

## ÍNDICE

Prólogo .....	17
UNIDAD DIDÁCTICA I	
Tema 1. Introducción a la Química Orgánica ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ) .....	21
1.1. Introducción .....	23
1.2. El átomo de carbono .....	24
1.3. Tipos de hibridación de los orbitales atómicos del átomo de carbono.	25
1.4. Efectos electrónicos de las moléculas orgánicas. Carácter polar del enlace covalente .....	32
1.5. Isomería .....	38
1.6. Clasificación de los compuestos orgánicos. Grupos funcionales .....	41
Resumen de conceptos importantes .....	43
Ejercicios de autocomprobación .....	45
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	48
Tema 2. Alcanos ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ) .....	51
2.1. Definición y clasificación de los alcanos .....	53
2.2. Nomenclatura de los alcanos .....	53
2.3. Propiedades físicas de los alcanos .....	58
2.4. Análisis conformacional de los alcanos .....	59
2.5. Reactividad general de los alcanos .....	63
2.6. Métodos de obtención de alcanos .....	68
Resumen de conceptos importantes .....	71
Ejercicios de autocomprobación .....	72
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	75

Tema 3. Cicloalcanos ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	81
3.1. Definición, nomenclatura y propiedades físicas de los cicloalcanos. ....	83
3.2. Estructura y tensión del anillo en cicloalcanos .....	86
3.3. Ciclohexano: conformaciones .....	91
3.4. Ciclohexanos monosustituidos .....	93
3.5. Análisis conformacional de ciclohexanos disustituidos .....	94
3.6. Reactividad y métodos de obtención de los cicloalcanos .....	96
3.7. Alcanos policíclicos .....	99
Resumen de conceptos importantes .....	103
Ejercicios de autocomprobación .....	104
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	106
Tema 4. Estereoisomería ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	111
4.1. Introducción .....	113
4.2. Moléculas quirales .....	114
4.3. Configuración absoluta .....	116
4.4. Moléculas con varios centros estereogénicos: diastereoisómeros ....	121
4.5. Estereoquímica dinámica .....	125
Resumen de conceptos importantes .....	126
Ejercicios de autocomprobación .....	127
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	129
UNIDAD DIDÁCTICA II	
Tema 5. Halogenuros de alquilo: sustitución nucleófila alifática ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	141
5.1. Clasificación y nomenclatura de los halogenuros de alquilo .....	143
5.2. Estructura y propiedades físicas de los halogenuros de alquilo .....	144
5.3. Sustitución nucleófila alifática .....	145
5.4. Cinética de la sustitución nucleófila alifática: dualidad de mecanismos.	147
5.5. Reacción S <sub>N</sub> 2 .....	149
5.6. Reacción S <sub>N</sub> 1 .....	154
Resumen de conceptos importantes .....	162
Ejercicios de autocomprobación .....	163
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	166

---

Tema 6. Halogenuros de alquilo: reacciones de eliminación ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	175
6.1. Reacciones de eliminación en los halogenuros de alquilo .....	177
6.2. Reacción E2: orientación y reactividad .....	178
6.3. Reacción E1: orientación y reactividad .....	181
6.4. Competencia E2 / E1 .....	183
6.5. Competencia Eliminación-Sustitución. Resumen de reactividad: S <sub>N</sub> 1, S <sub>N</sub> 2, E1, E2 .....	183
6.6. Métodos de obtención de halogenuros de alquilo .....	187
Resumen de conceptos importantes .....	189
Ejercicios de autocomprobación .....	191
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	194
 Tema 7. Alcoholes ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	 201
7.1. Nomenclatura de los alcoholes .....	203
7.2. Estructura y propiedades físicas de los alcoholes .....	205
7.3. Acidez y basicidad de los alcoholes .....	206
7.4. Reacciones de los alcoholes .....	208
7.5. Métodos de obtención de alcoholes .....	219
7.6. Compuestos organometálicos de litio y magnesio .....	222
7.7. Reactivos organometálicos de litio y magnesio en la síntesis de alcoholes.	224
Resumen de conceptos importantes .....	225
Ejercicios de autocomprobación .....	227
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	230
 Tema 8. Éteres y epóxidos. Compuestos de azufre ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	 237
8.1. Nomenclatura de los éteres .....	239
8.2. Estructura y propiedades físicas de los éteres .....	240
8.3. Reactividad general de los éteres .....	241
8.4. Reacciones de apertura del anillo de los epóxidos .....	242
8.5. Métodos de obtención de éteres. Síntesis de Williamson .....	247
8.6. Análogos con azufre de alcoholes y éteres: tioles y sulfuros .....	252
Resumen de conceptos importantes .....	256
Ejercicios de autocomprobación .....	258
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	261

## UNIDAD DIDÁCTICA III

Tema 9. Determinación estructural por métodos espectroscópicos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	271
9.1. Espectroscopía .....	273
9.2. Radiación electromagnética .....	273
9.3. Espectroscopía de absorción .....	274
9.4. Espectroscopía visible (V) y ultravioleta (UV) .....	276
9.5. Espectroscopía infrarroja (IR) .....	280
9.6. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) .....	282
9.7. Espectrometría de masas (EM) .....	290
Resumen de conceptos importantes .....	293
Ejercicios de autocomprobación .....	294
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	295
Tema 10. Alquenos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	297
10.1. Estructura del doble enlace .....	299
10.2. Nomenclatura de los alquenos e isomería <i>cis-trans</i> .....	299
10.3. Propiedades físicas de los alquenos .....	302
10.4. Reacciones de adición al doble enlace .....	302
10.5. Reducción del doble enlace. Hidrogenación catalítica .....	311
10.6. Oxidación del doble enlace .....	312
10.7. Polimerización .....	315
10.8. Métodos de obtención de alquenos .....	318
Resumen de conceptos importantes .....	323
Ejercicios de autocomprobación .....	324
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	327
Tema 11. Dienes ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	333
11.1. Nomenclatura y clasificación de los dienos .....	335
11.2. Estabilidad y estructura de los dienos conjugados .....	336
11.3. Adición de electrófilos a dienos conjugados. Adición 1,2 y 1,4. Carbocationes alílicos .....	338
11.4. Adición 1,2 vs 1,4. Control cinético vs control termodinámico .....	340
11.5. Reacciones de cicloadición de Diels-Alder .....	341
11.6. Polimerización de dienos conjugados .....	346
11.7. Métodos de obtención de dienos conjugados .....	348

Resumen de conceptos importantes .....	349
Ejercicios de autocomprobación .....	351
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	354
Tema 12. Alquinos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez</i> ) .....	361
12.1. Nomenclatura de los alquinos .....	363
12.2. Estructura y enlace de los alquinos. Propiedades físicas .....	364
12.3. Reacciones de los alquinos .....	365
12.4. Métodos de obtención de alquinos .....	374
Resumen de conceptos importantes .....	375
Ejercicios de autocomprobación .....	377
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	380
UNIDAD DIDÁCTICA IV	
Tema 13. El benceno y la sustitución electrófila aromática ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	391
13.1. Nomenclatura de los derivados del benceno .....	393
13.2. Estabilidad y estructura electrónica del benceno: Aromaticidad ....	395
13.3. Sustitución electrófila aromática (S <sub>E</sub> Ar) .....	398
13.4. Formaciones de enlace C-C: Reacciones de Friedel-Crafts .....	404
Resumen de conceptos importantes .....	407
Ejercicios de autocomprobación .....	409
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	411
Tema 14. Ataque electrófilo y nucleófilo sobre derivados del benceno ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	417
14.1. Efectos de los sustituyentes en la sustitución electrófila aromática	419
14.2. Orientaciones de los sustituyentes .....	426
14.3. Sustitución nucleófila aromática .....	432
14.4. Otras reacciones del benceno .....	434
14.5. Bencenos sustituidos: Fenoles .....	436
Resumen de conceptos importantes .....	443
Ejercicios de autocomprobación .....	445
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	447

Tema 15. El grupo carbonilo: aldehídos y cetonas ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ) .....	457
15.1. Definición y nomenclatura de aldehídos y cetonas .....	459
15.2. Estructura del grupo carbonilo. Propiedades físicas de aldehídos y cetonas .....	462
15.3. Reactividad general de aldehídos y cetonas. Estudio comparativo ..	463
15.4. Reacciones de adición nucleófila .....	465
15.5. Oxidación de aldehídos y cetonas .....	473
15.6. Reducción de aldehídos y cetonas .....	475
15.7. Métodos de obtención de aldehídos y cetonas .....	476
Resumen de conceptos importantes .....	479
Ejercicios de autocomprobación .....	480
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	483
 Tema 16. Enoles y enonas: aldehídos y cetonas $\alpha,\beta$ -insaturados ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ) .....	491
16.1. Tautomería ceto-enol .....	493
16.2. Reacciones de condensación aldólica .....	498
16.3. Otras reacciones de condensación .....	502
16.4. Aldehídos y cetonas $\alpha,\beta$ -insaturados. Estructura y nomenclatura .	504
Resumen de conceptos importantes .....	508
Ejercicios de autocomprobación .....	509
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	512

## UNIDAD DIDÁCTICA V

Tema 17. Aminas ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	521
17.1. Definición y clasificación de las aminas .....	523
17.2. Nomenclatura de las aminas .....	525
17.3. Propiedades físicas y propiedades ácido-base .....	526
17.4. Reacciones de las aminas .....	530
17.5. Aplicaciones sintéticas de las aminas .....	537
17.6. Métodos de obtención de aminas .....	544
Resumen de conceptos importantes .....	547
Ejercicios de autocomprobación .....	548
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	551

---

Tema 18. Ácidos carboxílicos ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ) .....	559
18.1. Definición y nomenclatura .....	561
18.2. Estructura del grupo carboxilo. Propiedades físicas de los ácidos carboxílicos .....	563
18.3. Acidez del grupo carboxilo .....	564
18.4. Reactividad del grupo carboxilo .....	567
18.5. Ácidos dicarboxílicos .....	574
18.6. Métodos de obtención de ácidos carboxílicos .....	577
Resumen de conceptos importantes .....	579
Ejercicios de autocomprobación .....	581
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	584
Tema 19. Derivados de los ácidos carboxílicos ( <i>Dra. Amelia García Fraile</i> ). .....	591
19.1. Clasificación, propiedades físicas y características estructurales ..	593
19.2. Reactividad relativa de los derivados de los ácidos carboxílicos ...	594
19.3. Halogenuros de ácido. Nomenclatura y propiedades físicas .....	595
19.4. Anhídridos de ácido. Nomenclatura y propiedades físicas .....	599
19.5. Ésteres. Nomenclatura y propiedades físicas .....	601
19.6. Amidas. Nomenclatura y propiedades físicas .....	607
19.7. Nitrilos. Nomenclatura y propiedades físicas .....	611
19.8. Peroxiácidos. Estructura, propiedades y métodos de obtención ....	615
19.9. Cetenas. Estructura, propiedades y métodos de obtención .....	616
Resumen de conceptos importantes .....	619
Ejercicios de autocomprobación .....	620
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	623
Tema 20. Compuestos difuncionales ( <i>Dra. Concepción López García</i> ) .....	633
20.1. Introducción .....	635
20.2. Halogenoácidos .....	635
20.3. Hidroxiácidos .....	637
20.4. Ácidos insaturados .....	640
20.5. Compuestos dicarbonílicos .....	643
20.6. Síntesis malónica y síntesis acetilacética .....	647
Resumen de conceptos importantes .....	653
Ejercicios de autocomprobación .....	655
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación. ....	657

## UNIDAD DIDÁCTICA VI

Tema 21. Compuestos aromáticos policíclicos y heterocíclicos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	667
21.1. Compuestos aromáticos policíclicos .....	669
21.2. Heterociclos .....	682
21.3. Heterociclos aromáticos pentagonales con un heteroátomo. Pirrol, furano y tiofeno .....	685
21.4. Heterociclos aromáticos pentagonales con varios heteroátomos. Azoles .....	690
21.5. Heterociclos aromáticos hexagonales con un heteroátomo. Piridina.	691
21.6. Heterociclos de anillos condensados. Indol, quinolina e isoquinolina.	695
21.7. Alcaloides .....	698
Resumen de conceptos importantes .....	700
Ejercicios de autocomprobación .....	701
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación. ....	703
Tema 22. Carbohidratos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	711
22.1. Carbohidratos .....	713
22.2. Monosacáridos. Clasificación .....	713
22.3. Configuración de monosacáridos. Series D y L .....	714
22.4. Reacciones generales de los monosacáridos .....	716
22.5. Estructura cíclica de los azúcares .....	722
22.6. Determinación del tamaño del anillo .....	726
22.7. Azúcares naturales: disacáridos, trisacáridos y polisacáridos .....	728
22.8. Azúcares naturales modificados .....	736
Resumen de conceptos importantes .....	737
Ejercicios de autocomprobación .....	738
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	740
Tema 23. Aminoácidos, péptidos y proteínas. Ácidos nucleicos ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	747
23.1. Nomenclatura y clasificación de los aminoácidos .....	749
23.2. Estructura de ion dipolar de los aminoácidos. Punto isoeléctrico ..	750
23.3. Configuración de los aminoácidos .....	751
23.4. Reacciones de los aminoácidos .....	751
23.5. Síntesis de aminoácidos .....	755



---

23.6. Péptidos y proteínas .....	758
23.7. Estructura y conformación de las cadenas de péptidos y proteínas. ....	758
23.8. Síntesis de péptidos .....	762
23.9. Péptidos y proteínas de interés biológico .....	765
23.10. Ácidos nucleicos: ADN y ARN .....	766
Resumen de conceptos importantes .....	770
Ejercicios de autocomprobación .....	772
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	774
Tema 24. Lípidos derivados de acetil coenzima A ( <i>Dra. M.<sup>a</sup> del Pilar Cabildo Miranda</i> ) .....	781
24.1. Lípidos .....	783
24.2. Grasas y aceites .....	783
24.3. Fosfolípidos. Fosfoglicéridos: Lecitinas y cefalinas. Plasmalóge- nos y esfingolípidos .....	787
24.4. Terpenos .....	790
24.5. Esteroides .....	791
24.6. Prostaglandinas .....	798
Resumen de conceptos importantes .....	800
Ejercicios de autocomprobación .....	801
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación .....	803
Bibliografía .....	807

## 1.1. Introducción

En los comienzos del siglo XIX, la Química era esencialmente descriptiva. Casi lo único que los químicos de aquella época podían hacer era dividir la materia en dos grandes categorías: sustancias orgánicas e inorgánicas. Las primeras se definen como compuestos que derivan directa o indirectamente de los seres vivos; mientras que las segundas son las que proceden de fuentes inanimadas.

Inicialmente la Química centró su atención en las sustancias inorgánicas, siendo su análisis relativamente sencillo dado que sus moléculas consistían, por lo general, en un pequeño número de átomos diferentes combinados en proporciones definidas. Cuando los químicos comenzaron a analizar las sustancias orgánicas, el cuadro parecía ser completamente distinto. Las sustancias podían tener la misma composición y mostrar, sin embargo, propiedades muy diferentes. Por ejemplo, el dimetil éter y el etanol presentan la misma fórmula empírica ( $C_2H_6O$ ), sin embargo, el primero es un gas a temperatura ambiente mientras que el etanol es un líquido. Esto llevó a suponer que a los compuestos orgánicos no se les podía aplicar las leyes de la Química, puesto que contenían muchos átomos combinados de diferentes formas.

Como consecuencia de estos descubrimientos, Berzelius elaboró la teoría del vitalismo, según la cual era necesaria la participación de una fuerza vital para la síntesis de un compuesto orgánico. Según esto, la síntesis sólo podía tener lugar en organismos vivos y nunca en un laboratorio.

Sin embargo, no pasaron muchos años, hasta que en 1828 el químico alemán Friedrich Wöhler obtuviese en el laboratorio una sustancia orgánica, la urea, por calefacción de cianato amónico, sustancia considerada como inorgánica. Después de este descubrimiento, se sintetizaron otros compuestos orgánicos utilizando sustancias inorgánicas como materiales de partida. En poco tiempo quedó totalmente rechazada la teoría de la fuerza vital, y poco a poco la Química Orgánica empezó a considerarse como una rama más de la Química, regida por las mismas leyes físico-químicas que cualquiera de las demás ramas de esta ciencia.

Así pues, la Química Orgánica quedó definida como la parte de la Química que estudia los compuestos del carbono, definición que aún está justificada, puesto que los compuestos derivados del átomo de carbono presentan propiedades notablemente diferentes a las del resto de compuestos químicos. Las diferencias más notables con los compuestos inorgánicos son: bajos puntos de fusión y ebullición, reactividad más lenta y compleja y estructuras complicadas, en ocasiones, difíciles de elucidar.

La Química Orgánica se relaciona, prácticamente, con todos los aspectos de la vida humana. En los procesos que tienen lugar en el organismo están implicados compuestos orgánicos tales como enzimas, proteínas, hormonas, ácidos nucleicos, etc.; la ropa que nos protege, nylon, poliamidas, etc., es de naturaleza orgánica; el combustible que impulsa los medios de transporte; los fármacos utilizados en el

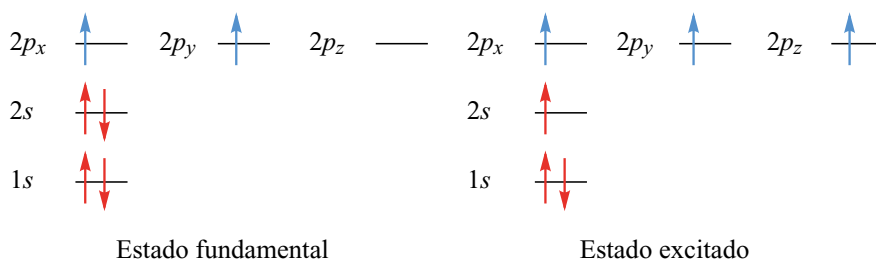
tratamiento de las enfermedades; los plaguicidas que ayudan a combatir a los agentes transmisores de enfermedades en animales y plantas, etc. En resumen, gran parte del mundo que nos rodea está relacionado con la Química Orgánica.

## 1.2. El átomo de carbono

Como se ha dicho anteriormente, la Química Orgánica es la Química del carbono. A partir de carbono, como elemento fundamental, e hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y, en algunos casos, otros elementos, pueden formularse innumerables compuestos presentes en la Naturaleza o sintetizados en el laboratorio.

Cabe preguntar ahora: ¿por qué el átomo de carbono puede dar lugar a un número tan elevado de compuestos indispensables para la vida como son, por ejemplo, las proteínas?

El átomo de carbono ocupa el sexto lugar en el sistema periódico, por lo que su configuración electrónica es:  $1s^2 2s^2 2p^2$ . La distribución energética de los electrones se encuentra representada en la Figura 1.1.



**Figura 1.1.** Distribución electrónica del átomo de carbono en los estados fundamental y excitado.

Según esta disposición cabría esperar que el átomo de carbono fuera bivalente; sin embargo, en casi todos los compuestos orgánicos el carbono es tetravalente, es decir, aporta cuatro electrones al enlace. Para que esto suceda, es necesario que un electrón del orbital  $2s$ , mediante un aporte de energía, pase a ocupar el orbital vacante  $2p_z$ . La nueva distribución electrónica es la representada en la Figura 1.1. Aunque así queda explicada la tetravalencia del carbono no es suficiente para justificar la estructura y naturaleza de sus enlaces.

Para completar el octete electrónico y adoptar la configuración del gas noble correspondiente, el átomo de carbono podría tomar cuatro electrones transformándose en el anión  $C^{4-}$ , adquiriendo la configuración del átomo de Ne, o bien desprenderse de ellos pasando de esta forma al catión  $C^{4+}$  y adoptando la configuración electrónica del He. Ambos procesos son imposibles ya que se requeriría una gran cantidad de energía.

Por ello, para completar el octete electrónico, el átomo de carbono *comparte sus cuatro electrones más externos con los de otros átomos, formando enlaces covalentes*. Esto hace que la característica fundamental de los compuestos orgánicos sea *la presencia de enlaces covalentes en sus moléculas*. Enlaces de carácter iónico pueden observarse en casos aislados.

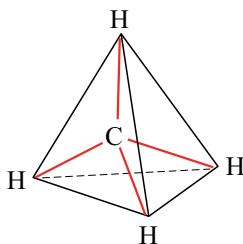
Pero tal vez, la característica más notable que distingue al átomo de carbono de todos los demás elementos, es la capacidad que presenta para formar cadenas uniéndose consigo mismo; es decir, el átomo de carbono puede compartir un electrón con otro átomo de carbono, y así sucesivamente de manera prácticamente ilimitada, por lo que las cadenas carbonadas que se originan dan lugar a un número extremadamente elevado de compuestos.

Otro elemento que desempeña un importante papel en la Química Orgánica es el hidrógeno. La inmensa mayoría de las cadenas carbonadas contienen hidrógeno en su molécula, debido a la gran facilidad que poseen ambos elementos para formar enlaces covalentes. Así pues, sobre los átomos de carbono e hidrógeno queda asentada la base de la Química Orgánica, pues sólo con estos dos elementos se origina la gran serie de hidrocarburos presentes en la Naturaleza. Los demás compuestos orgánicos resultan de sustituir átomos de hidrógeno por otros diferentes, como se verá posteriormente.

### 1.3. Tipos de hibridación de los orbitales atómicos del átomo de carbono

La pregunta que puede plantearse ahora es: ¿qué estructuras presentan las cadenas carbonadas? Para contestar a esta pregunta es necesario, en primer lugar, recurrir a moléculas sencillas como punto de partida para explicar la estructura de otras más complejas.

El estudio por rayos X del metano, el más sencillo de todos los hidrocarburos saturados, de fórmula  $\text{CH}_4$ , demuestra que *todos* los enlaces C–H son equivalentes, con una longitud de 1,10 Å y formando entre sí un ángulo de  $109^\circ 30'$ , lo que les sitúa dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular en el centro del cual se



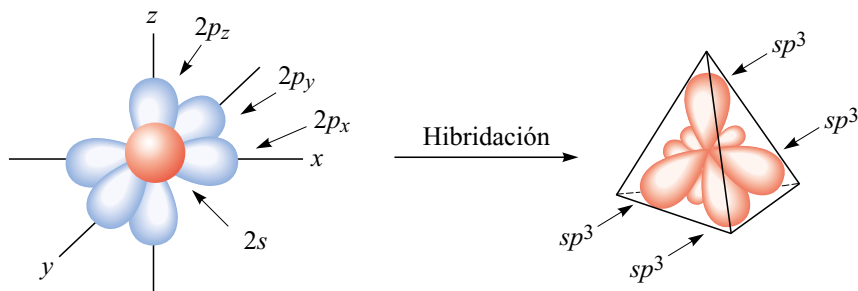
**Figura 1.2.** Estructura tetraédrica de la molécula de metano.

dispone el átomo de carbono y los átomos de hidrógeno en los vértices del mismo, como se muestra en la Figura 1.2.

Es evidente entonces, que la configuración electrónica del átomo de carbono excitado, que se había supuesto anteriormente, no explica la estructura tetraédrica del metano, ya que los tres orbitales  $2p_x$ ,  $2p_y$  y  $2p_z$  del átomo de carbono darían lugar a tres enlaces C–H con ángulos de  $90^\circ$ , siguiendo las direcciones  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , o lo que es lo mismo, los vértices de un cubo, mientras el cuarto enlace C–H originado por el orbital  $2s$  de simetría esférica, y por tanto adireccional, podría seguir cualquier dirección del espacio; es evidente que los cuatro enlaces no serían equivalentes. ¿Cómo puede explicarse entonces la estructura del metano? Para poder hacerlo es necesario recurrir a la teoría de hibridación de orbitales.

### 1.3.1. Hibridación $sp^3$ . Estructura del metano y etano

Linus Pauling, en 1931, demostró que los cuatro orbitales atómicos del átomo de carbono  $2s$ ,  $2p_x$ ,  $2p_y$  y  $2p_z$  pueden combinarse matemáticamente o hibridarse para formar cuatro orbitales equivalentes, orientados en el espacio hacia los vértices de un tetraedro. Estos nuevos orbitales tetraédricos, construidos matemáticamente por combinación de un orbital atómico  $s$  y tres orbitales  $p$ , se denominan *orbitales híbridos  $sp^3$*  como se muestra en la Figura 1.3.

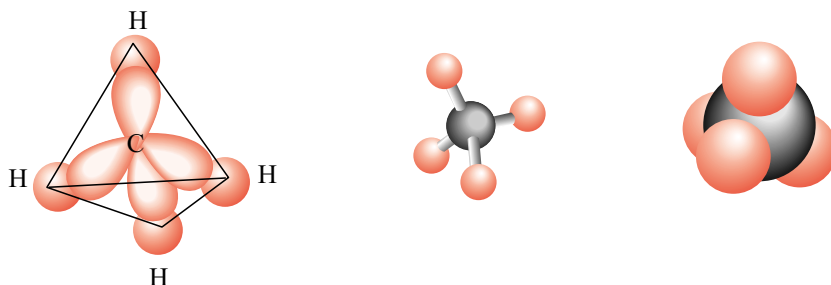


**Figura 1.3.** Formación de cuatro orbitales híbridos  $sp^3$  a partir de un orbital atómico  $s$  y tres orbitales atómicos  $p$ .

El orbital  $sp^3$  se describe como un orbital direccional y es capaz de formar enlaces muy fuertes por interacción con los orbitales de otros átomos. Por ejemplo, la interacción de un orbital híbrido  $sp^3$  del carbono con un orbital  $s$  del hidrógeno da lugar a un enlace  $\sigma$  C–H.

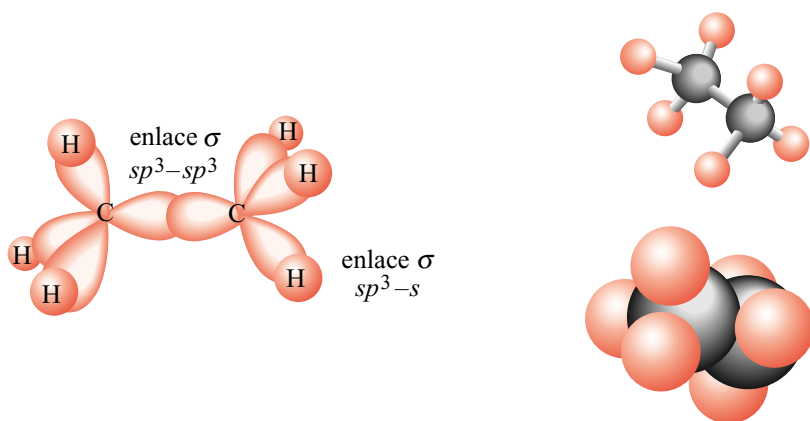
Cuando los cuatro orbitales híbridos del carbono interactúan con los orbitales  $1s$  del átomo de hidrógeno, se forman cuatro enlaces  $\sigma$  C–H idénticos. En la Figura 1.4 está representada la molécula de metano.

Los orbitales híbridos del átomo de carbono pueden interactuar también con otro orbital  $sp^3$  de otro átomo de carbono distinto para formar cadenas de dos, tres,



**Figura 1.4.** Formación de enlaces  $\sigma$  en la molécula de metano y diferentes representaciones de la misma generadas por ordenador.

cuatro o un gran número de eslabones. Por ejemplo, la molécula de etano y puede representarse como se indica en la Figura 1.5.



**Figura 1.5.** Formación de enlaces  $\sigma$  en la molécula de etano y diferentes representaciones de la misma generadas por ordenador.

Como puede observarse, debido a que así lo impone la estructura tetraédrica del átomo de carbono con hibridación  $sp^3$ , las cadenas carbonadas de los hidrocarburos saturados o alcanos, de fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , adoptan una forma característica en zig-zag, por lo que también se les suele representar de la siguiente manera:

