



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA SUR**



**ÁREA DE CONOCIMIENTO  
DE CIENCIAS DEL MAR Y DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO  
DE CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS**

**PROGRAMA EDUCATIVO: BIÓLOGO MARINO  
PLAN DE ESTUDIOS POR COMPETENCIAS 2011-II**

**BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN**

**OPTATIVA**

**2 HRS/SEM**

**LABORATORIO DE COMPUTO**

**MANUAL DE LABORATORIO**

**Sergio Francisco Flores Ramírez  
La Paz, B.C.S. Abril de 2011**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>3</b>
<b>PRESENTACIÓN:</b> .....	<b>5</b>
<b>CONTRATO DE APRENDIZAJE</b> .....	<b>7</b>
<b>PRÁCTICA 1: LA HUELLA ECOLÓGICA</b> .....	<b>9</b>
INTRODUCCIÓN .....	9
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	11
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	11
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	11
PRODUCTOS .....	11
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	12
REFERENCIAS.....	12
<b>PRÁCTICA 2: IMPACTO AMBIENTAL Y CAMBIO COMUNITARIO</b> .....	<b>13</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	13
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	14
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	16
PRODUCTOS .....	17
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	17
REFERENCIAS.....	18
<b>PRÁCTICA 3: RIESGO DE EXTINCIÓN Y ESTOCASTICIDAD DEMOGRÁFICA</b> <b>ANÁLISIS DE MATRICES MULTI-ESTADO</b> .....	<b>19</b>
INTRODUCCIÓN .....	19
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	21
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	21
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	24
PRODUCTOS .....	24
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	24
REFERENCIAS.....	25
<b>PRÁCTICA 4: RIESGO DE EXTINCIÓN Y ESTOCASTICIDAD GÉNICA</b> .....	<b>26</b>
INTRODUCCIÓN .....	26
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	31
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	32
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	35
PRODUCTOS.....	35
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	35
REFERENCIAS.....	36
<b>PRÁCTICA 5: MANEJO ECOSISTÉMICO, PROCESOS ECOLÓGICOS Y PATRONES</b> <b>POBLACIONALES</b> .....	<b>37</b>
INTRODUCCIÓN .....	37
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	38
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	38
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	39
PRODUCTOS .....	39
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	40
REFERENCIAS.....	41

<b>PRÁCTICA 6: SISTEMÁTICA APLICADA A LA CONSERVACIÓN .....</b>	<b>42</b>
INTRODUCCIÓN .....	42
OBJETIVO DE APRENDIZAJE .....	43
INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	43
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES .....	44
PRODUCTOS .....	45
COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES.....	45
REFERENCIAS.....	46

## INTRODUCCIÓN:

Este manual fue creado para apoyar el curso de: **BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN**, y guiará al estudiante en la parte práctica del mismo, mientras le ayuda a desarrollar las competencias disciplinares, con el objetivo de prepararlo sólidamente en la disciplina y su aplicación en la Biología Marina, y simultáneamente, reforzar competencias genéricas que impactarán favorablemente los ámbitos de su vida.

*El estudiante se preguntará ¿Qué es una competencia?*

“Es la capacidad de movilizar recursos cognitivos para hacer frente a un tipo de situaciones con buen juicio, a su debido tiempo, para definir y solucionar verdaderos problemas.”<sup>1</sup> Las competencias van más allá de las habilidades básicas o saber hacer ya que implican saber actuar y reaccionar; es decir saber qué hacer y cuándo, lo que evita la memorización sin sentido de temas desarticulados y la adquisición de habilidades mecánicas. Esto a su vez promueve el desarrollo de competencias manifiestas en la resolución de problemas, procurando que en el aula y laboratorio exista una vinculación entre estos y la vida cotidiana.

Competencias a desarrollar:

- **Disciplinares Básicas:** las mínimas necesarias de cada campo disciplinar para que los estudiantes se desarrollen en diferentes contextos y situaciones a lo largo de la vida.
- **Disciplinares Extendidas:** implican los niveles de complejidad deseables para quienes opten por una determinada trayectoria académica, teniendo así una función propedéutica en la medida que prepararán a los estudiantes de enseñanza superior para su ingreso y permanencia en posgrados y trabajos especializados.
- **Disciplinares Profesionales:** son competencias especializadas que preparan al estudiante para desempeñar su vida profesional con mayores probabilidades de éxito.
- **Genéricas:** las que se desarrollan de manera transversal en todas las asignaturas del mapa curricular y permiten al estudiante comprender su mundo e influir en él, le brindan autonomía en el proceso de aprendizaje y favorecen el desarrollo de relaciones armónicas con su entorno y quienes les rodean. (Anexo I)

---

<sup>1</sup> Mastache, Anahí et. al. Formar personas competentes. Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales. Ed. Novedades Educativas. Buenos Aires / México. 2007.

*Estudiante:* este manual te encauzará a lo largo de actividades que reforzarán o desarrollarán tus competencias, además de tareas para aprender en forma colaborativa (aprender de y con tus compañeros). Al realizar las actividades y proyectos (reportes de práctica, informes, trabajos finales, etc.), encontrarás momentos para pensar, reflexionar y comunicarte, mientras:

- Conoces a tus compañeros.
- Compartes con ellos metas y objetivos.
- Cooperan y se ayudan mutuamente.
- Respetan sus puntos de vista y opiniones.
- Logran acuerdos y toman decisiones.
- Proponen alternativas para resolver los problemas que se presentan.

***En el modelo de competencias lo importante es adquirir conocimiento, desarrollar habilidades y fortalecer actitudes y valores. Durante el laboratorio del curso desarrollarás diversas actividades y elaborarás tareas dirigidas a obtener tres tipos de evidencias que permitirán a tu docente evaluar si has adquirido la competencia.***

***Conocimientos: Teorías y principios que deberás dominar para lograr un desempeño eficaz.***

***Desempeños: Habilidades para usar herramientas*** (microscopios, ordenadores, software, claves de identificación, cuadrantes, transectos, etc.), en la adquisición, ordenamiento y análisis de datos e información. Estos desempeños pueden ser evaluados por el docente, alguno de tus compañeros e incluso por ti mismo.

***Productos: Evidencias tangibles de la competencia.*** El producto que elaboraste u obtuviste (Reporte de práctica, marco conceptual, presentación), la información que buscaste, integraste al documento, y ordenaste en forma clara y estructurada en la sección de bibliografía etc.

## **PRESENTACIÓN:**

Las masas de agua que circundan la Península de Baja California, determinan la existencia de ecosistemas y ecotonos, que favorecen la existencia de organismos planctónicos, demersales y bentónicos de una diversidad inusitada. Por otra parte, el relativo aislamiento de las islas en la vecindad de la Península favorece un alto endemismo (especies que solo se encuentran en estos ambientes), que se ven amenazadas por la invasión potencial o real de especies exóticas. Lo anterior y las condiciones cuasi prístina de la mayoría de ecosistemas oceánicos, costeros e insulares en la vecindad de Baja California, presenta una oportunidad sin parangón para presentar a los estudiantes de la Licenciatura en Biología Marina, los quehaceres de la Biología de la Conservación.

El profesional en Biología de la Conservación tiene entre sus objetivos identificar especies, ecosistemas y procesos ecológicos bajo amenaza y contribuir a desarrollar, medidas para mitigar o reducir los efectos de factores de amenaza. También desarrolla investigaciones que contribuyen al uso sustentable de los recursos naturales y mantenimiento de la biodiversidad. En resumen su meta es preservar la biodiversidad. Para ello se ayuda con los avances de distintas disciplinas, como la Demografía, Ecología, Evolución, Genética, Biogeografía, Sistemática y Economía.

Este manual tiene como objetivo, que los estudiantes de la Licenciatura en Biología Marina practiquen la aplicación de los principios de biología, ecología y genética de poblaciones, ecología de comunidades, ecología conductual, sistemática, y economía que sustentan a la Biología de Conservación. Esto, mientras tienen presente que los Biólogos de la Conservación no pueden darse el lujo de coleccionar gran cantidad de información, para proponer las mejores decisiones. La meta central del curso es que los estudiantes conozcan y apliquen algunas de las herramientas más poderosas que se emplean para evidenciar y solucionar los problemas asociados a la preservación y conservación de la biodiversidad y de la urgencia de llevar a cabo este tipo de estudios dado el rápido deterioro de los hábitats naturales y su intensificación debida al cambio climático global. Tales principios y herramientas incluirán el entrenamiento y desarrollo de competencias analíticas y de toma de decisiones en los estudiantes, mientras se refuerzan sus capacidades de comunicación verbal y escrita. Esto contribuirá al perfil del egresado al dotarle de capacidades para realizar investigaciones dirigidas a enriquecer el conocimiento de las especies y los procesos biológicos marinos, preparándole para

aportar información relevante para diseñar estrategias para conservar ecosistemas marinos y costeros.

## CONTRATO DE APRENDIZAJE

<b>ASIGNATURA: BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN</b>	
<p>Al estudiante: Ahora que conoces los contenidos del curso de Biología de la Conservación, revisa este Contrato de Aprendizaje, que tiene el propósito de establecer de forma conjunta estudiante – docente, los acuerdos y lineamientos que será conveniente respetar durante las sesiones del laboratorio, a fin de generar un espacio propicio para el trabajo y convivencia armónica y el desarrollo de competencias disciplinarias y genéricas.</p>	
<b>DERECHOS Y DEBERES</b>	
<b>DEL ESTUDIANTE</b>	<b>DEL DOCENTE</b>
<p>Cláusulas:</p> <p><b>Primera: Actividades de Aprendizaje</b></p> <p>El estudiante se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar de forma ética y responsable el 100% de las actividades de aprendizaje y evidencias solicitadas por el docente.</li> <li>Hacer entrega de las actividades y sus requerimientos en la fecha y hora acordadas.</li> </ul> <p>Solicitar apoyo a sus compañeros cuando así lo requiera, además de brindarles asesoría y dar soporte en la medida de sus posibilidades, a fin de favorecer el desarrollo de sus competencias.</p>	<p>Cláusulas:</p> <p><b>Primera: Actividades de Aprendizaje</b></p> <p>El docente se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Indicar claramente a los estudiantes las actividades de aprendizaje a realizar en el laboratorio, ya sea de forma individual o por equipos, además de otorgar un tiempo adecuado para su realización; programar anticipadamente la fecha en que se entregarán los productos (reporte de práctica, mapa conceptual, investigación bibliográfica).</li> <li>Especificar los requisitos que estas actividades deberán cumplir además del lugar y hora en que deberán entregarse.</li> </ul>
<p><b>Segunda: Responsabilidad</b></p> <p>Cada estudiante es responsable de su propio aprendizaje, por lo tanto su participación activa e interacción con sus compañeros de grupo y docente debe propiciar un ambiente que favorezca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El logro de competencias disciplinares.</li> <li>El desarrollo de competencias genéricas</li> <li>La convivencia armónica.</li> </ul> <p>Para tal fin, el estudiante debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contemplar y respetar el Reglamento General de Laboratorios.</li> <li>El uso de bata es absolutamente obligatorio.</li> <li>Los materiales que le sean solicitados para desarrollar la practica deberán ser presentados de manera ordenada la inicio de la misma.</li> <li>Queda estrictamente prohibido el uso de teléfonos celulares durante la sesión</li> </ul>	<p><b>Segunda: Responsabilidad</b></p> <p>El docente se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar en forma oportuna la planeación del curso y actividades de laboratorio.</li> <li>Impartir su clase y conducir las actividades de enseñanza, aprendizaje, práctica y evaluación, de forma tal que se produzca un proceso educativo de calidad acorde al contexto y a las necesidades de los estudiantes.</li> <li>Crear experiencias de aprendizaje enfocadas a favorecer en los estudiantes el desarrollo de competencias y el logro de los fines educativos.</li> </ul> <p>Generar un ambiente que motive a los estudiantes a aprender, participar, comunicar, interactuar, investigar.</p>



de laboratorio. Etc.	
<p><b>Tercera: Honestidad, Respeto y Tolerancia</b></p> <p>El estudiante se compromete a tratar con respeto, ética, honestidad y tolerancia a sí mismo, a sus compañeros y a su docente.</p>	<p><b>Tercera: Honestidad, Respeto y Tolerancia</b></p> <p>El docente se compromete a:</p> <p>Ser tolerante, responsable, y respetuoso.</p> <p>Dar un trato equitativo a todos los estudiantes.</p> <p>Dar a los estudiantes la orientación pertinente</p>
<p><b>Cuarta: Participación</b></p> <p>El estudiante tiene derecho y obligación de participar en la sesión, ser escuchado, expresar con orden y respeto sus ideas, puntos de vista, sugerencias, experiencias comentarios, y observaciones, todo ello con el objetivo de fortalecer el proceso educativo.</p>	
<p><b>Quinta: Puntualidad y Asistencia</b></p> <p>El estudiante se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistir al menos al 90% de las sesiones de laboratorio</li> <li>• Presentarse a las sesiones de laboratorio puntualmente.</li> <li>• En caso de inasistencia por motivos médicos, deberá justificarla con el documento de diagnóstico y tratamiento.</li> </ul>	<p><b>Cuarta: Puntualidad y Asistencia</b></p> <p>El docente se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistir al 100% de las sesiones de laboratorio</li> <li>• Presentarse a las sesiones de laboratorio puntualmente</li> </ul> <p>En caso de inasistencia, por razones laborales; deberá notificarla a los estudiantes por adelantado.</p>
<p><b>Sexta: Evaluación</b></p> <p><b>Calificación mínima aprobatoria del curso de Biología de la Conservación: 60</b></p> <p>La calificación final del curso se integra por el puntaje correspondiente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Asistencia a clase: 10%</li> <li>+ Participación en seminarios (20%): Seminarios: cada semana un alumno expondrá y conducirá la discusión del grupo en torno a un artículo científico, relativo a los temas revisados durante la semana. Previo a la exposición todos alumnos responderán un cuestionario corto (6 preguntas), que abarquen información general sobre el marco de referencia, métodos, resultados y conclusiones del artículo (20% del crédito).</li> <li>+ Reportes de Laboratorio 25%</li> <li>+ Ensayo Final: 45%</li> </ul>	<p><b>Quinta: Evaluación</b></p> <p>El docente se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Respetar y hacer respetar los criterios de evaluación de la asignatura correspondiente.</li> <li>• Dar a conocer los criterios y porcentajes de evaluación, tomando en cuenta la normatividad y reglamento de la institución.</li> <li>• Realizar una evaluación integral con base en los criterios establecidos, acorde a los objetivos de aprendizaje y a lo que se realizó en el laboratorio</li> <li>• Informar oportunamente a los estudiantes los resultados de su evaluación y calificaciones. Atender sus dudas y realizar las aclaraciones pertinentes.</li> </ul>

# **PRÁCTICA 1: LA HUELLA ECOLÓGICA**

4 horas, Dos Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

## **INTRODUCCIÓN**

La huella ecológica es el término dado al modelo de capacidad de carga ambiental, desarrollado por Wackernagel y Rees (1996) y aplicado por primera vez en Holanda. Mientras la Capacidad de Carga es “El máximo de individuos que un medioambiente específico puede sustentar en el largo plazo”, la huella ecológica es un índice del impacto ambiental que tiene un individuo o un grupo de estos, acorde a la cantidad de tierra y agua que requiere(n) para satisfacer sus necesidades, indicativo de sus hábitos de consumo. Al calcular el índice, se traduce el consumo y la degradación ambiental que se le asocia, en términos de los metros cuadrados de tierra y agua usadas (“sobre las que se deja huella”); lo que hace al modelo comprensible. Además, mientras que la Capacidad de Carga se enfoca en el medioambiente y es una noción de límite (pues existe un máximo de personas que pueden satisfacer sus necesidades en un ambiente); la huella ecológica analiza los patrones de consumo de los individuos y el efecto de estos sobre el medioambiente. Así, el concepto identifica un problema de consumo: De lo que se consume y cuánto se consume. Por ello, la huella ecológica se puede vincular al análisis microeconómico del individuo (consumidor). Lo anterior permite identificar que variables determinan los patrones de consumo y su huella ecológica. Los trabajos principales acerca de la huella ecológica (Wackernagel y Rees 1996, Rees 2002 y 2003) abordan el tema relacionándolo al desarrollo económico, partiendo de una noción de ética en la que se enfrentan los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo, identificando patrones de consumo diferenciados, que dan lugar a problemas de desigualdad, pobreza y degradación ambiental (OECD, 1995). Los patrones de consumo que caracterizan a los países desarrollados requieren de más recursos naturales de los que poseen en su territorio, y los obtienen de los países en vías de desarrollo. Esto es considerado

por algunos autores como poco ético. Se ha caracterizado a este problema como de *equidad intrageneracional e interregional*.

## **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

El alumno comprenderá y pondrá en práctica el concepto de Huella Ecológica y a utilizarlo como herramienta para evaluar la sustentabilidad de las prácticas humanas. Percibirá que distintos grupos sociales y los países desarrollados tienen una “huella” más extensa y que ello ha llevado a una crisis de conservación por el sobre-consumo de bienes y servicios naturales.

## **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* Familiarízate con la hoja de cálculo de huella ecológica en excel: ef\_household\_0203.xls.

*Estudiante:* Una vez que te hayas familiarizado con el uso del software, organízate con tu equipo de trabajo para conducir una encuesta a los alumnos de las Áreas Interdisciplinarias de: Ciencias Sociales (n=30); Ciencias del Mar (n=30); Ciencias Agropecuarias (n=30). Obtén la huella ecológica promedio de cada grupo de estudio. Interpreta tus resultados.

*Segunda Sesión:* Termina el análisis de tus datos e interpretación de resultados. Con tu equipo, elabora y entrega un reporte formal de esta práctica.

## **ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES**

Discutir la filosofía implícita en el concepto de “huella ecológica”.

Conocer distintas formas en que se puede estimar la “huella ecológica” y reconocer que existen distintos enfoques (a veces muy divergentes para calcularla). Aplicar un software para calcular la huella ecológica de uno o un conjunto de individuos, identificar, interpretar y discutir los resultados de la aplicación del software.

## **PRODUCTOS**

Entrega y exposición de un reporte formal de esta práctica, haciendo referencia a: la filosofía implícita en el concepto de “huella ecológica”, a los métodos que empleaste para medirla, la obtención de tus datos, el análisis de tus datos e interpretación de resultados.

## COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES

COMPETENCIAS GENÉRICAS	COMPETENCIAS DISCIPLINARES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Organización y gestión</i></li> <li>2. <i>Comunicación.</i></li> <li>3. Gestión de la información</li> <li>4. Toma de decisiones y solución de problemas</li> <li>5. Trabajo en equipo</li> <li>6. Relaciones interpersonales</li> <li>7. Adaptación al cambio</li> <li>8. Liderazgo, iniciativa, dirección</li> <li>9. Disposición hacia la calidad</li> <li>10. Control y gestión personal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimiento de un concepto útil “evaluación del impacto ambiental de un individuo o un grupo de individuos.”</li> <li>2. Manejo e interpretación de una herramienta conceptual y estadística dirigida a evaluar el impacto que tienen los usos y costumbres de consumo de un individuo o un grupo de individuos sobre el ambiente.</li> </ol>

<b><i>Estrategias de Aprendizaje</i></b>	<b><i>Estrategias de Evaluación</i></b>
Lectura y discusión crítica sobre el concepto de huella ecológica.	Se evaluará con base a: <ol style="list-style-type: none"> <li>1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica.</li> <li>2 La desenvoltura que muestren al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados.</li> <li>3 Calidad del reporte derivado de obtener y procesar los datos relativos a la Huella ecológica.</li> </ol>
Aplicación de un instrumento estadístico diseñado para evaluar la huella ecológica de un individuo o un grupo de estos.	
Discusión en grupo crítica de los resultados obtenidos, en cuanto a la calidad del muestreo y datos obtenidos del mismo y su influencia sobre los resultados derivados de la herramienta estadística que estima la huella ecológica de un individuo o un grupo.	

## REFERENCIAS

- Wackernagel M., Rees W.M. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* Philadelphia, PA, and Gabriola Island, Canadá: New Society Publishers.
- OECD (1995). “Sustainable Consumption and Production: Clarifying the Concepts”: Background Papers to the OECD Workshop. París.
- Rees W.M. 2002. “Our Ecological Footprints: Tracking Progress Toward Sustainability”. <http://www.emiaa.org.au/ReesENV2002.htm>.
- Rees W.M. 2003. “Economic Development and Environmental Protection: and Ecological Economics Perspective”. *Environmental Monitoring and Assessment*, no. 86.

## **PRÁCTICA 2: IMPACTO AMBIENTAL Y CAMBIO COMUNITARIO**

4 horas, Dos Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

### **INTRODUCCIÓN**

La conservación de la biodiversidad implica preservar el mayor número y abundancia de las especies, prestando atención especial a especies con características genéticas o morfológicas únicas. Al tratar de balancear las prioridades de conservación, los expertos deben considerar los valores de los índices de biodiversidad comunitaria. Así, un buen índice debe indicar que tan intensos son los cambios en la composición de la comunidad, de modo que al cambiar indique el cambio de: la riqueza de especies, equitatividad y distintividad. De manera contradictoria, numerosos estudios demuestran que los índices más empleados, indican que los parámetros de interés aumentan al eliminar (extinguirse) especies (Allen et al. 2009). Recientemente, se han desarrollado índices que son sensibles para indicar la disminución continua y gradual de la distintividad taxonómica en ensamblajes comunitarios marinos, a lo largo de gradientes continuos de contaminación, aún cuando la diversidad de especies permanece constante. Dos índices se han desarrollado,  $\Delta$  y  $\Delta'$ , el primero es un índice de diversidad taxonómica relativo al índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) pero con un componente de separación taxonómica, y el segundo es una medida pura de distintividad taxonómica. Los valores de ambos índices parecen no estar influenciados por el tamaño de muestra (como  $H'$ ), dependen menos del tamaño de muestra que los índices de riqueza de especies y equitatividad.

### **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

El alumno comparará la sensibilidad de los índices de distintividad taxonómica e índices tradicionales, al cambio de comunidades de ambientes bajo impacto antropogénico (p. ej. gradientes de contaminación en un estuario o una franja de manglar que se aleja de un centro urbano). Así, reconocerá el poder de los índices de distintividad para diagnosticar el estado de salud de las comunidades y biodiversidad.

Evaluando la posibilidad de que el complemento genético de cualquier bioma pueda (dentro de sus límites), permanecer mas o menos constante y repartido entre unidades taxonómicas jerárquicas, acorde a la edad o estadio de sucesión del ensamble.

## **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* El instructor: a) Guiará al alumno para que identifique los parámetros que caracterizan a los ensambles comunitarios (e.g. Riqueza y Diversidad de especies, Dominancia, Equitatividad, Distintividad Taxonómica) y los algoritmos de los índices que se utilizan para estimar estos parámetros (e.g.  $H'$ ,  $\Delta$  y  $\Delta'$  etc.); b) Ejemplificará el desarrollo de un diagnóstico del estado de salud comunitario con base en la estimación de los índices mencionados, demostrando las rutinas implementadas en el software PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>)

Primero, explicará la aplicación de las rutinas de Rarefacción Individual: dirigidas a comparar la diversidad taxonómica en muestras de distinto tamaño, pues cuando se comparan muestras: estas deben ser taxonómicamente similares, obtenidas con métodos estandarizados de hábitats similares. Una o más columnas de conteos de individuos de diferentes taxa (cada columna debe tener el mismo número de valores). Dadas una o más columnas de datos de abundancia para un número de taxones, este modulo estima cuantos taxa esperaría encontrar en una muestra con un número total de individuos menor. Con el método usted puede estimar el número de especies en muestras de distinto tamaño. Usando el análisis de rarefacción en su muestra más grande, usted puede estimar el número máximo esperado de taxa en cualquier muestra de menor tamaño (incluso la mas pequeña, Krebs 1989). Sea  $N$  el no. total de individuos en la muestra,  $s$  el no. total de especies, y  $N_i$  el no. de individuos de la especie numero  $i$ . El no. esperado de  $E(S_n)$  en una muestra tamaño  $n$ , con varianza  $V(S_n)$  esta dado por:

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[ 1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

$$V(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[ \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \left( 1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right) \right]$$

$$+ 2 \sum_{j=2}^s \sum_{i=1}^{j-1} \left[ \frac{\binom{N-N_i-N_j}{n}}{\binom{N}{n}} - \frac{\binom{N-N_i}{n} \binom{N-N_j}{n}}{\binom{N}{n} \binom{N}{n}} \right]$$

Con el programa se obtienen también los errores estándar. En la gráfica estos errores estándar se convierten en intervalos de confianza al 95 %.

Acto seguido se describirá el cálculo de los siguientes índices de diversidad derivados de los datos de asociación de especies, donde: el número de individuos esta tabulado en renglones (que en este caso representan taxa) y posiblemente en distintas columnas (que en este caso representan asociaciones): Los índices estimados para cada asociación (ensamble) son:

Número de taxa (S)

Número total de individuos (n)

Dominancia =  $1 - \text{Índice de Simpson}$ . Valores de 0 (Todos los taxa tienen la misma abundancia) a 1 (Un taxón domina la comunidad).

Índice de Simpson =  $D = \sum((n_i/n)^2)$  donde  $n_i$  es el no. de individuos del taxón  $i$ .

Índice de Simpson =  $1 - \text{Dominancia}$ . Mide la equitatividad de la comunidad de 0 a Índice de Shannon (entropía). Índice de diversidad que toma en cuenta el número de individuos así como el número de taxa. Va de 0, en comunidades con un solo taxón a valores altos cuando las comunidades tienen numerosos taxa, cada una con unos cuantos individuos:  $H' = -\sum((n_i/n) \ln(n_i/n))$

Índice de Riqueza de Margalef:  $(S-1)/\ln(n)$ , donde S es el número de taxa, y n es el número de individuos.

Equitatividad.  $H' / \log$  del número de taxa. Mide la equidad con la que los individuos están distribuidos entre los taxa presentes.

Alumno: Practicarás la obtención de los intervalos de confianza de estos índices calculándolos con base a una rutina de submuestreo de bootstrap (n= 1000 iteraciones). Dado que estos intervalos de confianza se calculan para el total de la poza de datos, estos no representan intervalos de confianza para las muestras individuales. Son principalmente útiles para identificar muestras donde el índice de diversidad dado cae fuera el intervalo de confianza. La comparación de los índices de diversidad de dos muestras sometidos a Bootstrap es posible en el módulo: *Compare diversities*. Revisa como se lleva a cabo este procedimiento en el manual.



## Distinctividad Taxonómica

En este caso una o más columnas, cada una conteniendo conteos de individuos de distintos taxa en renglones. Adicionalmente, las columnas más a la izquierda deben contener los nombres de géneros familias etc.

La Diversidad y Distintividad Taxonómica como las definen Clarke y Warwick (1998), incluyen intervalos de confianza estimados a partir de 200 replicas aleatorias tomadas de una poza tomada a partir del set de datos (todas las columnas). Note que la "Lista Global" de Clarke y Warwick no es capturada directamente, pero se calcula internamente mediante la suma de las muestras.

Estos índices dependen de la información taxonómica a nivel y por encima del nivel de especies, lo que debe ser capturado para cada especie como sigue: Los nombres de la especie se capturan en la columna nombre: *name* (la columna fija a la extrema izquierda,) el nombre del género en columna 1, familia en columna 2 etc. Los conteos de las especies siguen en las columnas siguientes. El programa le preguntará por el numero de columnas que contienen información taxonómica por encima del nivel de especie. Para datos de presencia – ausencia, la diversidad y distintividad taxonómica son validad pero iguales entre si.

c) Hacia el final de la primer sesión el instructor distribuirá las lecturas pertinentes y las bases de datos a ser analizadas por los alumnos.

### **Actividad entre sesiones de laboratorio:**

Estudiante: Analiza los datos provistos contemplando el objetivo descrito para la práctica y Prepara una presentación powerpoint para presentar tus resultados y la interpretación y discusión de los mismos ante sus compañeros de grupo, en la segunda sesión.

*Segunda Sesión:* Con tu equipo, presenta tus datos e interpretación de resultados. entrega un reporte formal de esta práctica.

## **ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES**

Discutir la filosofía implícita en el concepto de “Distinctividad Taxonómica”.

Conocer distintas formas en que se puede caracterizar la estructura de comunidades (ensambles de especies) estimando distintos parámetros indicativos de la “diversidad de especies” y reconocer que existen distintos enfoques (a veces muy divergentes para calcularla). Aplicar un software para calcular parámetros

indicativos de la “diversidad de especies ” uno o un conjunto de ambientes caracterizados acorde al nivel de impacto humano, identificar, comparar interpretar y discutir los resultados.

## PRODUCTOS

Entrega y exposición de un reporte formal de esta práctica, haciendo referencia a: la filosofía implícita en el concepto de “distintividad taxonómica”, como se compara con los métodos tradicionales empleados para medir la diversidad y estructura de las comunidades, y evaluar su estado de salud en referencia a distintos niveles de impacto.

## COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES

COMPETENCIAS GENÉRICAS	COMPETENCIAS DISCIPLINARES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Organización y gestión</i></li> <li>2. <i>Comunicación.</i></li> <li>3. <i>Gestión de la información</i></li> <li>4. <i>Toma de decisiones y solución de problemas</i></li> <li>5. <i>Trabajo en equipo</i></li> <li>6. <i>Relaciones interpersonales</i></li> <li>7. <i>Adaptación al cambio</i></li> <li>8. <i>Liderazgo, iniciativa, dirección</i></li> <li>9. <i>Disposición hacia la calidad</i></li> <li>10. <i>Control y gestión personal</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimiento de un concepto útil “distintividad taxonómica” para evaluar el estado de salud de comunidades y ensambles multi-específicos”</li> <li>2. Manejo e interpretación de una herramienta conceptual y estadística dirigida a evaluar el impacto que tienen las actividades humanas sobre ensambles de especies.</li> </ol>

<b><i>Estrategias de Aprendizaje</i></b>	<b><i>Estrategias de Evaluación</i></b>
Lectura y discusión crítica sobre el concepto distintividad taxonómica.	Se evaluará con base a: <ol style="list-style-type: none"> <li>1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica.</li> <li>2 La desenvoltura que muestren al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados.</li> <li>3 Calidad del reporte e interpretación de los índices de diversidad de especies en relación a distintos niveles de impacto humano.</li> </ol>
Aplicación de un instrumento estadístico diseñado para evaluar la distintividad taxonómica y compararla entre distintos ensambles de especies.	
Discusión en grupo: crítica de los resultados obtenidos, comparando la sensibilidad de los índices tradicionales y de distintividad para medir la diversidad de especies, para evaluar el efecto del impacto sobre comunidades.	

## REFERENCIAS

- Allen B., Kon M., Bar-Yam Y. 2009. A New Phylogenetic Diversity Measure Generalizing the Shannon Index and Its Application to Phyllostomid Bats. *The American Naturalist*.174.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* 35:523-531
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York.

□

# PRÁCTICA 3: RIESGO DE EXTINCIÓN Y ESTOCASTICIDAD DEMOGRÁFICA ANÁLISIS DE MATRICES MULTI-ESTADO

6 horas, Tres Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

## INTRODUCCIÓN

Numerosos planes de conservación de especies carecen de análisis científico. Este se requiere para diseñar estrategias dirigidas a recuperar poblaciones reducidas de especies amenazadas. El Análisis de Viabilidad de Poblaciones **AVP**, es una forma de resolver el problema. En este se analizan, matrices de Leslie, que permiten proyectar el destino de una población. La técnica desarrollada por P.H. Leslie (1945), utiliza índices de mortalidad y fecundidad para proyectar la distribución de clases de edad de población organismos sobre la base de distribución de clases de edad de una población inicial. El modelo también simula y estima cambios en la tasa de crecimiento de la población. La matriz de Leslie es, en efecto, una variante especial de la matriz A, de modo que:

$$An_t = n_{t+1}$$

Donde A es la matriz de proyección de población, cuyos elementos se incorporan la fecundidad, la mortalidad, y tasas de crecimiento, con la población dividida en clases de edad igual.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1s} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2s} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{s1} & a_{s2} & \dots & a_{ss} \end{pmatrix}$$

$n_t$  es la la abundancia de individuos en cada etapa de la vida en el tiempo t.

$$n_t = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_s \end{pmatrix}_t$$

La ecuación completa de la matriz incorpora: A,  $n_t$ , y  $n_{t+1}$  de manera que:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1s} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2s} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{s1} & a_{s2} & \dots & a_{ss} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_s \end{pmatrix}_t = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_s \end{pmatrix}_{t+1}$$

La técnica de proyección de la población con una matriz de Lefkovitch utiliza la misma ecuación matricial, sin embargo los elementos en la matriz de Lefkovitch se dividen en clases de etapa. Etapas en las que la edad en ocasiones tiene poco que ver con la etapa. La etapa es una medida del crecimiento y de la capacidad de aparearse y reproducirse. Sin embargo se supone que todos los individuos de cada etapa están sujetos a las mismas tasas de mortalidad, natalidad, fecundidad y crecimiento. El eigenvalor dominante  $\lambda_m$  de esta matriz es igual a  $e^r$ , donde  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional como se aprecia en la ecuación:

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

De tal manera que para que la población permanezca estable, la tasa per cápita de crecimiento  $r$  debe ser igual a 0, haciendo que  $e^r$ , y por tanto  $\lambda_m$ , sean igual a 1.

$$\lambda_m = e^r = 1 \Rightarrow r = 0$$

De acuerdo con Lotka, cuando el ambiente es constante, la distribución de edades de los individuos en distintas clases de etapas será relativamente estable. El resultado es que la matriz poblacional  $A$  tiene un eigenvector derecho  $w_m$  que representa esta distribución estable de etapas, como en la ecuación.

$$Aw_m = \lambda_m w_m$$

La matriz de Lefkovitch, es similar a la de Leslie, pero divide la población en etapas de vida. Es útil pues en numerosas especies es difícil identificar la edad de los individuos.

Estudiante: En este ejercicio, ustedes simularán las condiciones y tareas que se desarrollan en un taller **AVP**, dirigido a recopilar y analizar información de la demografía, genética y ecología de una especie amenazada, y a estimar el efecto de factores ambientales e impacto humano (como deforestación, cacería furtiva o contaminación), sobre su demografía. Analizando la información con software especializado. Lo anterior para identificar y poner en práctica los pasos, para evaluar la probabilidad de que la(s) población(es) de una especie amenazada se extingan, respecto a distintos escenarios de manejo.

Así, ustedes interpretarán sus resultados, y como si fueran expertos, propondrán acciones para mantener la viabilidad de la especie amenazada en cuestión.

### **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

Los estudiantes identificarán y ejecutarán los pasos de un **AVP**, analizando datos para demostrar la eficacia del modelo multi-estado de Lefkovitch, y efectuando un análisis de sensibilidad para identificar en que etapas del ciclo de vida, fuerzas deterministas (p. ej. caza y pesca furtiva) y estocásticas (p. ej. huracanes o epidemias) se asocian al aumento en la tasa de mortalidad, amenazando la población. El estudiante se percatará que puede identificar etapas del ciclo vital en las que debe enfocarse el esfuerzo de conservación, y que puede generar recomendaciones para mantener la viabilidad de las especies.

### **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* El instructor: a) Guiará al alumno para que reconozca la naturaleza de las matrices multi-estado de Lefkovitch y los datos requeridos para aplicarlas a un **AVP**; b) Ejemplificará el desarrollo de un **AVP**, aplicando una hoja de cálculo Excel ([http://bioquest.org/esteem/esteem\\_details.php?product\\_id=210](http://bioquest.org/esteem/esteem_details.php?product_id=210)), que deriva modelos multiestado de Lefkovitch para poblaciones estructuradas por clases de etapa. El usuario captura los datos de la fecundidad y las tasas de supervivencia para cada edad o etapa específica; así como las proporciones iniciales de la población. La hoja de cálculo, calcula la matriz derivando los valores propios (eigenvalores) de la tasa de crecimiento finito y los vectores propios de una distribución estable de edades, en distintos escenarios de valor reproductivo. La hoja de cálculo también rinde gráficos que ilustran la estabilización de la estructura poblacional, los valores de reproducción y tasa finita de crecimiento. El estudiante podrá visualizar las proyecciones de una población usando datos reales. Al final de la 1er sesión se solicitará a los alumnos consulten la literatura respecto al ciclo de vida de las caguamas para que al inicio de la 2da. sesión los alumnos discutan y lleguen a un consenso respecto al número de etapas que comprende el ciclo de vida de estas tortugas: huevos, bebés, juveniles pequeños, juveniles grandes, sub-adultos, novicios, migrantes de 1er año, maduros etc.

*Segunda sesión:* Los alumnos acordarán el número de etapas del ciclo de vida de las tortugas caguamas. El instructor les presentará el reporte de Richardson y Frazer de la población de tortugas caguamas de Isla "Little Cumberland", Georgia. Con sus datos, Frazer creó una tabla de vida preliminar para las tortugas caguamas. Supone una población cerrada; con proporción de sexos 1:1; una edad de primera reproducción de 22 años, una longevidad promedio de 54 años, y una tasa de declive 3 por año. Como no hay ningún método para determinar la edad de estas tortugas marinas, los datos se estratificarán acorde a clases de talla.

- Con los datos referidos, Los estudiantes construirán la tabla de etapas de vida de esta población.
- Procederán a efectuar proyecciones teóricas de esta población (usando la fecundidad, las tasas de crecimiento y tasas de sobrevivencia estimadas por Frazer), y dividiendo el ciclo de vida de la caguama en siete etapas. Para ello es necesario que se considere que: cuando se desarrolla una proyección basada en etapas, se debe estimar el producto de la reproducción  $F_i$ , la probabilidad de sobrevivir y crecer para alcanzar la siguiente etapa  $G_i$ , y la probabilidad de sobrevivir permaneciendo en determinada etapa  $P_i$ . Lo anterior, para cada una de las etapas por separado.  $F_i$ , o la fecundidad, se da en la Tabla 1 del reporte de Fraser.  $G_i$  y  $P_i$  pueden calcularse con la probabilidad de sobrevivencia específica de cada etapa  $p_i$  y la duración de a etapa  $d_i$ . Se supone (pues no conocemos la tasa de crecimiento y su variación en cada etapas), que cada tortuga en una etapa tiene la misma probabilidad de sobrevivir y de durar en esa etapa. Así, algunos individuos en una etapa pueden haber estado en la misma por un año, mientras que otros por dos, tres, o  $d_i$  años y hay algunos que quizá ya entraron a la etapa. Así, se recomienda fijar el número de tortugas vivas de la clase de la etapa 1 a UNO y la probabilidad de que tienen los individuos en el grupo de sobrevivir a a siguiente etapa en  $p_i$ . Entonces la probabilidad de aquellos individuos que sobreviven  $d$  años es igual a  $p_i^d$ .

Ahora, considera que la distribución de edades al interior de cada etapa es estable, entonces la abundancia relativa de estos grupos es igual a  $1, p_i, p_i^2, \dots, p_i^d$ .

Durante el tiempo  $t$  a  $t + 1$ , los individuos más viejos, si sobreviven, se moverán a la siguiente etapa.  $P_i$ : la proporción de tortugas que sobreviven y permanecen en a misma etapa está dado por

$$P_i = \frac{1 + p_i + p_i^2 + \dots + p_i^{d_i-2}}{1 + p_i + p_i^2 + \dots + p_i^{d_i-1}} p_i.$$

Dado que la serie geométrica  $1+p+p^2+\dots+p^{d-1}$  puede reescribirse como:

$$\frac{1 - p^d}{1 - p}$$

$P_i$  puede reescribirse como:

$$P_i = \frac{1 - p_i^{d_i-1}}{1 - p_i^{d_i}} p_i$$

Esto ilustra que el número de tortugas en cualquier grupo dentro de una clase de etapa disminuye en función tanto de la probabilidad de supervivencia anual de la etapa específica, así como del número de años dentro de esa etapa específica. Del mismo modo,  $G_i$ , la proporción de tortugas que sobrevive y crece en la clase siguiente etapa se calcula utilizando la proporción de individuos en el grupo de mayor edad de la etapa y se multiplicará por la tasa de supervivencia anual correspondiente a esa etapa.

$$G_i = \frac{P_i^{d_i} (1 - p_i)}{1 - P_i^{d_i}}$$

Estudiantes: Con base en las ecuaciones descritas procedan a:

- Preparar una matriz poblacional de Lefkovitch con los datos descritos en Richardson y Frazer.
- Acto seguido una vez familiarizados con el uso de la hoja de cálculo referida, comience a realizar las proyecciones de esta población.



**Actividad entre sesiones de laboratorio:** Prepara una presentación powerpoint para presentar tus resultados y la interpretación y discusión de los mismos ante sus compañeros de grupo, en la tercer sesión.

*Tercer Sesión:* Entrega el reporte formal de la Práctica y Presenta tus resultados y a tus compañeros señalando las etapas del ciclo de vida en que acorde a tus resultados deben enfocarse los esfuerzos de conservación, y recomienda acciones para mantener la viabilidad de las especies.

### **ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES**

Discutir la filosofía implícita en el análisis de matrices multi-estado de Lefkovitch para efectuar un Análisis de Viabilidad de Poblaciones.

Aplicar un software para efectuar un Análisis de Viabilidad de Poblaciones, generando capacidades para recomendar acciones para mantener la viabilidad de las especie.

### **PRODUCTOS**

Entrega y exposición de un reporte formal de esta práctica, haciendo referencia a: la filosofía implícita la filosofía implícita en el análisis de matrices multi-estado de Lefkovitch para efectuar un Análisis de Viabilidad de Poblaciones.

### **COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES**

<b>COMPETENCIAS GENÉRICAS</b>	<b>COMPETENCIAS DISCIPLINARES</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Organización y gestión</i></li><li>2. <i>Comunicación.</i></li><li>3. Gestión de la información</li><li>4. Toma de decisiones y solución de problemas</li><li>5. Trabajo en equipo</li><li>6. Relaciones interpersonales</li><li>8. Liderazgo, iniciativa, dirección</li><li>9. Disposición hacia la calidad</li><li>10. Control y gestión personal</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Conocimiento de un concepto útil y protocolos para evaluar la susceptibilidad de poblaciones reducidas a la extinción “Análisis de Viabilidad Poblacional”</li><li>2. Manejo e interpretación de una herramienta conceptual y estadística como lo es el análisis de matrices multi-estado de Leftkovitch, para proponer medidas dirigidas a conservar especies amenazadas.</li></ol>

<b><i>Estrategias de Aprendizaje</i></b>	<b><i>Estrategias de Evaluación</i></b>
Lectura y discusión crítica del uso de matrices multi-estado en la conservación de poblaciones silvestres.	Se evaluará con base a: 1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica. 2 La desenvoltura que muestren al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados. 3 Calidad del reporte derivado de obtener y procesar los datos relativos a la aplicación de Matrices Multi- estado de Leftkovitch.
Aplicación de un instrumento estadístico diseñado para evaluar el estado de salud demográfica de poblaciones silvestres.	
Discusión en grupo crítica de los resultados obtenidos, en cuanto a la calidad del muestreo y datos obtenidos del mismo y su influencia sobre los resultados derivados de la herramienta estadística que estiman Matrices Multi-estado de Leftkovitch.	

## **REFERENCIAS**

- Dennis, B., Munholland, P. L., & Scott, J. M. Estimation of growth and extinction parameters for endangered species. *Ecological Monographs* 61, 115–143 (1991).
- Gerber, L. R. et al. Mortality sensitivity in life-stage simulation analysis: A case study of Southern sea otters. *Ecological Applications* 14, 1554–1565 (2004).
- Wisdom M.J. Mills L. S., Doak D.F. 2000. Life stage simulation analysis. Estimating vital-rate effects on population growth for conservation. *Ecology*, 81(3): 628–641.

# PRÁCTICA 4: RIESGO DE EXTINCIÓN Y ESTOCASTICIDAD GÉNICA

6 horas, Tres Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

## INTRODUCCIÓN

La sobrepesca, fragmentación de hábitats, competencia con especies exóticas y enfermedades, son ejemplos de fuerzas deterministas que amenazan la persistencia de especies con poblaciones reducidas. Estas fuerzas las conducen a la extinción en relativamente poco tiempo. El biólogo de la conservación trata de identificar factores que causan que la abundancia de una población disminuya, para mitigarlos o eliminarlos. En los 1980s se identificó que los eventos aleatorios pueden tener gran impacto en la dinámica y persistencia de las poblaciones pequeñas. Así, además de las amenazas deterministas, las poblaciones reducidas enfrentan amenazas estocásticas. Si la tasa de crecimiento de la población varía entre generaciones, una serie de generaciones malas, en las que la población disminuye, esto puede llevarla a la extinción. Observando que:

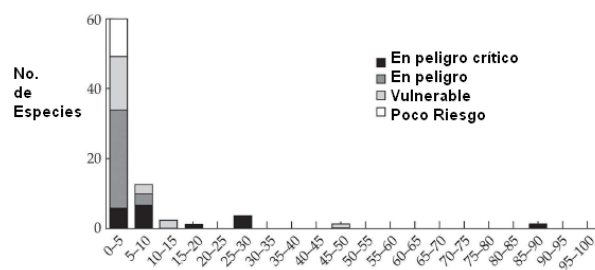
1. La estocasticidad demográfica no es gran problema en poblaciones con más de 100 individuos reproductores.
2. La estocasticidad ambiental impone la necesidad de poblaciones grandes (1000-10,000 individuos) para que estas puedan sobrevivir a largo plazo.
3. La Heterogeneidad Demografica determina que no se sepa que tan grande debe ser una población, probablemente tan grande como aquella que sobrevive a la estocasticidad ambiental.
4. Catástrofes naturales |si ocurre en frecuencias apreciables y si estas eliminan a una fracción grande de la población.
5. Finalmente está la estocasticidad génica o deriva génica.

Los riesgos génicos que enfrentan las poblaciones reducidas son:

- A. Efectos a corto plazo que afectan la viabilidad y fecundidad de los individuos. Afectan la demografía de la Población haciéndola susceptible a extinción.
- B. Efectos a largo plazo que afectan la habilidad de las poblaciones para responder de manera adaptativa al cambio ambiental.

Aún si la estocasticidad génica no tiene efecto inmediato sobre la habilidad de las poblaciones para sobrevivir; si puede llegar a tener algún efecto sobre su habilidad de responder cuando ocurra el cambio ambiental (e.g. una epizootia). Antes de describir los efectos mencionados es necesario hablar de los tipos de cambio génico de las poblaciones reducidas. Solo así podremos evaluar su efecto:

Cambios Genéticos en Poblaciones Reducidas: La aleatoriedad asociada a la reproducción produce cambios en la composición genética de una población a lo largo del tiempo. Considere que si los gametos son elegidos al azar al formar un cigoto, la composición génica de la poza e cigotos será en promedio la misma que la de la poza de gametos. Pero, existe una distribución de resultados posibles. Así, la deriva tiene cuatro propiedades importantes: a) Las frecuencias alélicas tienden a cambiar de una generación a la siguiente como resultado del muestreo de alelos al momento de formar los cigotos. Así, se puede estimar la distribución de probabilidad para la frecuencia de alelos en la siguiente generación, pero no tener la certeza del valor exacto que esta tendrá; b) No hay un sesgo sistemático que caracterice al cambio de la frecuencia de alelos. No se puede predecir que alelo será el más común y cuál el más raro; c) Eventualmente uno de los alelos se fijará en la población, a menos que la mutación o migración introduzcan nueva variación génica a la población. En ausencia de estas dos fuerzas las poblaciones tenderán a perder diversidad génica (vea la siguiente figura).



**Porcentaje de la pérdida de heterocigidad / 100 años**

Distribución de frecuencias de la pérdida de heterocigidad de 80 especies de mamíferos (Amos y Balmford 2001)

d) El tiempo que tarda un alelo en fijarse, es inversamente proporcional al tamaño de la población. Así, entre más grande sea la población, menor será el efecto de la deriva.

El tiempo de ancestría de dos alelos tomados al azar de una población es  $2N_e$  (donde  $N_e$  = tamaño efectivo de la población). El tiempo de ancestría de todos los alelos de la población es  $4N_e$  (Hudson 1990). Esto es muy importante, por que implica que no es suficiente determinar el número de animales y plantas en estado reproductivo de una población para saber si la misma es grande o pequeña. Es decir no es suficiente tener un censo preciso del número de individuos maduros de la población. Lo importante es conocer su número efectivo, aplicando las formulas descritas en Amos y Balmford (2001):

Cuando la Razón de Sexos es Desigual:

$$N_e = \frac{4N_f N_m}{N_f + N_m}$$

Acorde a esta fórmula, si solo hay un solo individuo reproductor macho (como puede ocurrir en un sistema de apareamiento poligínico), el tamaño más grande que puede tener esta población es de 4. Implicaciones para el manejo: una proporción de sexos sesgada tiene el potencial de aumentar dramáticamente la susceptibilidad de una población a los cambios genéticos al azar.

Considere el Numero efectivo que se tiene cuando se cuenta con un solo macho reproductor y 10 hembras reproductoras:

$$N_e = \frac{4(10)(1)}{(10 + 1)} = \frac{40}{11} \approx 3.6$$

y compárelo con el caso en que se cuenta con 10 machos y 100 hembras reproductoras:

$$N_e = \frac{4(100)(10)}{(100 + 10)} = \frac{4000}{110} \approx 36.3$$

Cambios génicos en poblaciones con éxito reproductivo variante: cuando varía el tamaño de la familia entre individuos, cuando la varianza =  $\delta^2$  y  $K$  es el número promedio de crías por individuo.

$$N_e = \frac{2N}{1 + \frac{\sigma^2}{k}}$$

Aprecie que: si  $\delta^2 = 0$ ,  $N_e = 2N$ . Si  $\delta^2 = 3k$ ,  $N_e = N/2$ . Suponga, por ejemplo que la distribución del número de crías responde a una binomial negativa con media =2 y varianza =12.5, entonces

$$N_e = \frac{2N}{1+(12/2)} \approx 0.28N$$

Esto implica es que si reducimos las diferencias entre los individuos respecto al número de crías que producen se puede reducir en casi un 50% la susceptibilidad de una población a cambios génico aleatorios. Sin embargo, esto será así, solo si el tamaño de la población es constante con respecto al incremento de consanguinidad entre los individuos (Hartl y Clarck 1997). Si el tamaño de la población aumenta, el tamaño es cercano al del tamaño de la población de la progenie y una capacidad reproductiva igual incrementará el tamaño efectivo de la población por un factor menor a dos.

Variación en el Tamaño Poblacional: El tamaño efectivo se ve mucho más afectado por tamaños muy reducidos de población, lo que implica que las poblaciones que presentan desplomes repetitivos en su abundancia, son más susceptibles a cambios génicos, que aquellas relativamente estables.

Poblaciones con estructura de edades: la dinámica estocástica de las poblaciones que tienen una estructura de edad es complicada. La estructura de edad no parece reducir el tamaño efectivo de la población (Groom et al. 2005). Esto implica que debemos confiar que las inferencias acerca de las prácticas de manejo sin considerar la estructura de edades. Debemos entonces ser conservadores, por ejemplo considerar un amplio margen de error.

Cambios Genéticos Durante Cuellos de Botella Poblacionales: Existen dos componentes respecto a la diversidad génica: i) Varianza génica aditiva: proporción de diferencias genéticas entre individuos, que pueden responder a selección) y ii) Diversidad alélica: número de distintos alelos presentes en un locus dado. Aun en la situación más extrema, p. ej. en una población reducida a un solo individuo hermafrodita por una generación, solo se perderá cuando mucho 50% de

la varianza génica aditiva, si la población rebota rápidamente a un estado de abundancia. Es más los alelos letales recesivos y alelos deletéreos retardarán la pérdida de varianza en otros loci, especialmente de aquellos a los que se encuentran ligados. Se requiere de varias generaciones en una abundancia muy escasa para erosionar significativamente la variación génica cuantitativa. Comparativamente la diversidad de alelos de una población se ve gravemente afectada por cuellos de botella poblacionales. Los alelos raros son especialmente susceptibles a ser perdidos. Así los cuellos de botella poblacional tienen un efecto reducido en la la varianza pero, pero uno dramático en la diversidad.

Amenazas a Corto Plazo a la Persistencia: La deriva en poblaciones pequeñas tiene numerosas propiedades que comparte con la endogamia. De hecho:

$$f_{t+1} = f_t + \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)(1 - f_t)$$

$$\frac{1 - f_{t+1}}{1 - f_t} = \frac{1}{2N_e}$$

$$f_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)^t$$

donde  $f$  es el coeficiente de endogamia, una medida del grado de consanguinidad. Por ensayo y error los criadores de animales han descubierto que tanta consanguinidad pueden tolerar las líneas de animales de que su rendimiento y fecundidad empiece a declinar (Franklin 1980, Soulé 1980). Su regla es que la

tasa de endogamia por generación:  $\frac{1 - f_{t+1}}{1 - f_t} = \frac{1}{2N_e}$  no sea mayor que 2 y 3%.

Entonces se requiere que:

$$N_e > 50$$

Los criadores de animales han encontrado un efecto obvio en la fecundidad de las poblaciones reducidas cuando el coeficiente de endogamia se acerca a 0.5. Por lo tanto, si deseamos que la población sea viable por 100 generaciones:

$$0.5 > 1 - \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)^{100}$$

$$\left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)^{100} > 0.5$$

$$1 - \frac{1}{2N_e} > (0.5)^{0.01} = 0.993$$

$$0.007 > \frac{1}{2N_e}$$

$$N_e \geq 73$$

Otro enfoque sería considerar que los efectos deletéreos en estas poblaciones reducidas son en 1er. lugar, resultado de la expresión de alelos recesivos deletéreos. Entonces, usando los resultados de la teoría de deriva génica, podemos calcular la probabilidad de que una población tenga una frecuencia de alelos particular, teniendo los supuestos acerca de la fuerza de selección y tasas de mutación. Para un amplio rango de valores de selección y para lo que se piensa es una tasa de mutación típica por locus ( $10^{-6}$  por generación), es posible calcular el efecto sobre la adecuación promedio de la población. Este cálculo sugiere que las poblaciones sufrirán una pérdida de adecuación significativa (pérdida de la adecuación promedio mayor 10%) si  $N_e < 100$  (Holsinger y Gottlieb 1991).

Para finalizar, también se puede considerar una versión del ratchet de Muller a nivel poblacional. Como resultado de la deriva, es posible que se fije un alelo deletéreo. Si lo hace, y si reduce la capacidad reproductiva la población, el tamaño de la población puede reducirse aún más, facilitando la fijación de nuevas mutaciones deletéreas. Esto reducirá aún más el tamaño de la población en rondas sucesivas (Gabriel et al. 1993, Lynch et al. 1995). El tiempo esperado a la extinción se incrementa rápidamente, de forma que en poblaciones con un tamaño efectivo mayor de unos cuantos cientos el tiempo de persistencia es de cientos a miles de generaciones. En conclusión cuando las poblaciones se encuentran en peligro crítico, los cambios genéticos pueden representar una amenaza adicional a la persistencia de la población. El ejemplo más claro es el caso de la Pantera de Florida (Hedrick 2001).

### **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

Los estudiantes identificarán algunos de los impactos humanos deterministas y estocásticos que afectan a las poblaciones y que en sinergia llevan a las



poblaciones al vortex de extinción, enfocándose principalmente en identificar y modelar los cambios genéticos que se presentan en poblaciones reducidas. Identificarán los casos que dan lugar al riesgo genético, que se asocian al aumento en la tasa de mortalidad de los individuos, amenazando la persistencia de la población. El estudiante se percatará que puede identificar estos escenarios problemáticos y generar recomendaciones para mantener la viabilidad de las especies.

### **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* El instructor: a) Impartirá una plática al alumno enfatizando el efecto determinista y estocástico de factores de impacto, que determinan la disminución en abundancia de las poblaciones haciendolas susceptibles a extinción; b) Impartirá un tutorial en el que se demuestra el poder del software de simulación PopG (<http://evolution.gs.washington.edu/popgen/popg.html>), el que integra el efecto sinérgico de factores génicos deterministas y estocásticos sobre poblaciones reducidas. Esto para que el estudiante identifique los factores que tienen mayor efecto al determinar la susceptibilidad de la población a la extinción. PopG simula la evolución de poblaciones en las que las condiciones iniciales son: dos alelos, apareamiento es al azar, adecuación arbitraria de los tres genotipos (AA Aa y aa), tasa de mutación arbitraria, tasa de migración arbitraria entre poblaciones réplica, y tamaño poblacional finito.

*Estudiante:* Antes de iniciar el trabajo dirigido a reconocer el efecto de la deriva génica y endogamia e poblaciones reducidas, considere que el programa puede simular una gran variedad de panoramas (casos), y es pertinente que usted los explore. Algunas sugerencias:

- a) Pruebe con casos en los que la mutación y migración sean nulas y en los que todos los individuos tengan una adecuación = 1.0 (no hay selección natural).  
¿Observa que la deriva génica, logra cambiar las frecuencias génicas de la misma manera en una población tamaño 1000 que en una tamaño 100 después de 1000 y 100 generaciones?
- b) Proceda a simular un número más grande de poblaciones: verifique si la probabilidad de que un alelo se fije en la poblaciones en un cierto numero de generaciones depende de su frecuencia inicial.

- c) Pruebe un caso en el que la mutación y migración sean nulas y el alelo A sea favorecido por la selección natural (fijando la adecuación del genotipo AA como la más alta y la del genotipo aa como la más baja). Comience con una frecuencia reducida de A. ¿Siempre llega a fijarse?. Si uno inicia con una sola copia del alelo: ¿Cómo se compara la probabilidad de fijación de A, en relación al coeficiente de selección que lo favorece en el heterocigoto? (¿comparada con la adecuación del genotipo aa?).
- d) Pruebe la sobredominancia (los individuos Aa tienen la mayor adecuación). ¿Observa que las frecuencias génicas convergen al equilibrio? ¿Por qué hay variaciones respecto a la frecuencia en equilibrio? ¿Qué tan grande deben ser los coeficientes de selección, para que puedan causar que la frecuencias génicas se mantenga lejos de la fijación o pérdida, por largo tiempo?.
- e) Pruebe la Infradominancia (cuando Aa tienen la adecuación más reducida). ¿hay una frecuencia inicial de genes que resulte en algunas poblaciones dirigiéndose a la fijación y otras a la pérdida?, ¿Si aumenta un poco la tasa de migración, que sucede?, ¿Si añade un poco de mutación en ambas direcciones, que sucede?.
- f) Pruebe con migración en ausencia de selección o mutación: ¿que tanta migración se requiere para hacer que las frecuencias génica sean muy similares entres si?, ¿Qué tanta se necesita para hacer que todas terminen con la misma frecuencia génica?, ¿Cómo afecta el tamaño de la población a la tasa de migración?
- g) Pruebe con mutación, en ausencia de migración y selección: ¿Que tanta mutación se requiere para hacer que las frecuencias génicas converjan a un frecuencia de equilibrio por mutación?. ¿Cómo se relaciona este valor al tamaño de la población?. ¿ Si un alelo es seleccionado en contra, puede usted fijar ciertas tasas de mutación para mantenerlo presente en frecuencias bajas en la población?

*Segunda Sesión:* Los estudiantes habrán tenido una semana para familiarizarse con el software. En esta sesión manipularán el programa para simular diez poblaciones, que serán equivalentes en este caso a panoramas de deriva génica y

endogamia, en las que el estudiante especificará: el tamaño de la población (4, 10, 25, 50, 100, 500, 1000, 5000, 10,000, 25,000 y 50,000), la adecuación de tres genotipos, en tres distintas simulaciones: 1) AA= 1, Aa= 0.75; aa= 0.25; 2) AA= 1, Aa= 0.5; aa= 0; 3) AA= 0.5, Aa= 1; aa= 0.5. La mutación en ambas direcciones (de A a a y de a a A), y la frecuencia inicial de cada gen (0.5). En este caso la tasa de migración entre poblaciones será nula.

**Estudiante:** Observe que cuando usted hace una selección en el menú y que el programa corra, este generará una gráfica de las frecuencias genéticas del alelo A en cada población. Note que la ventana de resultados puede dimensionarse y la grafica ajustarse a la misma. Podrá observar una curva punteada que muestra, cuales serán las frecuencias de los genes en una población de tamaño infinito (que no presenta deriva génica). Usted deberá capturar la grafica de la pantalla y editarla con el software paint. Una vez generada la gráfica de la frecuencia genética, el programa imprime el numero de poblaciones en las que se fijó el alelo A (en las que este termino con frecuencia 1.0) y el numero que perdió este alelo.

**Actividad entre sesiones de laboratorio:** Prepara una presentación powerpoint para presentar tus resultados y la interpretación y discusión de los mismos ante sus compañeros de grupo, en la tercer sesión.

*Tercer Sesión:* El estudiante entregara un reporte formal de la Práctica, describiendo e interpretando los datos de cada panorama simulado, en referencia a la abundancia de la población, tiempo de fijación de alelos (en generaciones) por endogamia y deriva. También en esta sesión, presentará los resultados e interpretación de los mismos a sus compañeros, recomendando acciones para mantener la viabilidad de especies con números poblacionales reducidos.

## ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES

El estudiante reconocerá factores que causan la disminución de la abundancia poblacional, identificando los deterministas y los estocásticos. Manipulará un software para modelar las condiciones de riesgo genético en poblaciones con abundancia y patrones selectivos distintos. Identificará como la estocasticidad génica impacta la Viabilidad Poblacional, recomendando acciones para mitigar sus efectos y mantener la viabilidad de las poblaciones reducidas.

## PRODUCTOS

Entrega y exposición de un reporte formal de esta práctica, haciendo referencia a los datos y resultados de cada panorama simulado, en referencia a la abundancia de la población, tiempo de fijación de alelos (en generaciones) por endogamia y deriva. También en esta sesión, presentará los resultados e interpretación de los mismos a sus compañeros, recomendando acciones para mantener la viabilidad de especies con números poblacionales reducidos.

## COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES

COMPETENCIAS GENÉRICAS	COMPETENCIAS DISCIPLINARES
<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Organización y gestión</i></li><li>2. <i>Comunicación.</i></li><li>3. Gestión de la información</li><li>4. Toma de decisiones y solución de problemas</li><li>5. Trabajo en equipo</li><li>6. Relaciones interpersonales</li><li>8. Liderazgo, iniciativa, dirección</li><li>9. Disposición hacia la calidad</li><li>10. Control y gestión personal</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Conocimiento de un concepto útil Riesgo Génico en poblaciones Reducidas y protocolos para evaluar el efecto de la Estocasticidad Génica sobre la persistencia de poblaciones reducidas”</li><li>2. Manejo e interpretación de una herramienta conceptual y estadística “modelado genético poblacional” para proponer medidas dirigidas a conservar especies amenazadas.</li></ol>

<b><i>Estrategias de Aprendizaje</i></b>	<b><i>Estrategias de Evaluación</i></b>
Lectura y discusión crítica sobre el concepto de riesgo genético.	Se evaluará con base a: <ol style="list-style-type: none"> <li>1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica.</li> <li>2 La desenvolvura que muestren al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados.</li> <li>3 Calidad del reporte derivado de procesar los datos relativos a la estimación del riesgo genético en poblaciones reducidas.</li> </ol>
Aplicación de un instrumento estadístico diseñado para evaluar e riesgo genético en poblaciones reducidas.	
Discusión en grupo crítica de los resultados obtenidos, en cuanto a los datos analizados y uso de la herramienta estadística que estima el riesgo genético en poblaciones reducidas.	

## **REFERENCIAS**

- Amos W. , Balmford A. 2001. When does conservation matter. *Heredity*, 87:257-265.
- Gabriel W., Lynch M., Burger R. 1993. Muller's ratchet and mutational meltdowns. *Evolution*, 47(6):1744-1757.
- Hartl D. L., Clark A. G. 1997. *Principles of Population Genetics*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 3rd edition.
- Hedrick. P.W. 2001. Conservation genetics: where are we now? *Trends in Ecology & Evolution*, 16:629-636.
- Hudson R.R. Gene genealogies and the coalescent process. In D. J. Futuyma and J. Antonovics, editors, *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, volume 7, pages 1-44. Oxford Univ. Press.
- Lynch M., Conery J., Burger R. 1995. Mutation accumulation and the extinction of small populations. *American Naturalist*, 146(4):489-518, 1995.
- Soulé M.E. 1980. Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential. In: Soulé M.E. and Wilcox B.A., editors, *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*, pages 151-169. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Franklin MA. I. R. 1980. Evolutionary change in small populations. In: Soulé M.E. Wilcox B.A., editors, *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*, pages 135-150. Sinauer Assoc., Sunderland, MA.

# PRÁCTICA 5: MANEJO ECOSISTÉMICO, PROCESOS ECOLÓGICOS Y PATRONES POBLACIONALES

6 horas, Tres Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial urge reducir la presión y poder destructivo de la pesca moderna (e.g. FAO 2002, Hilborn et al. 2003), más no hay acuerdo general, respecto del nivel al que debe reducirse la mortalidad por pesca, y sobre el como reducir su impacto indirecto (e.g. captura incidental). Esto ha impulsado a las autoridades ocupadas en conservar y aprovechar recursos marinos, a adoptar el Manejo Ecosistémico (**ME**) (e.g. e.g. NOAA 1999, Brodziak y Link 2002, FAO 2003, García y Moreno 2003, Sinclair y Valdimarsson 2003). México, no es la excepción y los sectores pesquero y científico ya implementan iniciativas (CIBNOR:<http://www.cibnor.mx/eplant1.php?pagID=investigacion/pep/presenta>, Ezcurra et al. 2009). Simultáneamente, la autoridad ambiental ha decretado áreas marinas protegidas, al reconocer que para la humanidad el valor del ecosistema es muy superior al de la suma de sus partes. El **ME** busca incorporar el conocimiento ecológico, al marco socio-político y de valores, para proteger la integridad de los ecosistemas a largo plazo (Grumbine 1994). Cinco metas distinguen al **ME**, y por lo tanto definen que conocimientos se requieren incorporar al manejo (Grumbine 1994): 1) *Mantener poblaciones viables de especies nativas*; 2) *Representar, en áreas protegidas a todos los distintos tipos de ecosistemas en su ámbito de variación*; 3) *Mantener sus procesos evolutivos y ecológicos*; 4) *Manejar ecosistemas y especies por largo tiempo, manteniendo su potencial evolutivo*, y 5) *Acomodar las actividades humanas a estas metas* (Grumbine 1994). En consecuencia, se han propuesto los siguientes indicadores para evaluar el éxito del **ME**: a) *Mantener la diversidad de ecosistemas*; b) *Mantener la diversidad de especies*; c) *Mantener la diversidad genética de especies*; d) *Conservar especies ecológicamente dependientes y el balance de los niveles tróficos*; y e) *Tomar medidas para conservar especies impactadas* (Gislanson et al. 2000). Dados estos antecedentes, es importante que el estudiante aprecie que la Biología de la Conservación, considera importante definir la línea base de los indicadores

referidos a) a c), y que para ello puede aplicar herramientas de genética del paisaje, para generar, sistematizar y analizar, datos génicos y geográfico – ambientales, y con ello reconocer los procesos ecológicos y evolutivos (e.g. efecto fundador, aislamiento/conectividad y diferenciación geográfica).

### **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

Los estudiantes constatarán que los procesos ambientales y su historia (p. ej. movimiento de masas de agua, tectónica y vulcanismo), han moldeado los patrones demográficos, de distribución, abundancia y conectividad de las poblaciones. Reconocerán que para develar la relación entre los procesos ambientales y los patrones mencionados pueden aplicar marcadores y algoritmos genéticos, que aportan información relevante para la conservación y manejo sustentable de poblaciones al permitirnos evaluar su demografía histórica (e.g. si han pasado o no por un cuello de botella demográfico y si el mismo ha sido reciente o histórico); su número efectivo poblacional, su grado de aislamiento y conectividad, el número de migrantes que comparte con otras poblaciones entre otros aspectos relevantes. El estudiante se percatará que puede identificar patrones que ameritan conservarse desde el punto de vista del manejo ecosistémico y generar recomendaciones para mantener su viabilidad.

### **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* El instructor: a) Impartirá una plática al alumno refiriendo la importancia que tienen los procesos ambientales los procesos ambientales y su historia para moldear patrones poblacionales que ameritan ser contemplados en el contexto del Manejo Ecosistémico y enfatizando el uso de marcadores genéticos y su análisis estadístico (e.g. Análisis Molecular de Varianza: para identificar subdivisión poblacional; Pruebas de Mantel para identificar el aislamiento de poblaciones por Distancia y Pruebas de Harpendig para caracterizar la Demografía de las poblaciones. b) Impartirá un tutorial para demostrar el poder de ARLEQUÍN uno software poderoso para obtener la información relevante a la que se hace referencia ([cmpg.unibe.ch/software/arlequin3](http://cmpg.unibe.ch/software/arlequin3)); c) Distribuirá entre los estudiantes tres grupos de datos a ser analizados, para evaluar su patrones poblacionales y discutir sus resultados en el contexto del Manejo Ecosistémico.

*Segunda Sesión:* El estudiante discutirá con sus compañeros de equipo el avance en la generación de resultados derivados del análisis de los datos y culminará el análisis de los mismos obteniendo los resultados finales a ser descritos a sus compañeros del grupo en la tercer sesión.

**Actividad entre sesiones de laboratorio:** Prepara una presentación powerpoint para presentar tus resultados y la interpretación y discusión de los mismos ante sus compañeros de grupo, en la tercer sesión.

*Tercer Sesión:* El Estudiante entregara un reporte formal de la Práctica, describiendo e interpretando los datos de tres grupos de datos a ser analizados, para evaluar su patrones poblacionales y expondrá y discutirá ante el grupo sus resultados en el contexto del Manejo Ecosistémico, recomendando acciones para mantener la viabilidad de los patrones poblacionales deducidos.

## **ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES**

Los estudiantes constatarán analizando datos reales, que los procesos ambientales y su historia, han moldeado los patrones demográficos, de distribución, abundancia y conectividad de las poblaciones. Simultáneamente, constatarán que pueden emplear un software amigable para analizar marcadores moleculares y algoritmos genéticos y con ello identificar la relación entre procesos ambientales y patrones poblacionales mencionados. Discutirán la relevancia de esta información para la conservación y manejo sustentable de poblaciones desde la óptica del Manejo Ecosistémico, si estos patrones ameritan conservarse, dando recomendaciones para mantener su viabilidad.

## **PRODUCTOS**

Entrega y exposición de un reporte, refiriendo sus datos y resultados al efecto de los procesos ambientales e historia, al moldear los patrones demográficos, de distribución, abundancia y conectividad de poblaciones, y discutiéndolos respecto al Manejo Ecosistémico, recomendando acciones para mantener la viabilidad de los patrones encontrados.



## COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES

COMPETENCIAS GENÉRICAS	COMPETENCIAS DISCIPLINARES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Organización y gestión</i></li> <li>2. <i>Comunicación.</i></li> <li>3. Gestión de la información</li> <li>4. Toma de decisiones y solución de problemas</li> <li>5. Trabajo en equipo</li> <li>6. Relaciones interpersonales</li> <li>8. Liderazgo, iniciativa, dirección</li> <li>9. Disposición hacia la calidad</li> <li>10. Control y gestión personal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimiento de conceptos útiles: Procesos y Patrones Evolutivos, Manejo Ecosistémico y su Conservación.</li> <li>2. Protocolos para identificar Procesos y Patrones Evolutivos en poblaciones.</li> <li>3. Manejo e interpretación de datos analizados con herramientas estadísticas de Genética de Poblaciones, para proponer medidas dirigidas a conservar patrones evolutivos.</li> </ol>

<b><i>Estrategias de Aprendizaje</i></b>	<b><i>Estrategias de Evaluación</i></b>
Lectura y discusión crítica sobre el concepto de manejo ecosistémico y los requerimientos del mismo.	Se evaluará con base a:
Aplicación de un instrumento estadístico diseñado para identificar el efecto de los procesos ambientales en la generación de patrones biológico – poblacionales.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica.</li> <li>2 La desenvoltura que muestren al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados.</li> <li>3 Calidad del reporte derivado de obtener y procesar datos para identificar procesos ambientales y su efecto al moldear patrones biológico – poblacionales de importancia para el manejo ecosistémico.</li> </ol>
Discusión en grupo crítica de los resultados obtenidos, en cuanto a la naturaleza de los datos y resultados obtenidos, en el marco de la información requerida por el manejo ecosistémico.	

## REFERENCIAS

- Brodziak J, Link J 2002 Ecosystem-based fishery management: what is it and how can we do it? *Bull Mar Sci* 70: 589–611
- Ezcurra E., Aburto O., Carvajal M.A., Cudney R. Torre J. 2009. Gulf of California Mexico. In McLeod K., Leslie H. eds. *Ecosystem-Based Management for the Oceans*. Island press. 368 pp.
- FAO 2002 .The state of world fisheries and aquaculture 2002. FAO, Rome
- FAO. 2003. Fisheries management 2. The ecosystem approach to fisheries. FAO, Rome
- García S.M. y de Leiva Moreno I. 2003. Global overview of 299 marine fisheries. In: Sinclair M, Valdimarsson G eds *Responsible fisheries in the marine ecosystem*. FAO, Rome, & CABI Publishing, Wallingford, UK, p 1–24
- Gislason H. Sinclair M, Sainsbury K and O'boyle R. 2000. 'Symposium overview: incorporating ecosystem objectives within fisheries management.' *ICES Journal of Marine Sciences*, vol. 57, no. 3, pp. 468-75.
- Grumbine R.E .1994 'What Is Ecosystem Management?' *Conservation Biology*, vol. 8, no. 1, pp. 27-38.
- Hilborn R., Stokes K., Maguire J.J., Smith A.D.M. and 13 others 2004 When can marine reserves improve fisheries management? *Ocean Coast Manag* in press
- NOAA. 1999. Ecosystem-based fishery management. A report to Congress by the ecosystem principles advisory panel. NOAA Fisheries, U.S. Department of Commerce, Washington, DC available at: [www.nmfs.noaa.gov/sfa/EPAPrpt.pdf](http://www.nmfs.noaa.gov/sfa/EPAPrpt.pdf)
- Schneider S., Roessli D. y Excoffier L. 2000. ARLEQUIN v 2.0. A Software for Population Genetic Analysis. Genetic and Biometry Laboratory. University of Genove, Switzerland. <http://anthro.unige.ch/software/arlequin/>.
- Sinclair M., Valdimarsson G. 2003. *Responsible fisheries in the marine ecosystem*. FAO, Rome, & CABI Publishing, Wallingford, UK

# PRÁCTICA 6: SISTEMÁTICA APLICADA A LA CONSERVACIÓN

6 horas, Tres Sesiones

Centro de Computo del Departamento Académico de Biología Marina

## INTRODUCCIÓN

¿Por qué debe preocuparnos la sistemática? La Sistemática es la ciencia que estudia la esencia de la diversidad. Por tanto, si nos preocupa la pérdida de la diversidad, la Sistemática podría tener una importante contribución a la teoría y la práctica de la Biología de la Conservación. Reflexionando, antes de poder conservar algo, es deseable identificar los entes que se tiene la intención de conservar. Los EE.UU. Ley de Especies Amenazadas (<http://endangered.fws.gov/esa.html>) reza: El término \ especies "incluye cualquier subespecie de peces, vida silvestre y plantas, y cualquier segmento de la población distinta de cualquier especie de vertebrado o de vida silvestre que se entrecruza en la madurez.

La sistemática juega un papel importante en Biología de la Conservación.

Soltis y Gitzendanner (1999) han identificado cuatro contribuciones importantes de la sistemática a la Biología de La Conservación:

1. Los conceptos de especie
2. Identificación de linajes dignos de conservación
3. El establecimiento de prioridades de conservación
4. El efecto de la hibridación en la biología y la conservación de especies raras.

Conceptos de especie: Los biólogos han discutido bastante acerca de este concepto. Afortunadamente, no se requiere estar un acuerdo absoluto. Por ejemplo el Instituto Nacional de Ecología reconoce que “Una buena definición de especie es: una población o serie de poblaciones dentro de las cuales ocurre un libre flujo de genes bajo condiciones naturales. Donde directa o indirectamente existe un eslabón genético entre individuos normales competentes”. El servicio de caza y pesca de los E.U.A., señala que no solo se trata a las especies en términos biológicos. Por lo tanto, define que el término se aplica acorde a los mejores conocimientos biológicos, comprensión de la evolución, especiación y genética. Si bien el concepto de especie biológica ha sido el más aceptado en los últimos sesenta años. Los sistemáticos se están inclinando cada vez más por el concepto

de especie filogenética, en términos de clado monofilético, o como sistemas de poblaciones, diagnosticables, con base en la divergencia de caracteres. Los especialistas en sistemática deben tener herramientas, entrenamiento y experiencia necesarios para determinar especímenes de manera confiable. Desde el punto de vista científico todo trabajo genético, ecológico o de otra índole requiere la correcta identificación de las entidades biológicas en estudio (Cordero 1994). En México para la autorizar obras urbanas, la SEMARNAT requiere realizar estudios de impacto ambiental, que incluyen realizar inventarios biológicos. En estas lides la participación de los sistemáticos debería ser relevante, siendo una forma de determinar precisamente las especies, el recolectar muestras de individuos (o de sus tejidos para analizarlas genéticamente), depositándolas en una colección de verificación.

### **OBJETIVO DE APRENDIZAJE**

Los estudiantes identificarán y ejecutarán los pasos para efectuar un análisis de sistemática molecular encaminado a resolver investigaciones forenses de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas e identificar procesos y patrones ecológico – evolutivos, a ser conservados, acorde a la óptica del manejo de ecosistemas.

### **INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

*Primer Sesión:* El instructor: Guiará al alumno para que reconozca el poder del análisis Sistemático - Filogenético en la resolución de problemas en Sistemática. Por ejemplo: a) la correcta asignación a nivel de especie de un grupo de organismos implicado en capturas comerciales ilegales (e.g. Baker y Palumbi, 1994); b) Resolver la incertidumbre taxonómica, para poder asignar con ran precisión a un grupo de organismos a una categoría específica dada (e.g. Dalebout et al. 2002) y c) Reconocer procesos y patrones que ameritan ser conservados desde el enfoque del manejo de ecosistemas (Betancour et al. 2010). Acto seguido procederá a explicar y demostrar los principios y pasos que integra un análisis Sistemático – Filogenético Molecular; demostrando la operación del software MEGA 5 (<http://www.megasoftware.net/>) (Tamura *et al.* En prensa).

Finalmente asignará las referencias de las que los estudiantes obtendrán los datos a analizar en la práctica.

*Segunda sesión:* Los alumnos a) Asignarán una muestra de secuencias de ADN (n=7) obtenidas de caza furtiva, a las especies afectadas con la Herramienta Básica de Alineamiento Local del National Center for Biotechnology Information: [http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastx&BLAST\\_PROGRAMS=blastx&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&SHOW\\_DEFAULTS=on&LINK\\_LOC=blasthome](http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastx&BLAST_PROGRAMS=blastx&PAGE_TYPE=BlastSearch&SHOW_DEFAULTS=on&LINK_LOC=blasthome) y mediante el enfoque de asignación filogenética de (Davies y Nixon 1992) utilizando el software MEGA; b) Resolverán la incertidumbre filogenética implícita en delfines del género *Stenella* que convergieron morfológicamente con delfines tursiones (*Tursiops*), utilizando el software MEGA y c) Verificarán la importancia de procesos geográficos en la generación de especies de peces utilizando el software MEGA.

**Actividad entre sesiones de laboratorio:** Prepara una presentación powerpoint para presentar tus resultados y la interpretación y discusión de los mismos ante sus compañeros de grupo, en la tercer sesión.

*Tercer Sesión:* Entrega el reporte formal de la Práctica y Presenta tus resultados y a tus compañeros y recomienda acciones para cada caso de estudio.

### **ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y ACTIVIDADES**

Discutir la potencia de las técnicas de asignación sistemática-filogenético-molecular en la resolución de problemas de análisis forenses de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas y reconocimiento de procesos y patrones ecológico-evolutivos pertinentes a conservarse en el manejo de ecosistemas.

Aplicar software especializado generando capacidades para resolver problemas como el análisis forense de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas y reconocer procesos y patrones ecológico-evolutivos pertinentes a conservarse en el manejo de ecosistemas.

## PRODUCTOS

Entrega y exposición de un reporte formal de esta práctica, haciendo referencia a: el uso de técnicas de asignación sistemática-filogenético-molecular en la resolución de problemas de análisis forenses de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas y reconocimiento de procesos y patrones ecológico-evolutivos pertinentes a conservarse en el manejo de ecosistemas.

## COMPETENCIAS GENÉRICAS Y DISCIPLINARES

COMPETENCIAS GENÉRICAS	COMPETENCIAS DISCIPLINARES
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Organización y gestión</li><li>2. Comunicación.</li><li>3. Gestión de la información</li><li>4. Toma de decisiones y solución de problemas</li><li>5. Trabajo en equipo</li><li>6. Relaciones interpersonales</li><li>8. Liderazgo, iniciativa, dirección</li><li>9. Disposición hacia la calidad</li><li>10. Control y gestión personal</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Dominio perfectible de los elementos de análisis de la sistemática – filogenético - molecular en la resolución de problemas de análisis forenses de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas y reconocimiento de procesos y patrones ecológico-evolutivos pertinentes a conservarse en el manejo de ecosistemas.</li><li>2. Aplica protocolos de sistemática – filogenético - molecular en la resolución de problemas de análisis forenses de vida salvaje; incertidumbres taxonómicas y reconocimiento de procesos y patrones ecológico-evolutivos e interpreta sus resultados para proponer medidas dirigidas a conservar especies amenazadas.</li></ol>

<b>Estrategias de Aprendizaje</b>	<b>Estrategias de Evaluación</b>
Lectura y discusión crítica sobre los conceptos: incertidumbre taxonómica, especie filogenética, análisis filogenético.	Se evaluará con base a: <ol style="list-style-type: none"> <li>1 La asistencia de los estudiantes a la sesión introductoria a la práctica.</li> <li>2 Su desenvolvura al momento de exponer los métodos que siguieron para obtener y procesar los datos; obtención e interpretación de resultados.</li> <li>3 Calidad del reporte derivado de obtener y procesar los datos relativos a la práctica de Sistemática aplicada en Biología de la Conservación.</li> </ol>
Aplicación de instrumentos estadísticos para resolver problemas relativos a la incertidumbre taxonómica, análisis forense de vida salvaje; e identificación de procesos y patrones ecológico-evolutivos, que conservación.	
Discusión en grupo crítica de los resultados obtenidos, en cuanto a las metodologías empleadas y su aplicación al manejo ecosistémico.	

## REFERENCIAS

- Baker C.S. and S. R. Palumbi. 1994. Which whales are hunted? Molecular genetic evidence for illegal whaling. *Science* 265:1538-1539.
- Betancur-R. R., Acero P.A., Duque-Caro H., Santos S.R. 2010. Phylogenetic and Morphologic Analyses of a Coastal Fish Reveals a Marine Biogeographic Break of Terrestrial Origin in the Southern Caribbean.
- Cordero C. 1994. Comentarios de un ecólogo. *Rev. AIC*, 21: 10-13.
- Dalebout M. L., Mead J.G., Baker C.S., Baker A.N. and van Helden A.L. 2002. A New Species of Beaked Whale, *Mesoplodon perrini* (Cetacea: Ziphiidae), Discovered Through Phylogenetic Analysis of Mitochondrial DNA Sequences. *Marine Mammal Science* 18: 577-608.
- Davis, J. I. & Nixon, K. C. 1992 Populations, genetic variation, and the delimitation of phylogenetic species. *Syst. Biol.* 41, 421-435
- Molecular systemics and the conservation of rare species. *Conservation Biology*, 13:471-483.
- Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M., and Kumar S. 2011.

MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. Molecular Biology and Evolution.