

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Carrera de Ciencias Biológicas

Int. Güiraldes 2620
 Ciudad Universitaria - Pab. II, 4º Piso
 CPA: C1428EHA Nuñez, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
 Argentina
 : <http://www.bg.fcen.uba.ar>

| | |
|--|----------------------------|
| Carrera: Licenciatura en Ciencias Biológicas | Código de la carrera: 05 |
| Carrera: Doctorado en Ciencias Biológicas | Código de la carrera: 55 |
| | Código de la materia: 7053 |

GENETICA II

| CARÁCTER: | [SI/NO] | PUNTAJE: |
|--|---------|----------|
| Curso obligatorio de licenciatura (plan 19) | | -- |
| Curso optativo de licenciatura (plan 1984) | SI | -- |
| Curso de postgrado | SI | -- |

| | | | |
|-----------------------------|------------|----------------------------|-------------|
| Duración de la materia: | 8 Semanas | Cuatrimestre en que dicta: | Verano 2008 |
| Frecuencia en que se dicta: | Anualmente | | 1-2 al 31-3 |

| Horas de clases semanales: | Discriminado por: | Hs. |
|--------------------------------|-------------------|-----|
| | Teóricas | 9 |
| | Problemas | 5 |
| | Laboratorios | 5 |
| | Seminarios | 5 |
| Carga horaria semanal: | | 24 |
| Carga horaria total del curso: | | 96 |
| Salidas de Campo (en días) | | 0 |

96 horas ver fs 14

| | |
|---------------------------|---|
| Asignaturas correlativas: | Genetica I--- |
| Curso PG. Dirigido a: | Lic. En Cs. Biológicas, Ing. Agrónomos y carreras afines. |
| Forma de Evaluación: | Promoción 2 parciales y 1 final |

| | |
|---------------------|---------------------|
| Profesor/a a cargo: | Dra. Lidia Poggio |
| Firma: | <i>Lidia Poggio</i> |
| Aclaración: | Fecha: 25 /06 /2007 |

MP
 ESTAD. MUDRY
 C. J. B. A.
 1988

GENETICA II 2006



Genética Evolutiva

Profesora: *Dra. Lidia Poggio*

PROGRAMA TEÓRICO

I. NATURALEZA DE LA EVOLUCION

Interacciones entre poblaciones y ambientes. La selección natural como nexo entre cambios ambientales y evolución biológica. Evolución subespecífica y transespecífica. Historia e impacto de las ideas evolutivas.

II. ESTRUCTURA GENETICA DE LAS POBLACIONES Y EL ORIGEN DE LA VARIABILIDAD HEREDITARIA

Variabilidad genética y evolución. Fenotipos potenciales. Letales sintéticos. Modificaciones. Morfosis. Homeostasis fisiológica. Flexibilidad fenotípica. Canalización. Diversidad orgánica. Población y acervo génico. Biotipo.

Hipótesis clásica y equilibrada de la estructura genética de las poblaciones naturales. Distintos niveles de variación intra e interpoblacional: morfológico, cromosómico, bioquímico, molecular

Origen de la variación hereditaria. Mutación. Mutaciones génicas (erróneas, sin sentido, silenciosa, desplazamiento, en genes reguladores). Mutaciones cromosómicas (deficiencias, duplicaciones, inversiones, translocaciones, transposiciones, fusiones, fisiones, aneuploidía, haploidía, poliploidía). Efectos de radiación y temperatura. Mutágenos químicos. Tipos de cambios producidos por mutación. Número de genes y mutaciones. Frecuencia mutacional de diferentes genes. Factores que afectan la frecuencia mutacional. Tasas de mutación y tasas de evolución. Mutación y adaptación a ambientes externos; genotipo residual. Valor adaptativo de mutaciones nuevas. Recombinación intragénica y elementos genéticos móviles.

Recombinación. Variabilidad genotípica. Recombinación y mutación. Sistemas genéticos. Modos de reproducción. Sistema recombinacional. Factores que promueven o restringen la recombinación: número cromosómico, frecuencia de sobrecruzamiento, migración, tiempo de generación, tamaño poblacional, sistema reproductivo. Sistemas de recombinación restringidos, abiertos o cerrados. Importancia de la recombinación en la evolución. Erosión de la variabilidad por recombinación.

Fuentes externas de variación genética: hibridación, migración, transferencia horizontal.

Detección y medición de la variabilidad en poblaciones naturales. Requisitos que deben cumplir las técnicas que analizan los genotipos de una población. Técnicas clásicas. Variabilidad génica en locus individuales. Mutaciones visibles. Genes letales. Estimación de la variabilidad genética oculta por el método de obtención de homocigosis de cromosomas enteros. Estudios bioquímicos. Análisis de proteínas. Fundamentos de las técnicas electroforéticas. Ventajas y limitaciones. Isoenzimas. Parámetros poblacionales para cuantificar la variabilidad genética. Identidad y distancia genética.

Marcadores moleculares basados en la en la tecnología de las endonucleasas de restricción: RFLPs (Polimorfismos para el largo de fragmentos de restricción) y basados en la tecnología de PCR: RAPDs (amplificación al azar de polimorfismos de ADN), AFLP y otros. Minisatélites, Microsatélites. ADN mitocondrial, ADN de cloroplastos y ADN ribosomal.

SELECCION NATURAL Y DERIVA GENETICA



III. SELECCION

Selección natural. Principios generales. Diferentes tipos de selección: estabilizadora (normalizadora, canalizadora), equilibradora (balance heterótico, selección disruptiva o diversificadora, selección dependiente de la frecuencia). Inoperancia de la selección en poblaciones genéticamente homogéneas.

Acervo génico y equilibrio de Hardy Weinberg. Cálculo de frecuencias alélicas y genotípicas. Causas del desvío del equilibrio de Hardy Weinberg. Importancia teórica y utilidad práctica del equilibrio de Hardy Weinberg.

Mutación y equilibrio genético: mutación no recurrente, mutación recurrente reversible e irreversible.

Eficacia biológica, darwiniana o valor selectivo. Ejemplos y cálculo aproximado. Coeficiente de selección. Suposiciones para un modelo de selección constante. Grados de dominancia con respecto a la aptitud. Cambios en las frecuencias alélicas después de una generación de selección en distintas condiciones de dominancia. Eficiencia de la selección. Número de generaciones requeridas para efectuar un cambio determinado en las frecuencias alélicas.

Interacción entre mutación y selección: frecuencias de equilibrio de mutantes recesivos y dominantes deletéreos.

Eficacia de la selección normalizadora con respecto a la eliminación de genes perjudiciales. Efecto inmediato del aumento de la frecuencia mutacional sobre las frecuencias de equilibrio.

Consecuencias de la disminución del coeficiente de selección en las condiciones modernas de vida.

IV. SELECCION NATURAL EQUILIBRADORA

Distintos tipos de selección natural equilibradora. Polimorfismo: definición, ejemplos. Polimorfismo balanceado y transitorio. Equilibrio heterótico: consecuencias, ejemplos. Equilibrio estable, inestable y neutro. Polimorfismo cromosómico en *Drosophila*. Detección de heterocigotas para inversiones. Desequilibrio de ligamiento. Significado de los cambios estacionales en las frecuencias de los reordenamientos. Evidencias experimentales de la acción de la selección equilibradora. Concepto de "supergen", "coadaptación" y "supergenes coadaptados". Frecuencias alélicas en distintos ordenamientos cromosómicos.

Principales tipos de polimorfismo cromosómico en otros organismos: inversiones (paracéntricas y pericéntricas); translocaciones, duplicaciones, deficiencias, cromosomas supernumerarios.

Heterogeneidad ambiental: ambiente de grano grueso y fino. Estrategias adaptativas.

Selección diversificadora. Equilibrio inestable. Sobredominancia marginal. Experimento de Thoday. Ejemplos de selección diversificadora en la naturaleza.

Selección dependiente de la frecuencia. Ejemplos. Efecto Petit Ehrman.

V. OTROS MODELOS DE SELECCIÓN

Selección cigótica: Diferencias de viabilidad en distintos estadios del ciclo de vida y Viabilidad diferencial entre sexos. Selección gamética: Conducción meiótica y Alelos de autoincompatibilidad. Selección sexual: intrasexual e intersecual. Selección para fecundidad.

Carga genética: concepto y tipos.

Concepto de sociobiología. Selección de grupo, selección familiar. Selección interdeme y sus consecuencias evolutivas. Teoría de los equilibrios cambiantes.

Coevolución. Bases genéticas. Modelos y ejemplos

VI. RASGOS CUANTITATIVOS Y EVOLUCION



La naturaleza de la variación continua. Número de genes que afectan un rasgo. Aproximación a la distribución normal. Valores y media. Partición de la varianza fenotípica. Varianza genética y varianza ambiental. Selección direccional natural y artificial. Ejemplos. Respuesta selectiva. Respuesta correlacionada a la selección. Concepto de heredabilidad en sentido amplio y estricto. Valor predictivo. Modos de estima.

Principios del análisis de marcadores en genética cuantitativa. Análisis cromosómico. Genética de la especiación en *Drosophila*. Mapeo de loci que influyen caracteres cuantitativos (Mapeo QTL). Ventajas del uso de marcadores moleculares en el mapeo QTL. QTL asociados con la diferenciación interespecífica. QTL asociados con procesos selectivos. Aplicación del mapeo QTL como posible herramienta en la interpretación de los mecanismos de aislamiento.

VII. DERIVA GENÉTICA.

Procesos evolutivos dirigidos, al azar y únicos. Deriva genética al azar. Significado del valor N_e . Deriva en poblaciones experimentales.

Modelos de poblaciones. Deriva y migración en poblaciones locales. Deriva y migración en poblaciones humanas. Modelo insular. Efecto Wahlund. Principio del fundador. Deterioro de la variabilidad genética. Interacciones entre deriva, mutación y selección.

Caracteres y diferencias neutras desde el punto de vista adaptativo: Neutralismo vs. Selecciónismo.

ESPECIACION

VIII. POBLACIONES, RAZAS, SUBESPECIES, ESPECIES

Variabilidad individual y de grupos. Polimorfismo y politipismo. Clones. Líneas puras. Poblaciones.

Estructura espacial de las poblaciones (disyunción, sobreposición, con zonas híbridas, conjunción, gradación, alopatria, simpatria biótica y vecinal).

Raza geográfica y microgeográfica. Razas ecológicas, edáficas, ecotipos. Ejemplos de variación racial. Razas geográficas o subespecies en animales y plantas. Variación racial en el hombre.

Diferencias raciales y selección natural. Reglas ecogeográficas. El papel de la deriva, migración e introgresión en la formación de razas.

Historia del concepto de especie. Concepto fenético (taxonómico). Conceptos biológicos de especie: por aislamiento, por reconocimiento, por cohesión. Otras definiciones alternativas: concepto evolutivo, ecológico, filogenético. Utilidades y limitaciones del concepto biológico de especie.

Diferencias génicas y/o cromosómicas entre especies. Métodos para evaluar divergencias intra e interespecíficas.

Especies gemelas o sinmórficas. Especies alomórficas. Círculo de razas. Semiespecies. Singameon. Concepto de especie en organismos uniparentales.

IX. AISLAMIENTO REPRODUCTIVO.

Concepto biológico de especie. Aptitud inmediata versus flexibilidad. Aislamiento reproductivo versus interesterilidad. Aislamiento geográfico versus aislamiento reproductivo.

Mecanismos precigóticos: características, modo de acción, ejemplos. Ecológico. Estacional o temporal. Etológico o sexual. Mecánico. Por especificidad de los polinizadores (constancia de

7

hábito). Incompatibilidad gamética (fecundación externa). Barreras de incompatibilidad (fecundación interna).

Mecanismo postcigótico: características, modo de acción y ejemplos. Mortalidad cigótica, inviabilidad o debilidad de los híbridos. Esterilidad de desarrollo o génica. Esterilidad segregacional o cromosómica (haplónica, diplónica).

Un caso especial de esterilidad segregacional cromosómica: hibridez estructural críptica. Consecuencias. Ejemplos. Mecanismos moleculares implicados.

Reversibilidad y acción conjunta de los mecanismos de aislamiento reproductivo.

Origen del aislamiento reproductivo. Divergencia génica versus selección natural. Experimentos. Ejemplos en la naturaleza. Efecto Wallace. Desplazamiento de caracteres reproductivos (Whalen). Teoría del refuerzo de aislamiento precigótico por selección natural.

Mecanismos moleculares que determinan aislamiento reproductivo precigóticos y/o postcigóticos.

X. MODOS DE ESPECIACION

Modelos de especiación primaria. Factores extrínsecos e intrínsecos. Análisis de la distribución geográfica.

Modelos basados en condiciones espaciales: Especiación alopátrica (geográfica). Estados de diferenciación génica. Evidencias de especiación alopátrica. Modelos genéticos y predicciones. Especiación cuántica (peripátrica). Diferenciación entre poblaciones centrales y periféricas. Efecto fundador y variabilidad genética. Evidencias en poblaciones naturales. Modelos y predicciones. Especiación parapátrica, origen y evolución de zonas híbridas. Extinción de poblaciones intermedias en un círculo de razas. Especiación estasiopátrica. Especiación simpátrica. Simpatria biótica y vecinal. Ejemplos en la naturaleza. Estudios experimentales. Modelos teóricos.

Modelos de especiación primaria basados en mecanismos genéticos: Transiliencia (génica, cromosómica), por mantenimiento de híbridos, por recombinación híbrida, divergencia (adaptativa, clinal, en el hábitat). Especiación gradual o instantánea. Gradualismo filético y equilibrio puntuado.

Mecanismos moleculares y modos de especiación: deriva molecular. Incompatibilidad mecánica del genoma. Reengarce genómico. Enfermedad genómica (disgenesia híbrida).

XI. CAMBIOS CROMOSOMICOS Y ESPECIACION

Características del cariotipo. Cariotipo natural. Distribución espacial de los genomas y sus consecuencias evolutivas. Cambios numéricos y estructurales. Rearreglos cromosómicos como mecanismos de aislamiento postcigótico. Tipos de rearrreglos involucrados en el aislamiento reproductivo (fusiones, fisiones, translocaciones recíprocas, inversiones). Polimorfismos cromosómicos: estructurales y numéricos. Rearreglos cromosómicos múltiples. Fijación de rearrreglos cromosómicos en poblaciones aisladas.

Reproducción sexual vs. Reproducción asexual. Determinación sexual y Cromosomas sexuales. Origen y evolución de los cromosomas sexuales en aves. La evolución de los cromosomas sexuales en los mamíferos.

Deriva meiótica (cromosomas sexuales, cromosomas B o accesorios, rearrreglos autosómicos). Efecto de reestructuraciones cromosómicas en la viabilidad y fertilidad. Relación entre cambio génicos y cromosómicos en la especiación. Elementos transponibles e inducción de rearrreglos cromosómicos.

Modelos de especiación cromosómica: ejemplos en la naturaleza, estudios experimentales.

Organización del genoma: ADN codificante. Secuencias no codificantes: - (Secuencias repetidas en tandem: minisatélites, microsátélites.) - Secuencias repetidas dispersas. Elementos transponibles, retrovirus, ADN espaciador Secuencias reguladoras (Promotores, enhancers,

12/11

FM

señales de procesamiento). Secuencias repetidas localizadas (ADN satélite, centrómeros, telómeros). Organización de genomas completos. Organización comparada de genomas en diversas especies.

Evolución del tamaño del genoma: Paradoja del valor "C". Mecanismos de cambio. Variación en contenido y posición de heterocromatina, consecuencias evolutivas. Teoría del nucleotipo Vs "ADN egoísta o parásito". Evidencias experimentales, modelos y predicciones.

Aportes de la citogenética molecular al estudio de la especiación (Hibridación *in situ* utilizando como sonda ADN genómico total (GISH) o secuencias particulares de ADN (FISH). Detección de homologías entre especies que no hibridan, o que poseen idéntico cariotipo. Análisis del apareamiento meiótico. Mapas físicos y su utilidad en estudios evolutivos y aplicados.

XII- ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DEL GENOMA.

Micro y Macroevolución. Neodarwinismo vs. Equilibrios intermitentes. La organización jerárquica del genoma y el origen de la variabilidad: genes divididos, familias multigénicas (propiedades, tasa de divergencia entre copias y su medición a través de relojes moleculares, evolución concertada), superfamilias multigénicas y genes homeóticos. La conducción molecular como proceso evolutivo. Elementos genéticos móviles y su importancia evolutiva: rearreglos específicos del genoma (deleciones, inversiones, duplicaciones, transposición conservativa y duplicativa). Consecuencias evolutivas de los rearreglos específicos: cambios en el patrón de expresión de los genes, precursores evolutivos de rearreglos controlados. Aislamiento reproductivo: mecanismo molecular de la disgenesia híbrida.

XIII. HIBRIDACION

Híbridos. Zonas híbridas. Enjambres híbridos. Regulación interna y ambiental de la hibridación. Hábitat abierto e hibridado. Consecuencias genéticas y evolutivas de la hibridación. Hibridación en plantas y animales. Origen de nuevas características por hibridación.

Análisis de apareamiento meiótico en híbridos diploides. Estimación cuantitativa del apareamiento. Variabilidad para factores que afectan el apareamiento. Interacción núcleo-citoplasmáticas y otras causas que determinan falta de apareamiento entre cromosomas homólogos.

Condiciones que promueven la hibridación natural y perpetuación de sus productos. Resultados evolutivos de la hibridación entre poblaciones con diferentes complejos génicos adaptativos.

Introgresión: ejemplos (*Quercus*, *Helianthus*, *Larrea*, *Prosopis*, *Pipilo*, etc.). Factores que promueven introgresión. Métodos para detectar introgresión: morfológicos, citogenéticos, bioquímicos y moleculares. Análisis de la variabilidad biológica. Ocurrencia y consecuencias de la hibridación e introgresión. Introgresión diferencial (citoplasmática Vs. nuclear). Introgresión localizada y dispersa. Origen de nuevas razas y especies por hibridación introgresiva. Consecuencias filogenéticas y taxonómicas de la introgresión. Evolución reticulada.

Métodos de análisis para determinar el origen híbrido de las poblaciones naturales. Transgresión de barreras de esterilidad cromosómica. Segregación ecológica de tipos morfológicos. Lígamiento entre morfología y viabilidad. Híbridos "falsos".

Especiación híbrida: especiación recombinacional, segregación de una nueva especie aislada por barreras externas. Zonas híbridas e introgresantes como centros de formación de especies. Importancia y ejemplos de especiación híbrida en la naturaleza.

Complejos híbridos: homogámico, poliploide. Complejo heterogámico: concepto de microespecie. Sistema genético de *Oenothera* (origen, complejos Renner, letalidad cigótica y gamética). Poliploidía impar permanente. Sistema genético de *Rosa canina*. Potencial evolutivo de los complejos heterogámicos.



Complejos híbridos agámico y clonal: apomixis vs. sexualidad. Procesos de formación. Apomixis y poliploidía. Ciclo diploide y tetraploide. Etapas de desarrollo del complejo. Potencial evolutivo.

XIV. POLIPLOIDIA

Frecuencia en diferentes taxa vegetales. Series poliploides. Series poliploides modificadas. Poliploides dibásicos. Ejemplos. Número de cromosomas, número de brazos cromosómicos y nivel de ploidía. Asociación secundaria de bivalentes en poliploides y su significado evolutivo. Ejemplos en *Triticum*, *Zea*, Orchidaceae. Clasificación de poliploides: autopoliploides estrictos e interraciales, alopoliploides segmentarios y típicos.

Criterios para distinguir distintos tipos de poliploides: a) morfológicos, b) cromosómicos: utilidad del estudio cariotípico con métodos convencionales y técnicas de bandedo (C, Q, enzimas de restricción, etc.); análisis meiótico en autopoliploides y alopoliploides; técnicas de citogenética molecular (GISH, FISH) para resolver su origen, c) fertilidad en autopoliploides y en alopoliploides; d) proporciones de segregación (herencia disómica y tetrasómica); e) cromatografía de compuestos fenólicos, ventajas y desventajas; presencia de compuestos químicos no parentales, variación estacional de compuestos; f) electroforesis de proteínas totales y enzimas, g) marcadores moleculares nucleares y citoplasmáticos.

Efectos morfológicos y fisiológicos de la poliploidía. Contenido de ADN y duración del ciclo celular en poliploides.

Relaciones entre diploides y poliploides derivados sobre la base del apareamiento cromosómico. Homología versus homeología.

Modificaciones secundarias de los poliploides: Mutación y recombinación genética, segregación cromosómica, introgresión unidireccional, hibridación secundaria, duplicación secundaria, poliploidía secundaria en híbridos.

Control del apareamiento en poliploides. Genes tipo "Ph". Apareamiento preferencial. Perturbación de los sitios de unión de cromosomas y/o genomas a la membrana nuclear (acción de la colchicina): Aplicaciones e implicancias evolutivas.

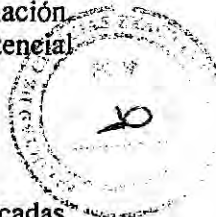
Especiación por alopoliploidía: Importancia y ejemplos en animales y vegetales. Redundancia genética y estabilidad. Origen recurrente de los poliploides. Recombinación intergenómica. Comparación de la organización genómica de poliploides y diploides relacionados. Métodos de estudio.

XV-EVOLUCION Y DESARROLLO

La formación de los ejes en el embrión de *Drosophila melanogaster*: dos mecanismos diferentes para generar la actividad morfogénica. Genes de efecto materno. Papel conservado de algunos genes en la formación de los ejes en los distintos phyla. Los genes cigóticos y la formación de los segmentos: genes cardinales o genes gap. Genes que determinan el número y la polaridad de los segmentos: genes de la regla par y de la polaridad segmental. Genes que determinan la identidad de los segmentos: complejo de genes homeóticos (HOM-C). Paralelismo en la formación de patrones entre invertebrados y vertebrados (genes HOX). Genética del desarrollo en plantas: el sistema modelo de *Arabidopsis thaliana*. La influencia de la genética del desarrollo en la estructura conceptual de la biología evolutiva tradicional.

XVI- SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Postulados básicos de la Sistemática Filogenética (= Cladismo). Homología. Homoplasia. Cladograma. Estado primitivo o plesiomorfo. Estado derivado o apomorfo. Criterios para la determinación de la polaridad de los caracteres. Criterio ontogenético. Criterio de comparación con el grupo externo. Caracteres y su codificación. Etapas del análisis cladístico. Construcción de



cladogramas y clasificación. Grupos mono, para y polifiléticos. Parámetros para la descripción del cladograma. Cladograma de consenso estricto y mayoría. Pesado de caracteres. Programas.



XVII- PARSIMONIA APLICADA A PROCESOS MICROEVOLUTIVOS

Evolución de haplotipos mitocondriales en relación a su distribución geográfica. Características particulares de las mitocondrias y los cloroplastos: herencia uniparental, deriva genética intracelular, segregación vegetativa. Selección intra e intercelular. Tasa de sustitución nucleotídica. La perspectiva filogeográfica como elemento innovador en estudios evolutivos: ejemplos. Aplicaciones en el establecimiento de rutas de migración y de control de plagas.

XVIII- MACROEVOLUCION: PROCESOS BASICOS

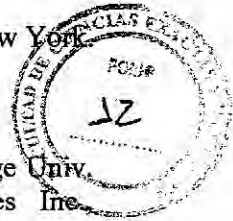
Macroevolución como proceso histórico. El tiempo geológico. Anagénesis y cladogénesis. Divergencia evolutiva. Equilibrio puntuado. Radiación adaptativa, convergencia y paralelismo, ontogénesis vs ortoselección, evolución reticulada. Ritmo evolutivo. Extinción.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

LIBROS

- Appels, R. Morris, R., Bikram S. And Cedric, M. 1998. Chromosome Biology. Kluger Academic Publish. London
- Archley, W.R. and D. Woodruff .1981. Evolution and speciation 298: 334. Cambridge Univ. Press Cambridge. Inglaterra.
- Awise, J.C. 1993. Molecular markers, Natural History and Evolution. Chapman & Hall. 511 pags.
- Awise, J. C. 2000. Phylogeography. The history and formation of species. Harvard University Press. Cambridge. London. England.
- Ayala, F.J. (ed.) 1976. Molecular Evolution. Sinauer Assoc., Inc. Sunderland Mass 277 pags.
- Cavalli-Sforza, L.L. and W.F. Bodmer. 1971. The genetics of Human Populations. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 965 pags.
- Clausen, J. 1951. Stages in the Evolution of Plant Species. Cornell Univ. Press. 206 pags.
- Cook, L.M. 1979. Genética de Poblaciones. Ediciones Omega. 91 pags.
- Crow, J.F. and M. Kimura. 1970. An Introduction to Population Genetics. Theory. Harper and Row, Publ. New York. 591 pags. Recomendable para profundizar ciertos temas, para aquellos que desean entrar en aspectos matemáticos.
- Dobzhansky, Th. 1970. Genetics of the evolutionary process. Columbia. Univ. Press. New York and London. 505 pags.
- Dobzhansky, Th., F.J. Ayala, G.L. Stebbins and J.W. Valentine. 1977. Evolution. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 572. pags.
- Dobzhansky, Th., F.J. Ayala, G.L. Stebbins and J.W. Valentine. 1980. Evolución. Ed. Omega S.A. Barcelona. 558 pags.
- Dover, G.A., and R.B. Flavell (Ed.) 1982. Genome evolution. The Syst. Association No 20. Academy Press.
- Endler, J.A. 1977. Geographic variation speciation and clines. Monographs in Population Biology 10. Princeton Univ. Press. Princeton, N.J.
- Endler, J. A. 1986. Natural Selection in the Wild. Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey. 336.

- Falconer, D.S. 1960. Introduction to Quantitative Genetics. The Ronald Press Company. New York. 365 pags.
- Fitch, W.M., F. Ayala. 1995. Tempo and Mode in Evolution. Nat Acad. of Sciences
- Forey, P.L. (ed.). 1981. The evolving biosphere in P.H. Greenwood. (gral. ed.). Cambridge Univ. Press. Futuyma, Douglas J. 1979. Evolutionary biology. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts. 565 pags.
- Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary biology. (Third Edition). Sinauer Associates Inc.
- Grant, V. 1963. The origin of adaptations. Columbia Univ. Press. New York and London. 605 pags.
- Grant, V. 1977. Organismic Evolution. W.H. Freeman and Co. San Francisco, 418 pags.
- Grant, V. 1981. Plant Speciation. Columbia Univ. Press. New York. 435 pp.
- Grant, V. 1985. The Evolutionary Process. W.H. Freeman and Co. San Francisco, 499 pag.
- Gripya & T. Tsuchiya (eds) 1991. Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution. Part A. Elsevier.
- Gripya & T. Tsuchiya (eds) 1991. Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution. Part B. Elsevier.
- Harrison, G. R. 1993. Hybrid zones and the Evolutionary Process. Oxford University Press. New York.
- Hartl, D.L. & A. G. Clarck. 1997. Principles of Population Genetics. Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Hedrick, P. W. 1983. Genetics of populations. Second Edition. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, Massachusetts.
- Hillis D.M., C. Moritz & B. K. Mable. 1996. Molecular Systematics. Second Edition. Sinauer Associates Inc.
- Jameson, O.L. (ed.). 1977. Evolutionary Genetics. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- John, B. and K. Lewis. 1975. Chromosome Hierarchy. Clarendon Press. Oxford.
- John, B. 1976. Population Cytogenetics Studies in Biology. No70, by Edward Arnold (Publishers).
- John, B. 1981. Genetic Variability. Clarendon Press. Oxford.
- John B. and G. Miklos. 1988. The eukaryote genome in development an evolution. Allen & Unwin. 412pp.
- King, M. 1993. Species Evolution. University Press. Cambridge.
- King, Max. 1993. Species Evolution. The role of chromosome change. Cambridge Univ. Press
- Lacadena Juan Ramon. 1996. Citogenetica. Editorial Complutense. 991 pags.
- Lewin B. 2000. GENES VII. Oxford University Press, NY.
- Lewontin, R.C. (editors). 1968. Population Biology and Evolution, Syracuse. New York. 205 pags.
- Lewontin, R.C. 1974. The genetic basis of evolutionary change. Columbia University Press. New York and London. 346 pags.
- Lewontin, R.C. 1979. La base genética de la evolución. Ediciones Omega. Barcelona. 328 pags.
- Lynch, M. and B. Walsh. 1998. Genetics and Analysis of quatitative traits. Sinauer Associates Inc.
- Mayr, E. 1963. Animal Species and Evolution. The Belknap Press of Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts. 797 pags.
- Mayr, E. 1970. Populations, species and evolution. The Belknap Press of Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts. 453 pags.



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

- Melman, R. (ed.). 1982. Perspectives on evolution. Sinauer Associates Inc. 241 pp.
- Nagl, W. 1978. Endopolyploidy and polyteny in differentiation and evolution. North Hollands Pub. Co. 13
- Nei, M. 1975. Molecular Population Genetics and Evolution. North Holland Pub. Co. Amsterdam. 288 pags.
- Ohno, S. 1970. Evolution by gene duplication. Springer Verlag. New York. 160 pags.
- Otte, D. and J. A. Endler. 1989. Speciation and its consequence. Sinauer Associates. Inc. Sunderland Massachusetts.
- Page & Holmes. 1998. Molecular Evolution. Blackwell Science.
- Parkin, D.T. 1979. Introduction to Evolutionary Genetics. Edward Arnold. 233 pp.
- Ridley M. 1998. Evolution. Second Edition. Blackwell Science.
- Simpson, G.G. 1961. El sentido de la evolución. Ed. Univ. Bs. As. 320 pp.
- Simpson, G.G. 1964. Evolución y Geografía. EUDEBA. Buenos Aires. 87 pp.
- Simpson, G.G. 1965. The Geography of Evolution. Chilton Book-Publ. Philadelphia and New York. 249 pags.
- Smith, J.M. 1989. Evolutionary genetics. Oxford University Press.
- Solbrig, O.T. 1970. Principles and methods of Plant Biosystematics. The Mac-Millan Company. Collier-Mac Millan Limited, London. 226 pags.
- Solbrig, O.T. & D.J. Solbrig. 1979. Population biology and evolution. Addison-Wesley. Publ. Co. Reading Mass.
- Soltis D. E., Soltis P. S. & Doyle J., 1998. Molecular Systematics of Plants II. DNA Sequencing. Kluwer Academic Publishers. 574pp.
- Spiess, E.B. 1977. Genes in Populations. John Wiley & Sons. New York. 780 pp.
- Stebbins, G.L. 1950. Variation and Evolution in plants. Columbia Univ. Press. New York. 643 pags.
- Stebbins, G.L. 1969. The basic of progressive evolution. The University of North Carolina Press. Chapel Hill. 150 pags.
- Stebbins, G.L. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Addison-Wesley Publ. Reading. Massachusetts. 216 pags.
- Stebbins, G.L. 1971. Processes of Organic Evolution. 2nd. edition. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 193 pags.
- Swanson, C.P., T. Merz and W.J. Young. 1981. Cytogenetics. Englewood Cliffs., New Jersey. Prentice Hall, Inc.
- Sybenga, J. 1975. Meiotic Configurations. Springer Verlag. 251 pp
- Wallace, B. 1968. Topics in Population Genetics. W.W. Norton and Co. Inc. New York. 481 pp.
- Wallace, B. 1970. Genetic Load. Its biological and conceptual aspects. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 116 pp.
- Wallace, B. 1981. Basic Populations Genetics. Columbia Univ. press. New York. 688 pp.
- White, M.J.D. 1973. Animal Cytology and evolution. Cambridge University Press. Londres.
- White, M.J.D. 1978. Modes of speciation. W.M. Freeman and Co. San Francisco.
- Wills, C. 1981. Genetic variability. Clarendon Press. Oxford.
- 111