



A) NOMBRE DE CADA CURSO O ACTIVIDAD CURRICULAR:

BIOLÓGIA COMPUTACIONAL DEL DESARROLLO (OPTATIVA)

B) DATOS BÁSICOS DEL CURSO

Semestre	Horas de teoría por semana	Horas de práctica por semana	Horas trabajo adicional estudiante	Créditos
7 u 8	5	0	5	10

C) OBJETIVOS DEL CURSO

Objetivos generales	Al finalizar el curso el estudiante será capaz de comprender las múltiples causas en la determinación de las características fenotípicas. El estudiante entenderá la utilidad de los modelos matemáticos y computacionales para una comprensión cabal de la relación entre genotipo y fenotipo. El estudiante comprenderá las bases de la organización de los mecanismos de desarrollo. Conocerá los principales mecanismos de rompimiento de simetría y de formación de patrones en los seres vivos. Además, el estudiante comprenderá de qué forma la evolución de los mecanismos de desarrollo puede facilitar la evolución adaptativa. El estudiante conocerá de ejemplos de estudios computacionales y matemáticos que han sido útiles para abordar preguntas fundamentales en biología del desarrollo.	
Objetivos específicos	Unidades	Objetivo específico
	1. Introducción	Conocer la importancia e historia del estudio del desarrollo en los seres vivos. Comprender la causalidad múltiple en los procesos de desarrollo y sus principales agentes.
	2. Genes y desarrollo	Conocer familias multigénicas de gran importancia en el desarrollo de plantas y animales. Comprender la importancia de la expresión diferencial de genes y de la regulación de la actividad genética. Comprender y estudiar a los procesos de desarrollo como sistemas dinámicos. Conocer las principales propiedades estructurales y dinámicas de redes de interacción entre componentes moleculares.
	3. Organización espacial de los seres vivos	Conocer los principales mecanismos de rompimiento de simetría y de formación de patrones en los seres vivos. Comprender la relación entre formación de patrones y morfogénesis. Conocer ejemplos exitosos de modelado de procesos morfogenéticos en plantas y animales.
	4. Evolución del desarrollo	Comprender la importancia del desarrollo para la biología evolutiva. Conocer las principales propiedades de los sistemas de desarrollo con importancia evolutiva. Entender el concepto de potencial evolutivo. Conocer ejemplos exitosos de modelado de la evolución de los sistemas de desarrollo y de sus repercusiones en el potencial evolutivo.

D) CONTENIDOS Y MÉTODOS POR UNIDADES Y TEMAS

5 h/semana, 16 semanas: 80 h/semestre

Unidad 1 Introducción	11 h
Tema 1.1. Importancia del estudio del desarrollo	2 h
1.1.1 Importancia en medicina 1.1.2 Importancia económica 1.1.3 Importancia científica	
Tema 1.2. Breve historia de la biología del desarrollo	3 h



	1.2.1 Preformacionismo y epigénesis 1.2.2 Embriología experimental 1.2.3 Genética molecular del desarrollo 1.2.4 Modelos teóricos y computacionales en el desarrollo	
Tema 1.3 Causalidad múltiple en el desarrollo		2 h
	1.3.1 Factores genéticos 1.3.2 Factores ambientales 1.3.3 Factores epigenéticos 1.3.4 Factores estocásticos	
Tema 1.4 RNA: una aproximación simple al desarrollo		4 h
	1.4.1 Estructura secundaria del RNA 1.4.2 Mapeo genotipo-fenotipo en el RNA	
Lecturas y otros recursos	Lecturas complementarias de libros especializados y de artículos de investigación.	
Métodos de enseñanza	Clases presenciales con ayuda de diapositivas y material audiovisual. Lectura de artículos científicos para profundizar en los conocimientos que se adquieran en clase. Análisis grupal de las lecturas.	
Actividades de aprendizaje	Lectura de artículos científicos y elaboración de reportes de lectura para integrar los conocimientos adquiridos en clase. Discusión y análisis en clase de artículos científicos, conceptos y estudios de caso.	

Unidad 2. Genes y desarrollo		22 h
Tema 2.1. Mutaciones homeóticas en plantas y animales		4 h
	2.1.1 Genes Hox en animales 2.1.2 Genes MADS en plantas	
Tema 2.2. Expresión diferencial de genes		4 h
	2.2.1 Expresión condicional en organismos unicelulares 2.2.2 Expresión diferencial en organismos pluricelulares	
Tema 2.3. Regulación de la actividad genética		3 h
	2.3.1 Regulación epigenética 2.3.2 Regulación transcripcional 2.3.3 Regulación post-transcripcional 2.3.4 Regulación post-traducciona	
Tema 2.4 El paisaje epigenético		3 h
	2.4.1 El desarrollo como un sistema dinámico 2.4.2 C.H. Waddington y los paisajes epigenéticos	
Tema 2.5 Redes de regulación genética		8 h
	2.5.1 Epistasis en el desarrollo 2.5.2 Propiedades estructurales de redes de importancia biológica 2.5.3 Organización local de las redes de regulación genética 2.5.4 Dinámica de redes de regulación genética	
Lecturas y otros recursos	Lecturas complementarias de libros especializados y de artículos de investigación.	
Métodos de enseñanza	Clases presenciales con ayuda de diapositivas y material audiovisual. Lectura de artículos científicos para profundizar en los conocimientos que se adquieran en clase. Análisis grupal de las lecturas.	
Actividades de aprendizaje	Lectura de artículos científicos y elaboración de reportes de lectura para integrar los conocimientos adquiridos en clase. Discusión y análisis en clase de artículos científicos, conceptos y estudios de caso.	



Unidad 3. Organización espacial de los seres vivos		11 h
Tema 3.1. Formación de patrones		5 h
	3.1.1 Heterogeneidad espacial en los sistemas biológicos 3.1.2 La reacción de Belousov-Zhabotinski 3.1.3 El modelo de Wolpert de la bandera francesa 3.1.4 Modelos de reacción-difusión 3.1.5 Inhibición lateral	
Tema 3.2. Formación de patrones y morfogénesis		6 h
	3.2.1 Relación entre formación de patrones y morfogénesis 3.2.2 Morfogénesis de dientes 3.2.3 La red neurogénica en <i>Drosophila melanogaster</i> 3.2.4 Auxinas: Morfogénesis en plantas	
Lecturas y otros recursos	Lecturas complementarias de libros especializados y de artículos de investigación.	
Métodos de enseñanza	Clases presenciales con ayuda de diapositivas y material audiovisual. Lectura de artículos científicos para profundizar en los conocimientos que se adquieran en clase. Análisis grupal de las lecturas.	
Actividades de aprendizaje	Lectura de artículos científicos y elaboración de reportes de lectura para integrar los conocimientos adquiridos en clase. Discusión y análisis en clase de artículos científicos, conceptos y estudios de caso.	

Unidad 4. Evolución del desarrollo		36 h
Tema 4.1. Duplicación de genes y sus efectos en la evolución		4 h
	4.1.1 Sub-funcionalización y neo-funcionalización de genes 4.1.2 Otros efectos en la evolución de la duplicación de genes	
Tema 4.2. Homología profunda		4 h
	4.2.1 Concepto de homología 4.2.2 Rasgos homólogos 4.2.3 Homología en la base genética y la homología profunda 4.2.4 Cooptación de genes	
Tema 4.3. Potencial evolutivo		5 h
	4.3.1 Concepto de potencial evolutivo 4.3.2 Espacio de genotipos 4.3.2 Morfo-espacios y otros espacios de fenotipos	
Tema 4.4 Robustez		6 h
	4.4.1 Robustez a perturbaciones no genéticas 4.4.2 Robustez a perturbaciones genéticas 4.4.3 Robustez genética y potencial evolutivo 4.4.5 Evolución de la robustez	
Tema 4.5 Plasticidad fenotípica		8 h
	4.5.1 Schmalhausen, Waddington y la asimilación genética 4.5.2 Estudios experimentales de evolución por asimilación genética 4.5.3 Estudios teóricos de evolución por asimilación genética 4.5.4 Evolución de la plasticidad fenotípica	
Tema 4.6 Modularidad		7 h
	4.6.1 Modularidad y su efecto en la evolución 4.6.2 Evolución de la modularidad en redes metabólicas 4.6.3 Evolución de la modularidad en redes de regulación genética	
Tema 4.7 Exploración del espacio de fenotipos		2 h
	4.7.1 Restricciones a las posibilidades evolutivas 4.7.2 Exploración del espacio de fenotipos y la evolución de redes de regulación genética	



Lecturas y otros recursos	Lecturas complementarias de libros especializados y de artículos de investigación.
Métodos de enseñanza	Clases presenciales con ayuda de diapositivas y material audiovisual. Lectura de artículos científicos para profundizar en los conocimientos que se adquieran en clase. Análisis grupal de las lecturas.
Actividades de aprendizaje	Lectura de artículos científicos y elaboración de reportes de lectura para integrar los conocimientos adquiridos en clase. Discusión y análisis en clase de artículos científicos, conceptos y estudios de caso.

E) ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

- Análisis y discusión de artículos científicos y capítulos de libros
- Exposición del maestro con apoyo de recursos visuales y audiovisuales
- Exposición de estudiantes de temas de manera individual y/o en equipo
- Evaluación de conceptos formales en exámenes parciales

F) EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN

Elaboración y/o presentación	Periodicidad	Abarca	Ponderación
Primer examen parcial	1	Unidad 1 y Temas 2.1- 2.4	20%
Tareas	1	Unidad 1 y Temas 2.1-2.4	8%
Segundo examen parcial	1	Tema 2.5 y Unidad 3	20%
Tareas	1	Tema 2.5 y Unidad 3	8%
Tercer examen parcial	1	Unidad 4	20%
Tareas	1	Unidad 4	8%
Exposiciones en clase			16%
			100%

G) BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS INFORMÁTICOS

Textos básicos

1. Gilbert, S. F. (2006), *Developmental biology*, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
2. Gilbert, S. F. & Epel, D. (2008), *Ecological Developmental Biology: Integrating Epigenetics, Medicine, and Evolution*, Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA.
3. Kauffman, S. A. (1996), *At home in the Universe: The search for laws of complexity*, Penguin books, U.K..
4. Goodwin, B. (2001), *How the leopard changed its spots. The evolution of complexity.*, Princeton Science Library, Princeton, NJ.
5. Solé, R. V. & Goodwin, B. (2000), *Signs of life. How complexity pervades Biology*, Perseus Books, New York, NY.
6. Wagner, A. (2005), *Robustness and evolvability in living systems*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Textos complementarios

1. von Dassow, G.; Meir, E.; Munro, E. M. & Odell, G. M. (2000), 'The segment polarity network is a robust developmental module', *Nature* **406**, 188-193.
2. West-Eberhard, M. J. (2005), 'Developmental plasticity and the origin of species differences.', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **102 Suppl 1**, 6543-6549.
3. Waddington, C. H. (1953), 'Genetic assimilation of an acquired character', *Evolution* **7**, 118-126.
4. Wagner, A. (2008), 'Neutralism and selectionism: a network-based reconciliation.', *Nat. Rev. Genet.* **9**(12), 965-974.
5. Waddington, C. H. (1942), 'Canalization of development and the inheritance of acquired characters', *Nature*



150, 563-565.

6. Davidson, E. H.; Rast, J. P.; Oliveri, P.; Ransick, A.; Caletani, C.; Yuh, C.; Minokawa, T.; Amore, G.; Hinman, V.; Arenas-Mena, C.; Otim, O.; Brown, C. T.; Livi, C. B.; Lee, P. Y.; Revilla, R.; Rust, A. G.; Pan, Z.; Schilstra, M. J.; Clarke, P. J. C.; Arnone, M. I.; Rowen, L.; Cameron, R. A.; McClay, D. R.; Hood, L. & Bolouri, H. (2002), 'A genomic regulatory network for development', *Science* **295**, 1669--1678.
7. Espinosa-Soto, C. & Wagner, A. (2010), 'Specialization can drive the evolution of modularity', *PLoS Comput. Biol.* **6**, e1000719.
8. Kauffman, S. A. (1991), 'Antichaos and adaptation', *Sci. Am.* **265**, 64--71.
9. Salazar-Ciudad, I. & Jernvall, J. (2010), 'A computational model of teeth and the developmental origins of morphological variation.', *Nature* **464**(7288), 583--586.
10. Salazar-Ciudad, I.; Newman, S. & Solé, R. V. (2001), 'Phenotypic and dynamical transitions in model genetic networks I. Emergence of patterns and genotype-phenotype relationships', *Evol. Dev.* **3**, 84-94.
11. Erwin, D. H. & Davidson, E. H. (2009), 'The evolution of hierarchical gene regulatory networks.', *Nat. Rev. Genet.* **10**, 141--148.
12. Kashtan, N. & Alon, U. (2005), 'Spontaneous evolution of modularity and network motifs', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **102**, 13773--13778.
13. Jonsson, H.; Heisler, M.; Shapiro, B.; Meyerowitz, E. & Mjolsness, E. (2006), 'An auxin-driven polarized transport model for phyllotaxis', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **103**, 1633--1638.
14. Meir, E.; von Dassow, G.; Munro, E. & Odell, G. M. (2002), 'Robustness, flexibility, and the role of lateral inhibition in the neurogenic network', *Curr. Biol.* **12**, 778--786.
15. Milo, R.; Shen-Orr, S.; Itzkovitz, S.; Kashtan, N.; Chklovskii, D. & Alon, U. (2002), 'Network motifs: simple building blocks of complex networks', *Science* **298**, 824--827.
16. McAdams, H. H. & Arkin, A. (1997), 'Stochastic mechanisms in gene expression.', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **94**, 814--819.
17. Hintze, A. & Adami, C. (2008), 'Evolution of complex modular biological networks', *PLoS Comput. Biol.* **4**, e23.
18. Hinton, G. E. & Nowlan, S. J. (1987), 'How learning can guide evolution', *Complex Systems* **1**, 495-502.
19. Fontana, W. (2002), 'Modelling `evo-devo' with RNA.', *BioEssays* **24**, 1164--1177.
- Elowitz, M. B.; Levine, A. J.; Siggia, E. D. & Swain, P. S. (2002), 'Stochastic gene expression in a single cell.', *Science* **297**, 1183--1186.
20. Eldar, A.; Dorfman, R.; Weiss, D.; Ashe, H.; Shilo, B. & Barkai, N. (2002), 'Robustness of the BMP morphogen gradient in *Drosophila* embryonic patterning', *Nature* **419**, 304-308.