

## Guía docente / *Course Syllabus*

2018-19

### 1. Descripción de la Asignatura / *Course Description*

Asignatura <i>Course</i>	BIOINFORMÁTICA
Códigos <i>Code</i>	202028
Facultad <i>Faculty</i>	Facultad de Ciencias Experimentales
Grados donde se imparte <i>Degrees it is part of</i>	Grado en Biotecnología
Módulo al que pertenece <i>Module it belongs to</i>	Métodos instrumentales cuantitativos y biología molecular de sistemas
Materia a la que pertenece <i>Subject it belongs to</i>	Bioinformática
Departamento responsable <i>Department</i>	Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica
Curso <i>Year</i>	3º
Semestre <i>Tern</i>	2º
Créditos totales <i>total credits</i>	6
Carácter <i>Type of course</i>	Obligatoria
Idioma de impartición <i>Course language</i>	Español
Modelo de docencia <i>Teaching model</i>	B2

Clases presenciales del modelo de docencia B2 para cada estudiante: 27 horas de enseñanzas básicas (EB), 11 horas de enseñanzas prácticas y de desarrollo (EPD) y 7 horas de actividades dirigidas (AD). Hasta un 10% de la enseñanza presencial puede sustituirse por docencia a distancia (también presencial, pero posiblemente asincrónica), de acuerdo con la programación de la Asignatura publicada antes del comienzo del curso.

*Number of classroom teaching hours of B2 teaching model for each student: 27 hours of general teaching (background), 11 hours of theory-into-practice (practical group tutoring and skill development) and 7 hours of guided academic activities. Up to 10% of face-to-face sessions can be substituted by online teaching, in accordance with the course schedule published before it begins.*

## 2. Responsable de la Asignatura / *Course Coordinator*

Nombre <i>Name</i>	Antonio Jesús Pérez Pulido
Departamento <i>Department</i>	Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica
Área de conocimiento <i>Field of knowledge</i>	Genética
Categoría <i>Category</i>	Profesor Contratado Doctor
Número de despacho <i>Office number</i>	Despacho nº17, 2ª planta, edif. 22 (o despacho del CABD)
Teléfono <i>Phone</i>	954348652
Página web <i>Webpage</i>	<a href="http://www.bioinfocabd.upo.es">http://www.bioinfocabd.upo.es</a>
Correo electrónico <i>E-mail</i>	ajperez@upo.es

## 3. Ubicación en el plan formativo / *Academic Context*

Breve descripción de la asignatura <i>Course description</i>	<p>La Bioinformática es un área interdisciplinar orientada al análisis computacional de datos biológicos. Principalmente viene a dar respuesta al gran crecimiento de datos procedentes de las áreas de Biología Molecular y Genética, de manera especial en forma de secuencias de nucleótidos y aminoácidos desde los proyectos de secuenciación a nivel genómico. La bioinformática se encarga de almacenar la información y dar acceso a las bases de datos resultantes, pero también desarrolla y ofrece herramientas de análisis sobre los datos de esos repositorios, pudiendo compararse información nueva contra la ya conocida y así producir nuevo conocimiento.</p> <p>Dentro de la bioinformática podemos encontrar dos tipos principales de usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Profesionales en bioinformática<ul style="list-style-type: none"><li>- se requieren conocimientos de biología e informática,</li><li>- realizan investigación básica y/o en colaboración con grupos experimentales.</li></ul></li><li>• Usuarios de bioinformática<ul style="list-style-type: none"><li>- uso de herramientas y bases de datos disponibles y desarrollo de pequeños programas específicos,</li><li>- a veces se requiere colaboración con bioinformáticos</li></ul></li></ul> <p>En biotecnología, todos los biotecnólogos y biotecnólogas acabaréis siendo usuarios de bioinformática en más de una ocasión. De hecho, tener habilidades en bioinformática es algo muy demandado en la actualidad en cualquier laboratorio científico. Y aunque para solucionar problemas muy específicos a veces necesitaréis disponer de profesionales en bioinformática, especialmente para desarrollo de programas, los conocimientos y</p>
---	--

	<p>competencias que ofrece esta asignatura ayudarán a entender cómo solucionar el problema y lograrlo mayoritariamente de forma independiente. Durante esta asignatura, trabajaremos competencias para funcionar tanto como usuarios como desarrolladores, algo que os puede hacer imprescindibles en cualquier laboratorio.</p>
<p>Objetivos (en términos de resultados del aprendizaje) <i>Learning objectives</i></p>	<p>1.4) Ser capaz de transmitir la información tanto a otros profesionales de su área de trabajo o de áreas afines, como a un público no especializado, así como emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.</p> <p>2.9) Desarrollar los métodos de adquisición, interpretación y análisis de la información junto con una comprensión crítica de los contextos apropiados para su uso, para aplicar sus conocimientos de forma profesional y demostrar sus competencias por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.</p> <p>2.18) Asimilar conocimientos relevantes de procedencia multidisciplinar, así como emitir reflexiones y juicios basados en la integración de dichos conocimientos.</p> <p>2.12) Ser consciente de la importancia del trabajo en equipo y potenciación de la discusión crítica de objetivos comunes.</p> <p>2.11) Conocer las metodologías y tecnologías apropiadas para la correcta exposición y comunicación de los diferentes aspectos que afectan a la biotecnología (análisis de datos, bioestadística, etc.).</p> <p>2.4) Adquirir las capacidades de observación e interpretación de los resultados obtenidos.</p> <p>3.62) Diseñar algoritmos de complejidad media para la resolución de problemas informáticos.</p> <p>3.63) Diseñar y codificar programas informáticos de aplicación sencillos en un lenguaje de programación.</p> <p>3.29) Aprender los conceptos y las técnicas estadísticas aplicadas a la biotecnología.</p>
<p>Prerrequisitos <i>Prerequisites</i></p>	<p>Obligatoria</p>
<p>Recomendaciones <i>Recommendations</i></p>	<p>Para cursar esta asignatura es esencial tener conocimientos básicos de Biología Molecular, especialmente sobre secuencias de ADN y proteínas, además de habilidades elementales de manejo de ordenadores y de la red internet. Por ello, para los estudiantes de Biotecnología, se recomienda haber cursado y superado las asignaturas de Genética, Bioquímica: Biomoléculas e Informática de 1º, y Genética Molecular e Ingeniería Genética de 2º.</p>
<p>Aportaciones al plan formativo <i>Contributions to the educational plan</i></p>	<p>Dentro del módulo de 3er curso de Biotecnología, la Bioinformática es una asignatura que aporta metodologías de análisis por ordenador (al contrario que la asignatura de Técnicas de análisis instrumental, basada más en metodologías de</p>

laboratorio). Pero a su vez, la asignatura aporta metodologías y técnicas de análisis de la mayoría de temas tratados en la asignatura de Análisis biómico, la cual está muy relacionada con la Bioinformática. En concreto, la asignatura de Bioinformática propone técnicas de análisis de resultados de experimentos biómicos, así como predicciones o filtros previos a la puesta en marcha de estos experimentos.

Asimismo, la asignatura aporta técnicas de análisis que ayudarán a filtrar datos y acelerar y centrar experimentos de laboratorio estudiados en asignaturas de 2º semestre de 3er curso del grado como Biotecnología Vegetal, de 4º curso como Biotecnología Animal, así como de optativas como Diagnóstico Molecular, e Ingeniería Farmacéutica y Diseño de Medicamentos.

#### 4. Competencias / Skills

<p>Competencias básicas de la Titulación que se desarrollan en la Asignatura <i>Basic skills of the Degree that are developed in this Course</i></p>	<p>CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p> <p>CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado</p> <p>CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía</p>
<p>Competencias generales de la Titulación que se desarrollan en la Asignatura <i>General skills of the Degree that are developed in this Course</i></p>	<p>CG4 - Comprender el método científico. Conocer, entender y aplicar las herramientas, técnicas y protocolos de experimentación en el laboratorio y adquirir las capacidades de observación e interpretación de los resultados obtenidos.</p> <p>CG5 - Adquirir las habilidades adecuadas a cada una de las materias impartidas, mediante la descripción, cuantificación, análisis y evaluación crítica de los resultados experimentales obtenidos de forma autónoma.</p> <p>CG9 - Desarrollar los métodos de adquisición, interpretación y análisis de la información biológica junto con una comprensión crítica de los contextos apropiados para sus uso, mediante el estudio de manuales, monografías, ensayos, artículos originales, etc.</p> <p>CG11 - Conocer las metodologías y tecnologías apropiadas para la correcta exposición y comunicación de los diferentes aspectos que afectan a la biotecnología (análisis de datos, bioestadística, etc.).</p> <p>CG12 - Ser consciente de la importancia del trabajo en equipo y potenciación de la discusión crítica de objetivos comunes.</p> <p>CG18 - Asimilar conocimientos relevantes de procedencia multidisciplinar, así como emitir reflexiones y juicios basados en la integración de dichos conocimientos.</p> <p>CG23 - Saber analizar, sintetizar y utilizar el razonamiento crítico en ciencia.</p> <p>CG24 - Comprensión de los mecanismos básicos de análisis y diseño de sistemas descendente y ascendente para la resolución de problemas y procesos complejos.</p>
<p>Competencias transversales de la Titulación que se desarrollan en la Asignatura <i>Transversal skills of the Degree</i></p>	

<p><i>that are developed in this Course</i></p>	
<p>Competencias específicas de la Titulación que se desarrollan en la Asignatura <i>Specific competences of the Degree that are developed in the Course</i></p>	<p>CE29 - Aprender los conceptos y las técnicas estadísticas aplicadas a la biotecnología.  CE31 - Conocer y saber aplicar la metodología analítica así como sus criterios de validación.  CE33 - Conocer los fundamentos de la programación en Perl y guiones en Linux, y todas las posibilidades de la programación por guiones.  CE61 - Manejar los sistemas operativos informáticos más comunes para las operaciones básicas.  CE62 - Diseñar algoritmos de complejidad media para la resolución de problemas informáticos.  CE63 - Diseñar y codificar programas informáticos de aplicación sencillos en un lenguaje de programación.  CE64 - Saber identificar la técnica instrumental adecuada para cada problema analítico, y evaluar sus ventajas e inconvenientes respecto de técnicas alternativas.  CE65 - Acceder a bases de datos moleculares para extraer información diversa.  CE66 - Analizar familias de secuencias moleculares realizando alineamientos múltiples y consultas bases de datos de dominios y motivos.  CE67 - Predecir y visualizar estructuras de proteínas.  CE68 - Procesar datos de experimentos ómicos.  CE69 - Realizar pequeños programas informáticos en Perl y guiones en Linux.  CE70 - Deducir posibles funciones de genes, proteínas y metabolitos en función de patrones de expresión, interacciones, localización, o fenotipos de pérdida de función.</p>
<p>Competencias particulares de la asignatura, no incluidas en la memoria del título <i>Specific skills of the Course, not included in the Degree's skills</i></p>	<p>3.31) Conocer y saber aplicar la metodología analítica así como sus criterios de validación.  3.70) Deducir posibles funciones de genes, proteínas y metabolitos en función de patrones de expresión, interacciones, localización, o fenotipos de pérdida de función.  3.61) Manejar los sistemas operativos informáticos más comunes para las operaciones básicas.  3.62) Diseñar algoritmos de complejidad media para la resolución de problemas informáticos.  3.63) Diseñar y codificar programas informáticos de aplicación sencillos en un lenguaje de programación.  3.64) Saber identificar la técnica instrumental adecuada para cada problema analítico, y evaluar sus ventajas e inconvenientes respecto de técnicas alternativas.  3.65) Acceder a bases de datos moleculares para extraer información diversa.  3.66) Analizar familias de secuencias moleculares realizando alineamientos múltiples y consultas bases de datos de dominios y motivos.  3.67) Predecir y visualizar estructuras de proteínas.  3.68) Procesar datos de experimentos ómicos.  3.69) Realizar pequeños programas informáticos en Perl y guiones en Linux.  3.70) Deducir posibles funciones de genes, proteínas y metabolitos en función de patrones de expresión, interacciones, localización, o fenotipos de pérdida de función.</p>

**5. Contenidos de la Asignatura: temario / Course Content: Topics**

<b>PARTE I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>
TEMA 1	INTRODUCCIÓN
1.1	Definición e historia de la bioinformática
1.2	Tipos de usuarios en bioinformática
1.3	Crecimiento de datos biológicos
1.4	Proyectos de secuenciación genómica
1.5	Ámbitos de actuación
1.6	Portales web de referencia en bioinformática
1.7	Bioinformática y biotecnología
<b>PARTE II</b>	<b>BIOLOGÍA COMPUTACIONAL</b>
TEMA 2	SISTEMAS OPERATIVOS
2.1	Arquitectura de computadores
2.2	Sistema operativo Linux
2.3	Comandos básicos en Linux
TEMA 3	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN
3.1	Tipos de lenguajes de programación
3.2	Programación de shells en Linux
3.3	Lenguaje PERL (Practical Extraction and Report Language)
3.4	El proyecto BioPerl
3.5	Programación CGI (Common Gateway Interface) para servidores web
3.6	Introducción al lenguaje de programación R
<b>PARTE III</b>	<b>FUENTES DE DATOS Y HERRAMIENTAS BIOINFORMÁTICAS</b>
TEMA 4	BASES DE DATOS MOLECULARES
4.1	Formatos de secuencia
4.2	Bases de datos de secuencias: EMBL, GenBank, UniProt
4.3	Crecimiento de las bases de datos moleculares
4.4	Acceso a las bases de datos
4.5	Proyectos de secuenciación genómica
TEMA 5	COMPARACIÓN Y ALINEAMIENTO DE SECUENCIAS
5.1	Comparación de dos secuencias (alineamiento par local o global)
5.2	Sistemas de puntuación y penalizaciones
5.3	Matrices de distancia
5.4	Grupos físico-químicos de aminoácidos
5.5	Matrices de puntos (dotplots)
5.6	Alineamiento múltiple
TEMA 6	BÚSQUEDA DE SIMILITUD
6.1	Conceptos de homología, similitud e identidad
6.2	Herramientas de búsqueda de similitud: Blast, FastA y programación dinámica
6.3	Parámetros de entrada de una búsqueda
6.4	Matrices de intercambio de aminoácidos: PAM, Blosum
6.5	Blast en modo comando y uso de bases de datos de usuario
6.6	Genómica comparativa: comparación de genomas y búsqueda de regiones conservadas

6.7	Búsqueda de ortólogos
TEMA 7	FAMILIAS Y MOTIVOS DE SECUENCIA
7.1	Filogenias moleculares
7.2	Enraizamiento de árboles filogenéticos: definición de grupos externos
7.3	Modelos escondidos de Markov: base de datos Pfam y herramienta HMMER y PSI-Blast
7.4	Modularidad proteica
7.5	Perfiles de secuencia y matrices de peso por posición
7.6	Bases de datos de patrones aminoacídicos: Prosite
7.7	Búsqueda de motivos: InterProScan
TEMA 8	BIOINFORMÁTICA ESTRUCTURAL
8.1	Niveles de estructura en proteínas
8.2	Predicción de estructura 2D y 3D
8.3	Búsqueda de modelos por homología y Threading
8.4	redicción de otras características estructurales: hélices transmembrana, motivos coiled-coil, accesibilidad al solvente e hidrofobicidad
8.5	Bases de datos de estructuras (PDB) y de clasificación de estructuras (SCOP, CATH)
8.6	Visualización de estructuras proteicas
8.7	Estructura cuaternaria: interacción de proteínas
8.8	Predicción de estructuras secundarias de ARN
TEMA 9	ANÁLISIS DE EXPRESIÓN GÉNICA
9.1	Chips de DNA, microarrays: Affymetrix y cDNA
9.2	RNA-Seq y ChIP-Seq
9.3	Diseño de experimentos
9.4	Fuentes de error
9.5	Perfiles de expresión génica
9.6	Clasificación y clustering
9.7	Bases de datos de transcriptómica

## 6. Metodología y recursos / *Methodology and Resources*

Metodología general <i>Methodology</i>	Debido a que la bioinformática es una disciplina eminentemente práctica, un fuerte componente de esta asignatura será la aplicación de todo lo aprendido a casos reales. En concreto, la asignatura se dividirá en distintas partes, que se integrarán para conseguir un objetivo final práctico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases teóricas en las que se usarán recursos de 'clase invertida', que incluyen trabajo fuera de clase.</li> <li>- Prácticas para aplicar lo aprendido.</li> <li>- Discusión en clase sobre la experiencia de prácticas.</li> </ul>
Enseñanzas básicas (EB) <i>General teaching</i>	En las clases teóricas se impartirán todos los conceptos básicos de la misma, tratando de integrar toda la información a lo largo de los distintos temas que se vayan tratando, además de con otras materias ligadas a la biotecnología. En concreto, se presentarán casos prácticos en todos los temas donde se pretende que seáis participativos dando vuestra opinión o proponiendo formas de resolver cuestiones concretas. Este último punto será fomentado asignando puntos extra en la asignatura (0,1 por cada opinión o

	respuesta de valía, indicada por el profesor). Asimismo, siguiendo la filosofía de 'Flip Learning', se publicarán vídeos para ver en casa y discutir posteriormente en clase y en los foros de discusión.
Enseñanzas prácticas y de desarrollo (EPD) <i>Theory-into-practice</i>	En las clases prácticas se aplicará todo lo aprendido durante las clases teóricas, fomentándose la aplicación y adaptación de las herramientas y fuentes de datos existentes en bioinformática. Al tratarse de un trabajo práctico, en el que a priori no sabemos qué resultados nos vamos a encontrar en cada caso, será importante saber utilizar las fuentes de datos y herramientas aprendidas durante la asignatura, usar conocimientos de otras asignaturas del grado (principalmente del mismo módulo), además de tener espíritu crítico, más aun teniendo en cuenta que puede descubrirse conocimiento nuevo o incluso rebatirse el conocimiento actual sobre el gen/proteína estudiado. Durante las prácticas se trabajará en grupo, y se realizarán mini-exámenes sobre algunos guiones de prácticas.
Actividades académicas dirigidas (AD) <i>Guided academic activities</i>	Algunas prácticas serán realizadas en formato AD, para poder realizar un seguimiento más estrecho durante su desarrollo. En concreto, serán 3 AD con grupos pequeños, especialmente de la parte inicial de Informática. Posteriormente se plantearán trabajos escritos o pequeños tests que se repartirán los puntos de estas tareas.

## 7. Criterios generales de evaluación / *Assessment*

Primera convocatoria ordinaria (convocatoria de curso) <i>First session</i>	<p>El 50% de la calificación procede de la evaluación continua. El 50% de la calificación procede del examen o prueba final. Esta asignatura está dividida, por igual, en una parte teórica y otra práctica, y ambas serán evaluadas de forma integrada por evaluación continua. Los 5 puntos de esta parte de la evaluación se repartirán entre las siguientes tareas:</p> <p>I. Participación en prácticas (10 punto). Se evaluará la participación individual a lo largo de las diferentes EPD.  II. Trabajo en clase (14 puntos). Se evaluará la participación en actividades de 'Flip Learning'.  III. Tareas complementarias y mini-exámenes (26 puntos). Se evaluarán las AD por medio de tareas cortas y las EPD por medio de mini-exámenes previos a cada práctica.</p> <p>Al comienzo de la asignatura se entregará una hoja de evaluación detallada de cada uno de los apartados descritos. El examen final constituye la última prueba de evaluación de la asignatura:  IV. Examen final (50 puntos). Se evaluarán las competencias adquiridas de análisis bioinformático por medio de un examen práctico final en un aula de informática.</p>
Segunda convocatoria ordinaria (convocatoria de recuperación) <i>Second session (to re-sit the exam)</i>	La recuperación consistirá en una prueba práctica que incluirá preguntas y problemas sobre los 4 apartados de evaluación de la asignatura. Si se han suspendido independientemente sólo los apartados 'I+II+III', o 'IV', sólo deberá recuperarse el bloque suspenso.
Convocatoria extraordinaria de noviembre <i>Extraordinary November session</i>	Se activa a petición del alumno siempre y cuando éste esté matriculado en todas las asignaturas que le resten para finalizar sus estudios de grado, tal y como establece la Normativa de Progreso y Permanencia de la Universidad.



	<p>Se evaluará del total de los conocimientos y competencias que figuren en la guía docente del curso anterior, mediante el sistema de prueba única.</p> <p>La recuperación consistirá en una prueba práctica que incluirá preguntas y problemas sobre los 4 apartados de evaluación de la asignatura.</p>
<p>Criterios de evaluación de las enseñanzas básicas (EB) <i>General teaching assessment criteria</i></p>	<p>Durante la evaluación continua: Ver evaluación continua</p> <p>Durante el examen o prueba final (1ª convocatoria): Ver prueba final</p> <p>Durante el examen o prueba final (2ª convocatoria): Ver recuperación</p>
<p>Criterios de evaluación de las enseñanzas prácticas y de desarrollo (EPD) <i>Theory-into-practice assessment criteria</i></p>	<p>Durante la evaluación continua: Ver evaluación continua</p> <p>Durante el examen o prueba final (1ª convocatoria): Ver prueba final</p> <p>Durante el examen o prueba final (2ª convocatoria): Ver recuperación</p>
<p>Criterios de evaluación de las actividades académicas dirigidas (AD) <i>Criteria of assessment of guided academic activities</i></p>	<p>Durante la evaluación continua: Ver evaluación continua</p> <p>Durante el examen o prueba final (1ª convocatoria): Ver prueba final</p> <p>Durante el examen o prueba final (2ª convocatoria): Ver recuperación</p>
<p>Puntuaciones mínimas necesarias para aprobar la Asignatura <i>Minimum passing grade</i></p>	<p>1ª convocatoria: Es necesario obtener un mínimo de 50 en la parte de evaluación continua y en el examen final de forma independiente.</p> <p>2ª convocatoria: Es necesario obtener un mínimo de 50 en la parte de evaluación continua y en el examen final de forma independiente.</p>
<p>Material permitido <i>Materials allowed</i></p>	<p>En el examen final se permitirá acceder a información escrita a considerar por el profesor.</p>
<p>Identificación en los exámenes <i>Identification during exams</i></p>	<p>En cualquier momento de la realización de una prueba de evaluación los profesores podrán requerir la acreditación de la identidad de cualquier estudiante, mediante la exhibición de su carnet de estudiante, documento nacional de identidad, pasaporte u otro documento válido a juicio del examinador. Si no lo hiciese, el estudiante podrá continuar la prueba, que será calificada solo si la documentación es presentada en el plazo que el examinador establezca.</p>
<p>Observaciones adicionales <i>Additional remarks</i></p>	-

Los estudiantes inmersos en un programa de movilidad o en un programa de deportistas de alto nivel, así como los afectados por razones laborales, de salud graves o por causas de fuerza mayor debidamente acreditadas, tendrán derecho a que en la convocatoria de curso se les evalúe mediante un sistema de evaluación de prueba única. Para ello, deberán comunicar la circunstancia al profesor responsable de la asignatura antes del fin del periodo docencia presencial.

*Students enrolled in a mobility program or a program for high-level athletes, as well as students affected by work or serious health problems or reasons of force majeure duly accredited, will have the right to be evaluated during the first session through a single test evaluation system. To do this, they must report changes in their circumstances to the program coordinator before the end of the teaching period.*

## 8. Bibliografía / Bibliography

Bibliografía básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>David W. Mount (2004) "Bioinformatics: sequence and genome analysis", New York : Cold Spring Harbor</li> </ul>
---------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arthur M. Lesk (2008) “Introduction to bioinformatics”, <i>Oxford : Oxford University</i></li> <li>• Teresa K. Attwood, David J. Parry-Smith (2002) “Introducción a la bioinformática”, <i>Madrid : Prentice Hall</i></li> </ul>
Bibliografía recomendada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cynthia Gibas and Per Jambeck (2003) “Bioinformatics for dummies”, <i>New York : Wiley</i></li> <li>• Michael R. Barnes and Ian C. Gray (2003) “Bioinformatics for geneticists”, <i>Chichester : John Wiley &amp; Sons, cop.</i></li> <li>• Jeff Augen (2005) “Bioinformatics in the post-genomic era: genome, transcriptome, proteome and information-based medicine”, <i>Boston [etc.] : Addison-Wesley, cop.</i></li> <li>• Hooman H. Rashidi, Lukas K. Buehler (2000) “Bioinformatics basics: applications in biological science and medicine”, <i>Boca Raton, Florida : CRC Press , cop.</i></li> </ul>
Páginas Web	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antonio J. Pérez Pulido (2018) “UPOBioinfo: Vídeotutoriales de Bioinformática”, <i>Canal de YouTube</i></li> </ul>