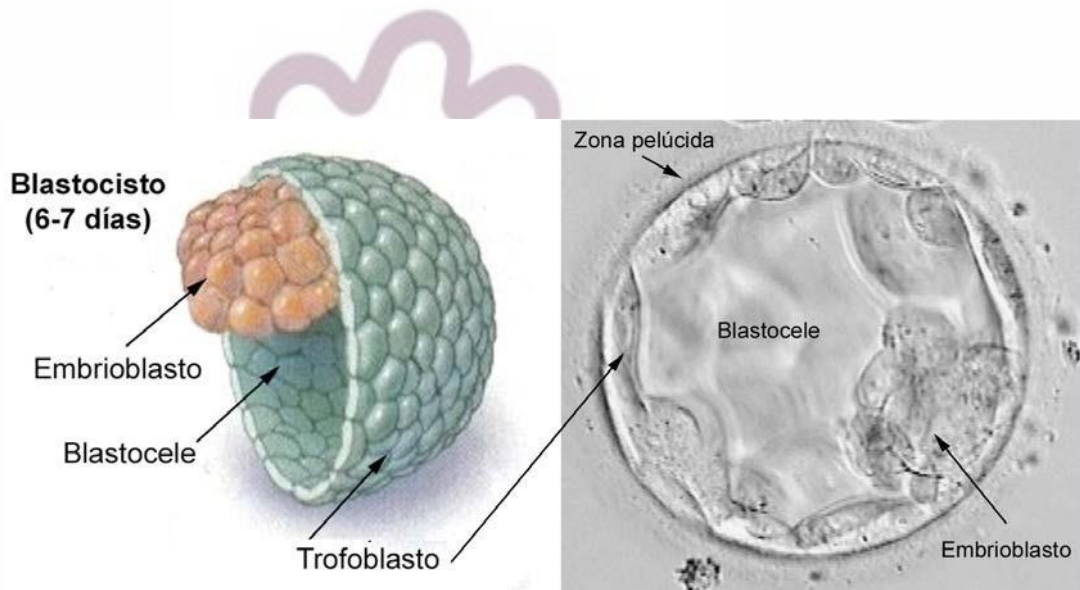


Figura 2. En el esquema de la izquierda se observa un blastocisto con sus tres componentes. A la derecha la microfotografía de un blastocisto humano de la misma edad gestacional.

Dentro del útero el embrión pierde su envoltura pelúcida y las células del trofoblasto toman contacto con las células del endometrio del útero. Este contacto es el principio de la *implantación del embrión* y el comienzo de la nutrición del nuevo ser a partir de los tejidos maternos. Al mismo tiempo la reorganización de las células del embrioblasto conducen a la formación de un *embrión bilaminar o didérmico* con dos hojas celulares bien diferenciadas: *el epiblasto y el hipoblasto*. La última capa crece hacia ventral para encerrar una cavidad que comienza a llamarse saco vitelino o intestino primitivo. Para algunas especies de mamíferos en esta etapa, el trofoblasto forma la cavidad amniótica ubicada inmediatamente por encima del epiblasto.

En síntesis, en las dos primeras semanas de gestación, en el interior del útero de una hembra preñada perteneciente al grupo de los mamíferos euterios, se encuentra un *saco germinal o embrionario* rodeado por las primeras envolturas embrionarias (anexos) representadas principalmente por el saco vitelino, el corion y el amnios en proceso de formación. En el interior del saco se encuentra un *embrión bilaminar* formado por dos capas celulares: el epiblasto y el hipoblasto. Además durante este periodo el trofoblasto reacciona con el endometrio uterino e induce el proceso de implantación que en los animales domésticos es de tipo central, (en la luz uterina), mientras que en el hombre es intersticial (en el espesor de la mucosa uterina). En la figura 3 se muestra un blastocisto en estado de embrión bilaminar perteneciente a una gestación



humana de aproximadamente 14 días. La reacción del endodermo por acción del trofoblasto es muy precoz pues se trata de una implantación intersticial con importantes diferencias a la implantación central que muestran los mamíferos domésticos.

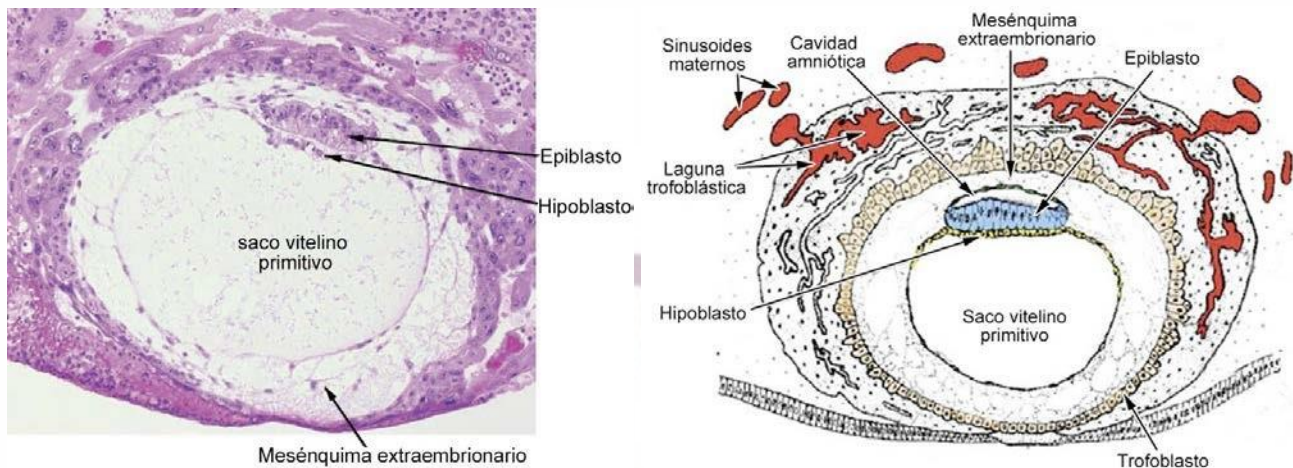


Figura 3. La microfotografía de la izquierda muestra un embrión bilaminar de humano implantado en el endometrio. Se diferencian claramente el epiblasto del hipoblasto y una pequeña cavidad amniótica formada. El esquema de la derecha explica y referencia las distintas partes del embrión y de la mucosa uterina que aparecen en esta etapa de la gestación (segunda semana).

#### LA ETAPA DE LOS GRANDES MOVIMIENTOS CELULARES: LA GASTRULACIÓN

Los estudios hechos con marcadores celulares han demostrado que al comienzo de esta etapa ya se encuentran predeterminados los territorios celulares que darán origen a las futuras capas y tejidos del embrión. Estos *territorios presuntivos* son sectores celulares del embrión que han sido influenciados bioquímicamente por sustancias inductoras específicas secretadas durante las primeras etapas del desarrollo. Este proceso de inducción genética determina que cada grupo celular se comience a diferenciar hacia un tipo particular de tejido. A partir de numerosos

estudios se han podido reconocer varias estructuras y sectores embrionarios que intervienen como inductores primarios o secundarios y cada uno de ellos secreta factores inductores que intervienen para determinar el destino final de cada célula.

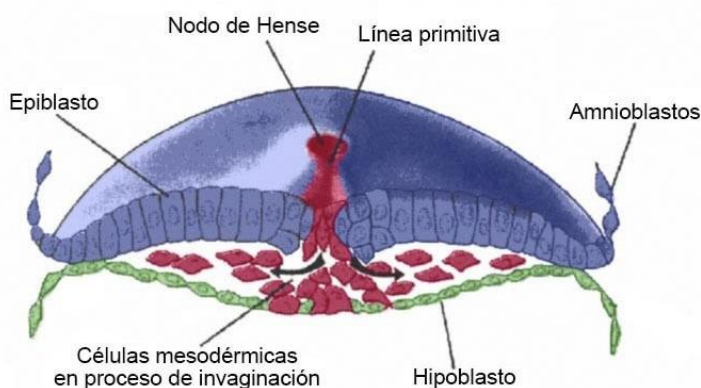


Figura 4: Invaginación de las células del epiblasto en la línea primitiva para formar el mesodermo

algunas células epiblasticas se invaginan reemplazan al hipoblasto formar el endodermo y otras quedan ubicadas debajo del epiblasto para formar el mesodermo.

## Conceptos generales

*nódulo primitivo (nodo de Hense)*. Tanto la línea primitiva como el nodo son formaciones donde las células del epiblasto se encuentran en un activo proceso de mitosis. Muchas de las células generadas se invaginan para formar, las células del *endodermo* y otras por una invaginación seguida de migración en ambos ejes terminan formando el *mesodermo* (Figura 4 y 5).

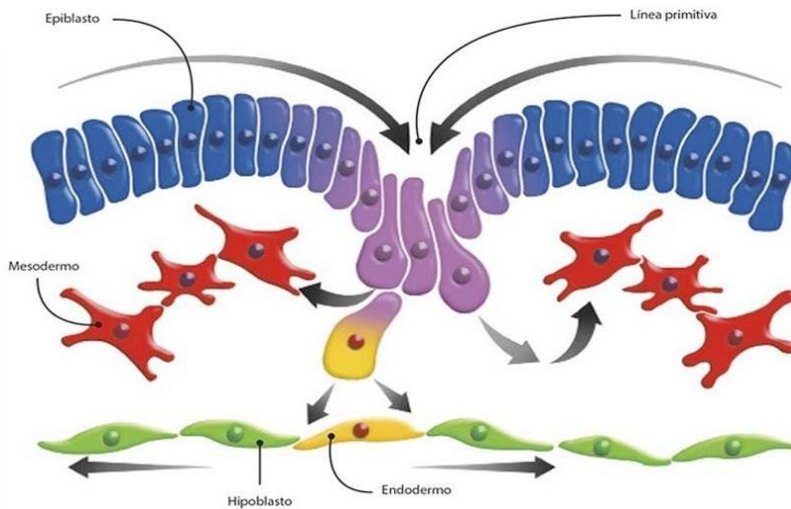


Figura 5. El esquema muestra en una sección transversal la invaginación de las células epiblasticas y el proceso de formación de los estratos del mesodermo y endodermo embrionario.

por objetivo formar un *embrión tridérmico o trilaminar*.

A partir de estos movimientos el embrión muestra tres capas estructurales diferenciadas y todas ellas formadas a partir del epiblasto primitivo. El estrato más dorsal que se relaciona con el amnios es el ectodermo; inmediatamente debajo de él aparece el mesodermo como si fuera el jamón del sándwich; y finalmente el endodermo se ubica en ventral después de haber desplazado y reemplazado a las células del hipoblasto.

Por esta razón el punto final de los grandes movimientos celulares que se constatan durante la gastrulación tienen

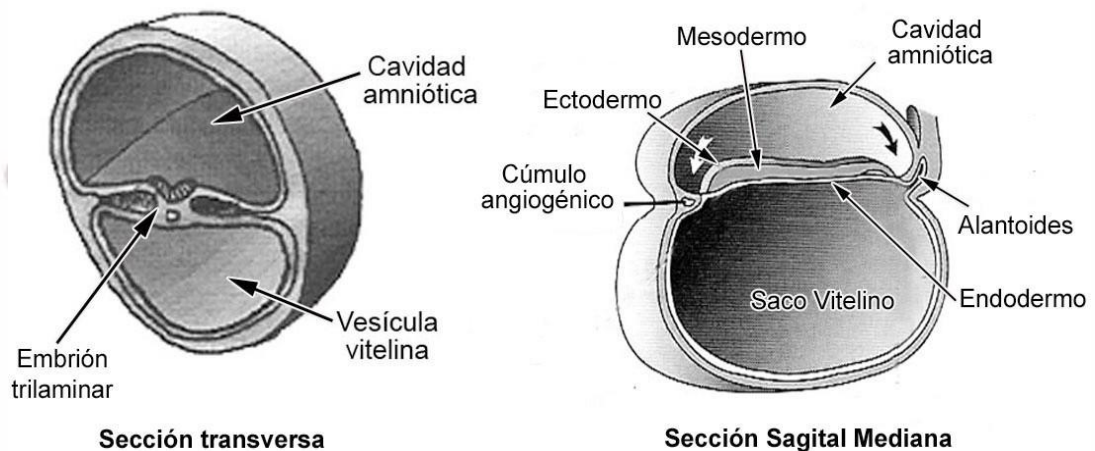


Figura 6. El esquema muestra dos cortes de las vesículas embrionarias con embriones en etapas similares del desarrollo. La sección transversal esquematiza el embrión con el surco neural en el plano medio y la notocorda debajo de él. La sección mediana indica las tres capas embrionarias y la flechas muestran el sentido del plegamiento céfalo-caudal.

En pocos días, las transformaciones resumidas en los párrafos precedentes dejan como resultado una vesícula embrionaria con tres partes bien diferenciadas. La parte dorsal de la vesícula está ocupada por la cavidad amniótica, en el centro se observa el embrión con sus tres capas y finalmente la parte ventral de la vesícula está representado por el saco vitelino, cuyas paredes quedan tapizadas por las células del hipoblasto primitivo (Figura 6). En esta etapa los cortes



transversales y medianos del embrión muestran tres hojas celulares más o menos diferenciadas. La hoja dorsal es el ectodermo que se encuentra en el inicio de la diferenciación para formar el sistema nervioso. La hoja del medio es el mesodermo con una parte axial (notocorda) evidente y grupos de células agrupadas a ambos lados. Finalmente en la parte ventral aparece el endodermo como una capa simple de células que forman el techo de la cavidad del saco vitelino.

Sólo dos sectores del embrión no han sido afectados por este proceso y carecen de mesodermo. Una zona rostral que forma la membrana bucofaríngea y una zona caudal que forma la membrana cloacal. Ambas regiones en el futuro se perforarán para comunicar el intestino primitivo con la cavidad amniótica donde flota el embrión en desarrollo.

#### LA MORFOLOGÍA DEL EMBRIÓN TRIDÉRMICO

Los estudios microscópicos de embriones permiten diferenciar distintas estructuras durante el desarrollo, las cuales se hacen evidentes con pocas horas de diferencia. Los esbozos de diferenciación más temprana son el sistema nervioso central (SNC) y el corazón. El desarrollo del SNC marca el comienzo de la siguiente etapa del desarrollo, la NEURULACIÓN que también está acompañada de modificaciones en la morfología del mesodermo y del endodermo.

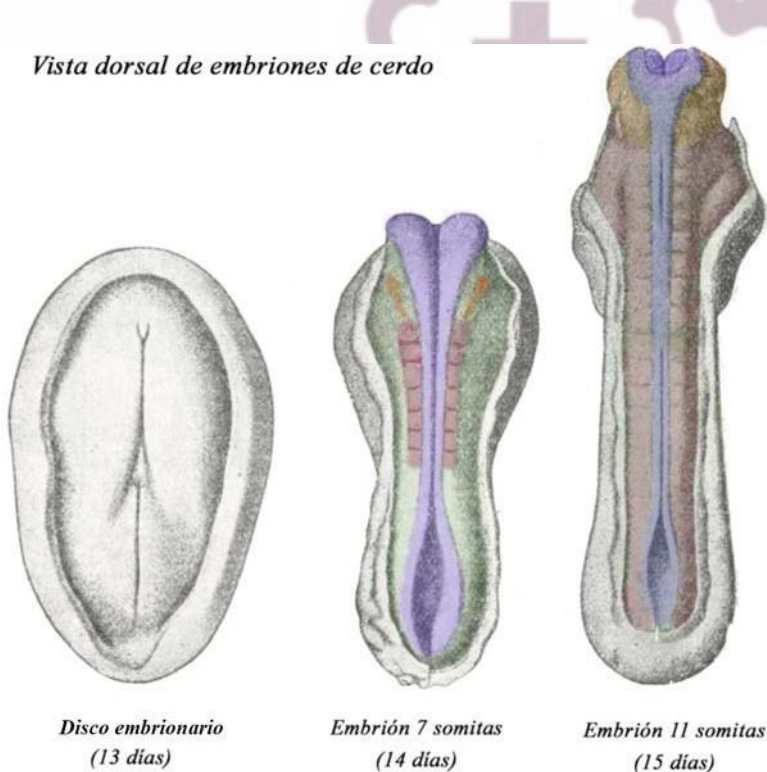


Figura 7. El esquema muestra la vista dorsal de embriones de cerdo en proceso de neurulación temprana (se ha retirado el amnios). En sólo 48 horas se ha diferenciado en la región dorsal y mediana un surco que se transforma en tubo neural. Además el mesodermo subyacente evidencia la formación de somitos a ambos lados del tubo neural. Desde un simple disco embrionario las hojas que forman el embrión comienzan procesos de transformación que modifican rápidamente la morfología externa.

El otro elemento importante para diferenciar las estructuras embrionarias refiere al concepto de estructuras intra y extraembrionarias. Los plegamientos que sufre el embrión en distintas etapas del desarrollo afectan su anatomía plana y hacen evidentes las dos porciones continuas de la vesícula embrionaria. El mesodermo forma parte de la estructura íntima del embrión y se diferenciará en varias regiones para formar numerosos tejidos y órganos. Sin embargo, por otro lado, esta capa se continúa directamente en los anexos embrionarios, el primitivo mesénquima que se observa en la figura 3 y que aparece rodeando el amnios, el saco vitelino y que además colabora en la formación de las vellosidades del corion es continuo con la hoja lateral del mesodermo. Dicha continuidad es importante recordarla pues algunas células migran desde los

anexos para colonizar regiones específicas del embrión, como por ejemplo las células germinales primordiales que se originan en el saco vitelino y después de un desplazamiento migratorio se alojan en la cresta germinal del mesodermo lateral (ver desarrollo del sistema urogenital).



**FRANJA MORADA**

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

ACTIVIDAD PRÁCTICA

Se sugiere la lectura y revisión de los conceptos en los distintos textos de Biología del desarrollo y en especial aquellos que aparecen desde la fecundación hasta la gastrulación de los mamíferos.

1- Discuta los aspectos referidos a la reproducción sexual típica de los mamíferos. Repase los conceptos de gónadas y gametas. Redacte una síntesis del repaso realizado.

.....

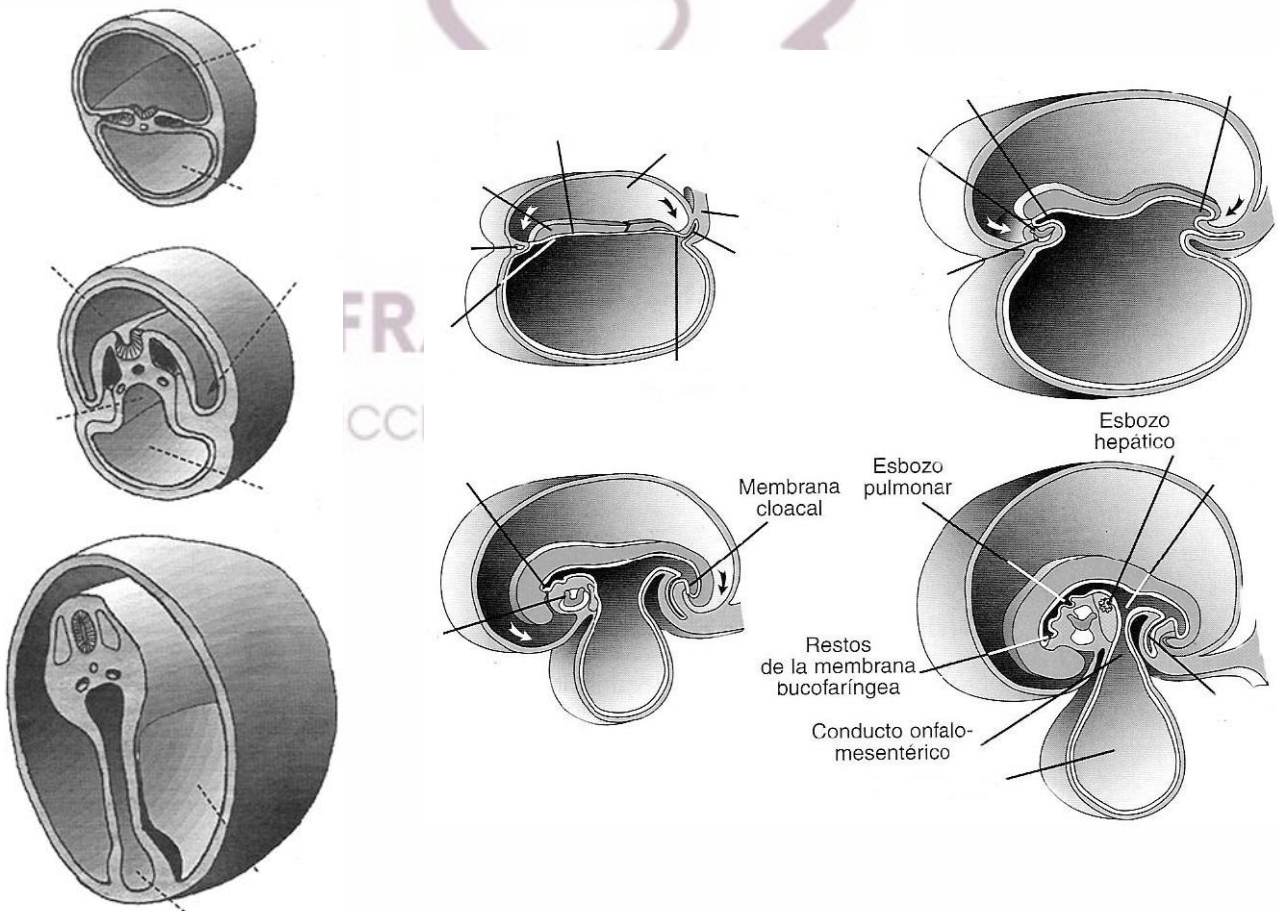
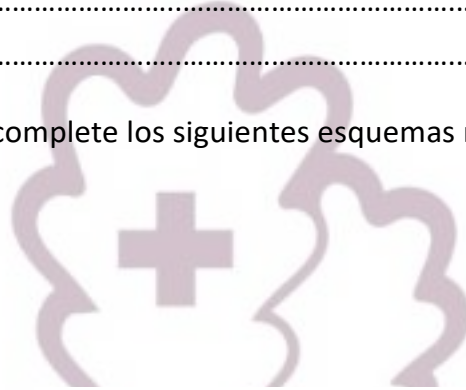
.....

.....

.....

.....

2- Identifique la sección y complete los siguientes esquemas referidos a la etapa de gastrulación.



3- ¿Cuál es la diferencia entre subclase Prototheria y Theria?

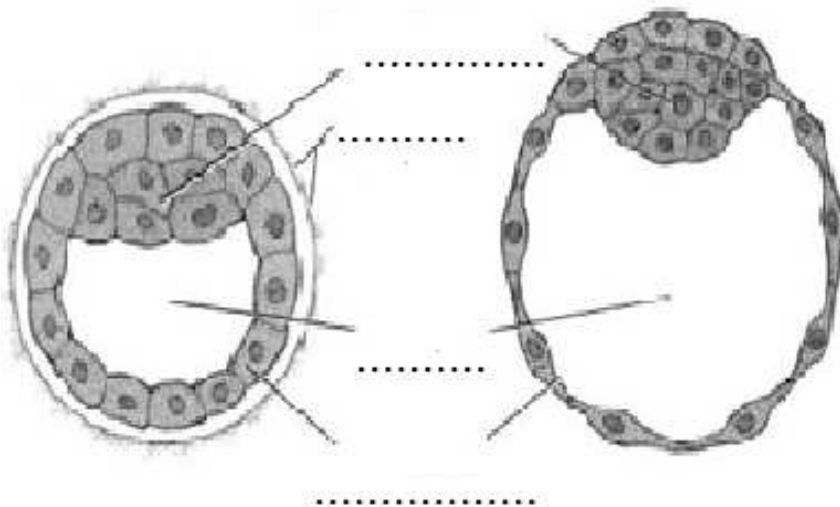
.....  
.....  
.....

4- ¿Cuál es la diferencia entre crías altriciales y precociales?

.....  
.....  
.....

5- En la etapa conocida como SEGMENTACIÓN se diferencian dos estadios evolutivos consecutivos: el de ..... donde los blastómeros forman una esfera compacta, y el estadio de .....

6- Completar el siguiente esquema de un blastocisto.



UNIVERSIDAD DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

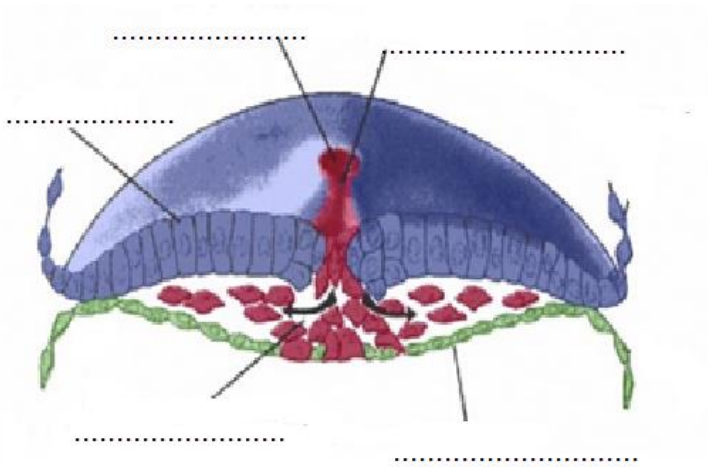
7- Detallar que estructuras se desarrollan a partir del TROFOBLASTO y cuáles del EMBRIOBLASTO

.....  
.....  
.....

8- La reorganización de las células del **embrioblasto** conducen a la formación de un *embrión bilaminar o didérmico* con dos hojas celulares bien diferenciadas: ..... y .....

.....

9- Completar el siguiente esquema con las referencias correspondientes.



10- Definir GASTRULACION

.....  
.....  
.....

11- Definir NEURULACION y mencionar las tres capas definitivas de un EMBRION TRILAMINAR

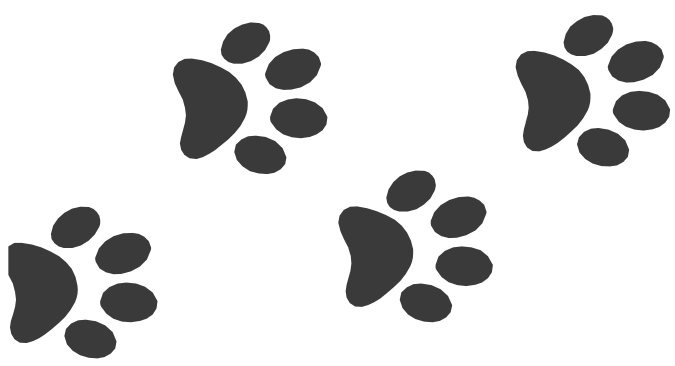
.....  
.....  
.....

FRANJA MORADA

CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES

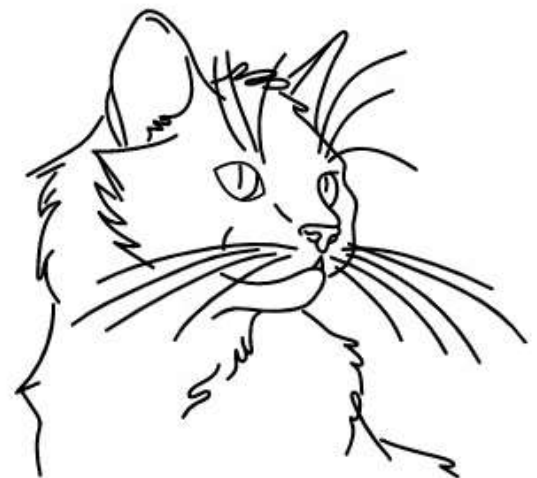






# Biología celular y del desarrollo

**FRANJA MORADA**  
**CONDUCCIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIANTES**



# CIVU 2023

## Módulo Biología Celular y del Desarrollo



**Material complementario optativo**

**Facultad de Ciencias Veterinarias**  
**UNLP**

## **Les damos la bienvenida al Módulo de Biología Celular y del Desarrollo.**

**En este documento van a poder encontrar e ir familiarizándose con los contenidos que se abordaran en el CIVU 2023.**

**El objetivo de este documento es brindar una guía de las lecturas recomendadas mediante cuestionarios  
NO OBLIGATORIOS.**

### **Contenidos**

#### **Clase 1**

- Curso de Biología Celular y del Desarrollo: ubicación en el plan de estudios y organización.
- Características de los seres vivos: organización y complejidad, intercambio de materia, energía e información con el ambiente, homeostasis y metabolismo, reproducción, capacidad de evolucionar.
- Niveles de organización: átomo, molécula, organela, célula, tejido, órgano, sistema, organismo, población, comunidad, ecosistema, biosfera.
- Teoría Celular: postulados.

#### **Clase 2**

- Componentes químicos de las células. Componentes inorgánicos. agua e iones: cationes y aniones. Componentes orgánicos: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Concepto, clasificación y ejemplos de cada uno.
- Unidad y diversidad de los seres vivos: dominios Bacteria, Archea y Eukarya; caracterización general.
- La célula procariota (eubacterias y arqueas). Estructura general y funciones de: pared celular, membrana plasmática, mesosomas, nucleoide, ribosomas, cápsula, flagelos, fimbrias o pilis, materiales de reserva. Generalidades del metabolismo bacteriano.

#### **Clase 3**

- La célula eucariota animal: membrana plasmática, núcleo y citoplasma. Organelas, estructura general y funciones de: ribosomas, retículo endoplásmico, complejo de Golgi, mitocondrias, lisosomas, peroxisomas, citoesqueleto, centríolos, cilias y flagelos.

## Bibliografía

Los contenidos se desarrollarán de acuerdo con los siguientes textos. Podrán optar por cualquiera de ellos.

- ✓ Audesirk T, Audesirk G, Byers BE. **Biología La vida en la tierra**. Editorial Pearson. Octava o novena edición (2008 y 2013, respectivamente).
- ✓ Curtis (†) H, Barnes SN, Schnek A, Flores G (2008) **Biología**. Editorial Médica-Panamericana. Séptima edición.

**Para facilitar el estudio y la lectura de estos temas utilizaremos cuestionarios con preguntas guía.**

### ¿Qué son las preguntas guía?

Son actividades de aprendizaje que dirigen la atención a la información específica del texto que, seleccionada por los docentes, corresponde a los aspectos más relevantes de cada tema. A diferencia de las preguntas de examen que se formulan para evaluar si un texto se ha leído y aprendido, las preguntas guía, en cambio, son las que regulan su lectura.

Las preguntas guía les darán una orientación general acerca de los contenidos y les ayudarán a analizar la información y a distinguir, relacionar y organizar los conceptos principales, todas estas tareas que forman parte de la lectura de un texto. En este punto es indispensable reconocer que **la lectura es un instrumento de aprendizaje: aprendemos cuando leemos y, además, leemos para aprender.**

Responder las preguntas guía no forma parte de las actividades obligatorias del curso, pero sepanque cuentan con sus docentes para ayudarlos si tuvieran dudas.

## Preguntas guía Clase 1<sup>1</sup>

### Bibliografía

- ✓ Audesirk T, Audesirk G, Byers BE. Biología La vida en la tierra. Editorial Pearson. Octava o novena edición (2008 y 2013, respectivamente). **Capítulo 1.**
- ✓ Curtis (†) H, Barnes SN, Schnek A, Flores G (2008) Biología. Editorial Médica-Panamericana. Séptima edición. **Capítulo 1.**

En uno de los textos seleccionados para estudiar los contenidos de esta primera clase se puede leer:

*¿Qué es la vida? Si consultamos la palabra vida en un diccionario, encontraríamos definiciones como “la cualidad que distingue a un ser vital y funcional, de un cuerpo inerte”<sup>2</sup>; pero no sabríamos en qué consiste tal “cualidad”. (Audesirk et al, 2008, p. 10)*

La pregunta por la vida se vuelve entonces difícil de contestar. En otro de los textos podemos leer “*No hay vida, sino organismos vivos*” (Curtis et al, 2008, p. 13). Es por eso que, siguiendo a los autores seleccionados, para caracterizar a los organismos vivos se analizarán las características listadas en los contenidos. Para ayudarse en esa tarea tienen las siguientes preguntas guía.

1. Una de las características de los seres vivos es su **organización**. Según el diccionario de la Real Academia Española (<http://dle.rae.es/>) la palabra organización tiene varias acepciones:

1. f. Acción y efecto de organizar u organizarse.
2. f. Disposición de los órganos de la vida, o manera de estar organizado el cuerpo animal o vegetal.
3. f. Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines.
4. f. Disposición, arreglo, orden.

¿Cuál de los significados anteriores se aplica mejor a los seres vivos? Expliquen los motivos de su respuesta.

2. **Complejidad**, según el diccionario citado en el punto anterior, es la “cualidad de complejo”; si se busca “complejo” se encuentran varias acepciones, de las cuales la primera y la tercera guardan relación con los seres vivos:

- adj. Que se compone de elementos diversos.
- m. Conjunto o unión de dos o más cosas que constituyen una unidad.

<sup>1</sup> Autoría: Norma González, Rocío Hernández y Lucía Karlen.

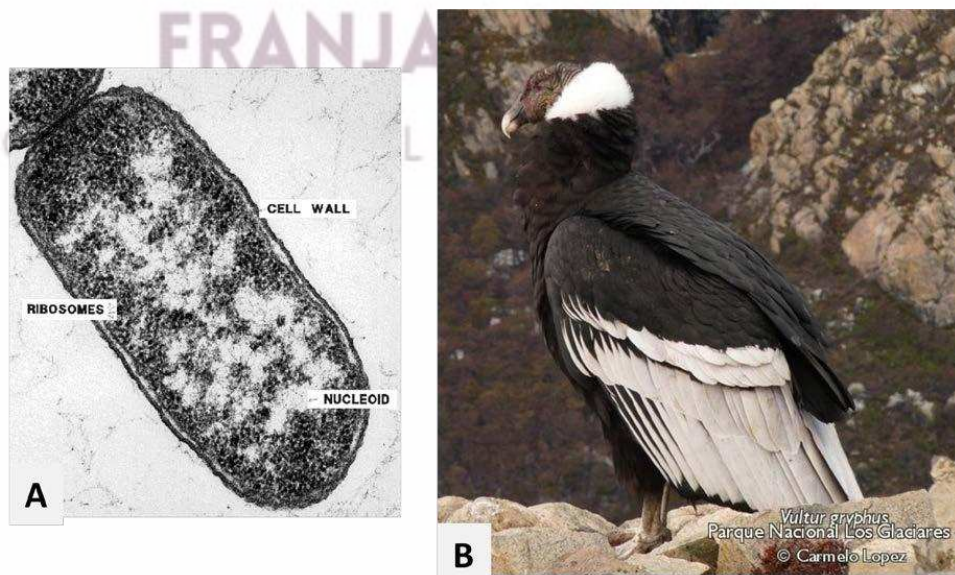
<sup>2</sup> Acepción: cada uno de los significados de una palabra según los contextos en que aparece (<http://dle.rae.es/>).



En biología el concepto de complejidad incluye, además de la consideración anterior referida a la composición, a las relaciones entre sus partes o componentes. Se puede leer en la Web: “*Aunque no se tiene una definición precisa y universalmente aceptada de qué son los sistemas complejos, estos se pueden caracterizar en términos de sus propiedades. Entre sus aspectos más importantes encontramos que son **sistemas formados por un conjunto grande de componentes individuales que interactúan fuertemente entre sí**...*”

Utilicen los aspectos destacados en negrita para comparar la complejidad que tiene una bacteria como *Escherichia coli* (Fig. 1A) respecto de un ave (Fig. 1B). Las siguientes preguntas les ayudarán a realizar esta comparación:

- Un sistema está formado por diferentes componentes que se relacionan entre si y permiten su funcionamiento. Cada una de las partes que forma el sistema tiene una función específica, pero, para mantener el conjunto en funcionamiento unas dependen de las otras y actúan en forma integrada. Los seres vivos son sistemas por lo que pueden estudiarse como un sistema. Esta bacteria, como sistema ¿cuántos “componentes” presenta?
- Consideren ahora al cóndor como sistema ¿tiene más componentes o menos componentes en comparación a *Escherichia coli*?
- Otro aspecto de los sistemas son las interacciones de sus componentes. Si se compara a la bacteria con el cóndor ¿cuál de estos seres vivos presentará más interacciones entre sus componentes?



**Figura 1. A: *Escherichia coli*.** Descargada de: <http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteriatem.gif>; *cell wall*: pared celular; *ribosomes*: ribosomas; *nucleoid*: nucleoide. **B: Cóndor andino (*Vultur gryphus*).** Descargado de: <http://www.sib.gov.ar/>.

<sup>3</sup> <http://www.revistac2.com/sistemas-biologicos-y-complejidad/>



3. Respecto de la **homeostasis**:
  - a. definan este término.
  - b. Respondan ¿qué relación tiene la homeostasis con la organización y complejidad de los seres vivos?
4. Los seres vivos son **sistemas abiertos**, esto es que intercambian materia y energía con el medio exterior. Tomen como ejemplo un yaguareté como el de la Figura 2.



**Figura 2.** Yaguareté (*Panthera onca*). Descargado de: <http://www.sib.gov.ar/>

- a. mencionen cuáles podrían ser esos intercambios de materia y energía,
  - b. expliquen la (o las) relación (o relaciones) entre los intercambios con el medio exterior y el metabolismo de este animal.
5. A los intercambios de materia y energía que realizan los seres vivos (mencionados en el punto anterior) se debe sumar el intercambio de **información** con el medio exterior. Establezcan cuál es la información y cómo se procesa en el ejemplo del yaguareté.
6. La capacidad de reproducirse es una de las características de los seres vivos que se identifican más fácilmente.
- a. Definan el término **reproducción**.
  - b. Respondan ¿cómo se relaciona la reproducción con las restantes características?
7. Si pudiéramos ver al mismo tiempo a todos los seres vivos que existen sobre la Tierra, su diversidad resultaría sorprendente no solo por sus tamaños sino por sus formas corporales, modos de reproducción, tipo de metabolismo, etc. Sin embargo, los seres vivos comparten una historia evolutiva y esto se relaciona con la capacidad de evolucionar. Así, dos organismos vivos cualesquiera que vemos hoy en día, por diferentes que sean, han compartido un antecesor común en algún momento del pasado.

Retomen el ejemplo del yaguareté y comenten la siguiente frase: “*Este animal tiene un antecesor común con cualquiera de las bacterias existentes en la actualidad*”.

A los seres vivos se los define por sus características, una de ellas es la **organización**. Estas preguntas guías están destinadas al análisis de los diferentes niveles en que se manifiesta la organización en los seres vivos.

8. La materia se compone de **átomos y moléculas**.

a. Definan cada uno de estos términos.

b. Mencionen dos ejemplos de cada uno.

9. En Curtis et al. (2008, p. 25) se lee: “*El nivel de organización más simple de la materia es el subatómico. En este nivel se encuentran principalmente los protones, los neutrones y los electrones que constituyen los átomos. En un siguiente nivel, los átomos individuales forman moléculas. El nivel molecular contiene los niveles atómico y subatómico y moléculas más complejas o macromoléculas formadas a partir de moléculas simples.*”

Audesirk et al. (2008) en su texto expresan lo siguiente acerca de los átomos y moléculas (p. 2): “*Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades de ese elemento. [...]. Los átomos pueden combinarse de formas específicas para formar estructuras llamadas moléculas.*”

a. Examinen y comparen ambos textos. ¿En qué aspectos son similares lo que cada texto presenta? ¿En cuáles aspectos resultan diferentes?

b. ¿Creen Uds. que los autores se contradicen entre sí en la forma en que desarrollan los aspectos referidos a átomos y moléculas? Expliquen los motivos de su respuesta.

10. Revisen los contenidos de esta clase y encontrarán el nivel de **organela**; en clase veremos los motivos por los que incluimos este nivel. Su denominación en los diferentes textos de biología a veces es reemplazada por sinónimos como orgánulo y organelo.

a. Definan este término.

b. Mencionen ejemplos.

11. La **célula** puede ser definida como la unidad más pequeña de vida.

Repasen las características de los seres vivos vistos en la primera clase y explique de qué manera se concretan esas características para el **nivel célula**.

12. Las células interactúan entre sí y forman **tejidos**.

- a. ¿Qué es un tejido?
- b. ¿Qué ejemplos de tejidos menciona sus textos?
13. Respecto de los niveles **órgano** y **sistema**:
- a. Definan cada uno.
- b. Mencionen algunos ejemplos que sean diferentes de los que figuran en los textos.
- c. Expliquen la relación entre estos dos niveles teniendo en cuenta su complejidad (si no recuerdan qué es la complejidad, vuelva a la clase 1 y repásenlo).
14. El nivel siguiente a los tratados en el punto 6 es el de **organismo**.
- a. Mencionen ejemplos de organismos unicelulares.
- b. ¿Recuerdan al yaguareté y al cóndor de la primera clase? En esta clase los tomaremos como ejemplos de organismos multicelulares. Mencionen otros ejemplos de organismos multicelulares.
15. Los niveles de organización se extienden más allá del organismo. En biología se pueden estudiar niveles en los cuales se generan interacciones entre los organismos y entre ellos con su ambiente. Se trata de los niveles de **población**, **comunidad**, **ecosistema** y **biosfera**.
- a. Señalen las características de cada uno de ellos.
- b. Cada nivel de organización incorpora a los niveles inferiores: expliquen cómo ocurre esta incorporación en los niveles que definió en el ítem 8 a.
16. A medida que avanzaron en la lectura, habrán encontrado frases como: *“Las interacciones entre los componentes de un nivel dan lugar a propiedades nuevas y diferentes que las que caracterizan el nivel anterior. [...] el cerebro es, a su vez, parte de una entidad mayor, el sistema nervioso, con nuevas propiedades que a su vez dependen de las del cerebro.”* (Curtis et al. 2008, p. 25).
- Esas propiedades se denominan **propiedades emergentes**. Las propiedades emergentes de un cierto nivel de organización biológica no se hallan en los niveles inferiores a él. Por ejemplo, las propiedades de las moléculas de agua son diferentes a las del hidrógeno y el oxígeno que las forman. Respecto entonces de las **propiedades emergentes**, respondan:
- a. Los pulmones son órganos del sistema respiratorio. ¿Cómo caracterizaría este órgano desde sus propiedades emergentes?
- b. ¿Cuáles son las propiedades emergentes del sistema respiratorio?
17. Mencioná los postulados de la Teoría Celular.

## Preguntas guía Clase 2<sup>4</sup>

### Bibliografía

- ✓ Audesirk T, Audesirk G, Byers BE. Biología La vida en la tierra. Editorial Pearson. Octava o novena edición (2008 y 2013, respectivamente). **Capítulos 1, 3 y 4.**
- ✓ Curtis (†) H, Barnes SN, Schnek A, Flores G (2008) Biología. Editorial Médica-Panamericana. Séptima edición. **Capítulo 24.**

1. A medida que leen los materiales seleccionados para este Módulo, habrán visto que los libros de texto presentan diferentes recursos didácticos como recuadros que profundizan sobre algún tema en particular, redacciones sobre otros aspectos relacionados de forma directa o indirecta con el tema del capítulo, resúmenes, estudios de caso, etc. Entre esos recursos didácticos se encuentran las preguntas que, en uno de los textos sirven para presentar las secciones principales del capítulo; en otro texto las preguntas sirven para poner a prueba los conocimientos adquiridos. Se transcriben a continuación las preguntas de interés principal para este curso:

¿Cómo se sintetizan las moléculas orgánicas?

¿Qué son los carbohidratos?

¿Qué son los lípidos?

¿Qué son las proteínas?

¿Qué son los ácidos nucleicos?

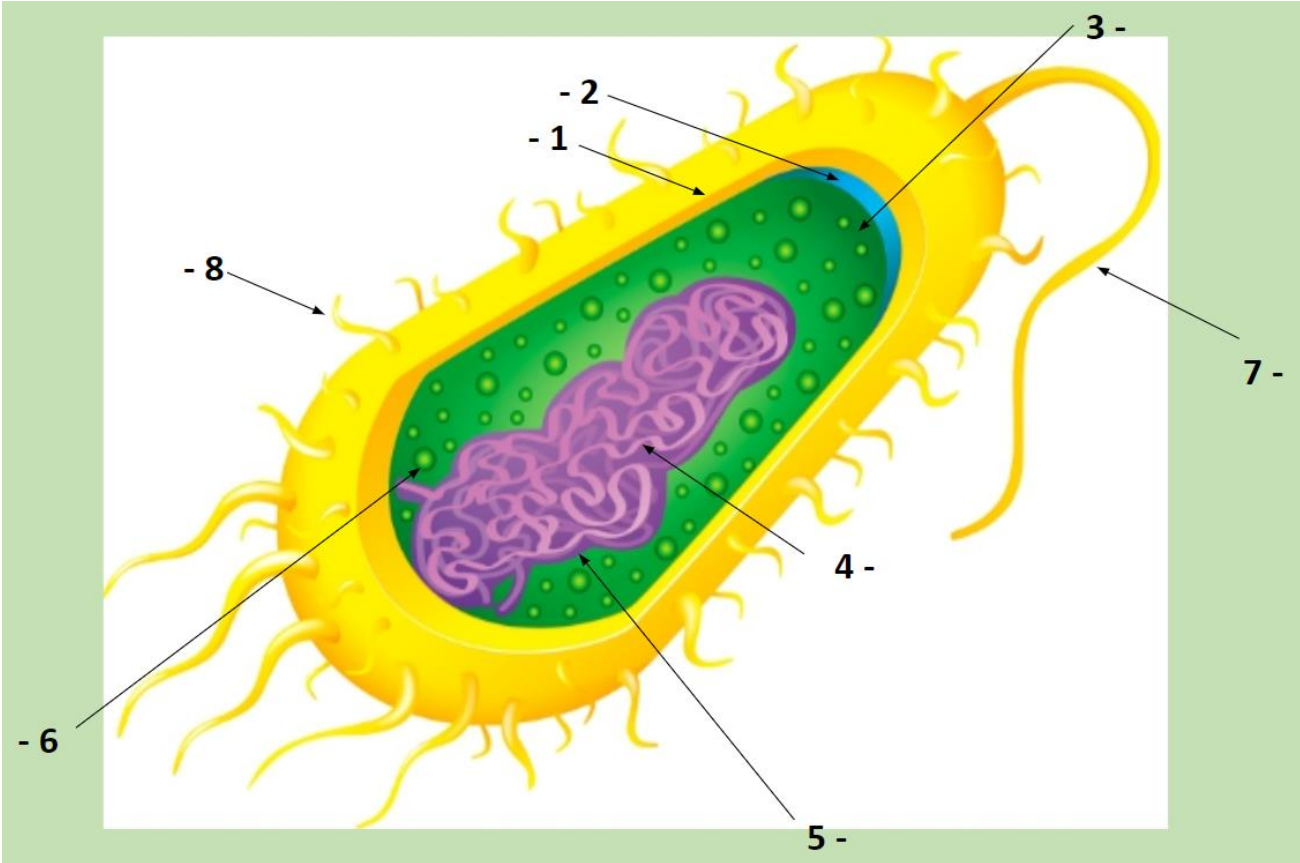
La tarea que se propone es realizar la lectura de estas secciones y elaborar las respuestas correspondientes con una extensión de hasta cien palabras. En clase se profundizará el tratamiento de las biomoléculas mediante actividades de lectura y escritura.

2. Célula procariota:

- a. Nombrá, definí la función de cada uno de los componentes de la célula procariota.
- b. Completá el siguiente esquema con los componentes de una célula procariota.

---

<sup>4</sup> Autoría: Norma González, Lucía Karlen y Javier Barberón.





## Preguntas guía Clase 3

### Bibliografía

- ✓ Audesirk T, Audesirk G, Byers BE. Biología La vida en la tierra. Editorial Pearson. Octava o novena edición (2008 y 2013, respectivamente). **Capítulos 4.**
- ✓ Curtis (†) H, Barnes SN, Schnek A, Flores G (2008) Biología. Editorial Médica-Panamericana. Séptimaedición. **Capítulo 2.**

1. Célula eucariota:
  - c. Nombrá, definí la función de cada uno de los componentes de la célula eucariota animal.
  - d. Completá el siguiente esquema con los componentes de una célula eucariota animal.

