



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

PROGRAMAS DE ESTUDIO

DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

IDENTIFICACIÓN	
Nombre: Redes de Interacciones Ecológicas	Etapas: Optativo Metodológico
Clave:	Tipo de curso: Optativo
Modalidad educativa: Presencial	Modalidad de Enseñanza Aprendizaje: Curso-Seminario-Taller
Número de Horas: 144 horas al semestre (3-3-3-0 Semanales)	Créditos: 9
Secuencias anteriores: Estadística Colaterales: Ninguna Posteriores: Ninguna	Requisitos de admisión: Ninguno
Fecha de elaboración: julio 2015	Fecha de aprobación

1. Justificación y Fundamentos

El egresado de la Maestría en Recursos Naturales y Ecología es un posgraduado capaz de realizar investigaciones científicas sobre el conocimiento integral y manejo sustentable de los recursos naturales. El egresado de la opción terminal de Ecología y Conservación, tendrá conocimientos sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y los factores que los amenazan. De este modo podrá identificar problemáticas ambientales y desarrollar estrategias metodológicas para su conservación o restauración, y para el aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales. Asimismo, será capaz de incorporar a la práctica el conocimiento generado por investigaciones ecológicas. Para ello es necesario que los estudiantes de la Maestría en Recursos Naturales y Ecología adquieran herramientas de análisis sobre distintas ramas de la Ecología.

En este curso el estudiante aprenderá las bases metodológicas y conceptuales del uso de redes complejas en la ecología de comunidades, conocerá las propiedades más destacadas de redes ecológicas y desarrollará habilidades para construir redes de interacciones ecológicas y analizar su topología. Asimismo, aprenderá sobre los mecanismos de ensamblaje y las



Facultad de Ecología Marina

Maestría en Recursos Naturales y Ecología

consecuencias del desensamblaje de redes ecológicas utilizando metodologías desarrolladas en el campo de los sistemas complejos. De este modo, la unidad de Aprendizaje Redes de Interacciones Ecológicas contribuye al fortalecimiento de la formación del Maestro en Recursos Naturales y Ecología con Especialidad en Ecología y Conservación.

2. Objetivos

Proporcionar al estudiante las bases teóricas y metodológicas para el entendimiento, análisis y modelaje de redes de interacciones.

Objetivos particulares:

- Que el alumno conozca bases conceptuales del estudio de redes de interacciones, sea capaz de entender la literatura especializada y de plantear preguntas de investigación en este campo.
- Que el alumno conozca las herramientas existentes para el análisis de redes, y pueda realizar proyectos propios con el potencial de contribuir al avance de esta disciplina.

3. Competencias a desarrollar:

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Valores
Usos de redes complejas	Conocer los diferentes tipos de redes y sus aplicaciones a diferentes campos del conocimiento. Comprender el uso de modelos nulos su significado en un contexto de ecología de comunidades.	Gusto por el estudio de las interacciones como redes complejas
Estructura de redes de interacciones ecológicas	Conocer y comprender las principales propiedades de las redes de interacciones ecológicas. Conocer los índices que describen la estructura de las redes de interacciones y analizar su significado biológico.	Aprecio por la complejidad y las propiedades emergentes. Puntualidad, responsabilidad y eficiencia.
Mecanismos responsables de la estructura de redes	Conocer el marco conceptual sobre los mecanismos ecológicos y evolutivos que	Disposición para trabajar en equipo y compartir sus conocimientos.



Facultad de Ecología Marina

Maestría en Recursos Naturales y Ecología

ecológicas	determinan el establecimiento de interacciones y los patrones a los que dan origen.	
Redes como herramienta para la conservación y restauración ecológica	Simular la pérdida de interacciones y de especies de un sistema y analizar sus consecuencias. Utilizar las redes como una aproximación para evaluar los efectos del cambio global sobre las comunidades biológicas. Analizar críticamente la literatura científica en el tema.	Sensibilidad a las consecuencias ecológicas de la pérdida de interacciones. Valor de criticar constructivamente
Construcción y uso de redes de interacciones ecológicas	Construir redes de interacciones con datos obtenidos en campo. Analizar redes de interacciones utilizando software desarrollado para el estudio de redes complejas.	Disposición para trabajar en equipo y compartir sus conocimientos. Puntualidad, responsabilidad y eficiencia.

4. Contenidos

Unidad 1. Introducción al estudio de redes complejas.

- Modelos de formación de redes
- Sistemas de estudio de redes complejas: redes tecnológicas, sociales, de información y biológicas
- Redes de interacciones ecológicas: redes tróficas unipartitas y redes bipartitas mutualistas, antagonistas y comensalistas
- Uso de modelos nulos para el estudio de redes

Unidad 2. Estructura de redes ecológicas.

- Propiedades estructurales de redes ecológicas: distribución de grado, asimetría de grado y anidamiento, mundo pequeño, modularidad, especialización, centralidad de especies
- Otros índices y medidas de redes



Facultad de Ecología Marina

Maestría en Recursos Naturales y Ecología

- Diferencias estructurales de redes entre distintos tipos de interacciones ecológicas
- Patrones geográficos de redes mutualistas

Unidad 3. Mecanismos ecológicos y evolutivos responsables de la estructura de redes.

- Neutralidad en las interacciones
- Caracteres fenotípicos
- Dinámica espacial y temporal de interacciones
- Efectos filogenéticos
- El caso de anidamiento: mecanismos que dan origen a una estructura anidada

Unidad 4. Uso de redes ecológicas como herramienta para la conservación y restauración.

- Susceptibilidad a extinciones: simulaciones
- Efectos del cambio global en las interacciones
- Monitoreo de proyectos de restauración ecológica

Unidad 5. Construcción y estudio de redes de interacciones.

- Consideraciones de muestreo y diseño experimental
- Obtención y organización de datos
- Bases de datos disponibles
- Software

5. Orientaciones didácticas

- Presentar al inicio del curso el objetivo de la asignatura y su relación con otras del plan de estudios, así como el contenido y las actividades de aprendizaje.
- Presentar clases teóricas frente a grupo en cada una de las unidades.
- Que los estudiantes realicen lecturas para reafirmar el conocimiento de las clases teóricas.
- Hacer preguntas sobre las lecturas para identificar si todos los conceptos han sido entendidos
- Que los estudiantes realicen lecturas de artículos científicos que apliquen los conceptos aprendidos, los analicen y los discutan en clase
- Realizar seminarios sobre artículos científicos, dirigidos por un estudiante.
- Realizar análisis críticos de artículos científicos de estudios de redes ecológicas.
- Que los estudiantes planteen y desarrollen un proyecto sobre redes de interacciones ecológicas durante el curso.
- Utilizar software con ejemplos prácticos, utilizando bases de datos reales.



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

6. Actividades de Aprendizaje

Bajo la conducción del docente	Trabajo independiente del alumno
- Exposición del profesor oral y audiovisual. - Trabajo en equipo. - Exposición de los alumnos. - Ejercicios dentro de clase. - Seminarios - Prácticas de taller o laboratorio - Prácticas de campo	En el aula: - Resolución de ejercicios. - Exámenes. - Lecturas obligatorias Fuera del aula: - Trabajos de Investigación. - Estudio bibliográfico o búsqueda documental. - Lecturas obligatorias. - Ejercicios de análisis.

7. Evaluación

Este curso tendrá un componente teórico, un componente de trabajo de campo y un componente práctico de análisis de datos y uso de software y por lo tanto se evaluarán estos tres componentes con base en:

- | | |
|--|-----|
| • Exposición de seminarios por los alumnos. | 20% |
| • Asistencia y participación. | 20% |
| • Tareas de ejercicios prácticos. | 20% |
| • Presentación oral y escrita de un proyecto final | 40% |

8. Bibliografía Básica y Complementaria

Bibliografía Básica

Bascompte, J., and P. Jordano. (2007). *Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity*. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics **38**:567-593.

Bascompte, J. and P. Jordano. 2013. Mutualistic networks. Princeton University Press

Blüthgen, N., J. Frund, D. P. Vazquez, and F. Menzel. 2008. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits? Ecology **89**:3387-3399.

Burkle, L. A., and R. Alarcon. 2011. The Future of Plant-Pollinator Diversity: Understanding Interaction Networks across Time, Space, and Global Change. American Journal of Botany **98**:528-538.

Chacoff, N. P., Vazquez, D. P., Lomascolo, S. B., Stevani, E. L., Dorado, J., & Padron, B. (2012). Evaluating sampling completeness in a desert plant-pollinator network. *Journal of Animal Ecology*, **81**(1), 190-200.



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

Devoto, M., S. Bailey, P. Craze, and J. Memmott. 2012. Understanding and planning ecological restoration of plant-pollinator networks. *Ecology Letters* **15**:319-328.

Dormann, C. F., J. Frund, N. Bluthgen, and B. Gruber. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal* **2**:7-24.

Dunne, J. A. and R. J. Williams. 2009. Cascading extinctions and community collapse in model food webs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **364**:1711-1723.

Dunne, J. A. 2012. Food Webs. Pages 1155-1176 *Computational Complexity*. Springer New York.

Gibson, R. H., B. Knott, T. Eberlein, J. Memmott. 2011. Sampling method influences the structure of plant-pollinator networks. *Oikos* **120**(6): 822-831.

Hagen, M., W. D. Kissling, C. Rasmussen, M. A. M. De Aguiar, L. E. Brown, D. W. Carstensen, I. Alves-Dos-Santos, Y. L. Dupont, F. K. Edwards, J. Genini, P. R. Guimarães Jr., G. B. Jenkins, P. Jordano, C. N. Kaiser-Bunbury, M. E. Ledger, K. P. Maia, F. M. Darcie Marquitti, ÓrlaMcLaughlin, L. P. C. Morellato, E. J. O'Gorman, K. Trøjelsgaard, J. M. Tylianakis, M. Morais Vidal, G. Woodward, J. M. Olesen. 2012. Biodiversity, species interactions and ecological networks in a fragmented world. *Advances in Ecological Research* **46**: 89- 120.

Ings, T. C., J. M. Montoya, J. Bascompte, N. Bluthgen, L. Brown, C. F. Dormann, F. Edwards, D. Figueroa, U. Jacob, J. I. Jones, R. B. Lauridsen, M. E. Ledger, H. M. Lewis, J. M. Olesen, F. J. F. van Veen, P. H. Warren, and G. Woodward. 2009. Ecological networks - beyond food webs. *Journal of Animal Ecology* **78**:253-269.

James, A., J. W. Pitchford, and M. J. Plank. 2012. Disentangling nestedness from models of ecological complexity. *Nature* **487**:227-230.

Krishna, A., P. R. Guimaraes, P. Jordano, and J. Bascompte. 2008. A neutral-niche theory of nestedness in mutualistic networks. *Oikos* **117**:1609-1618.

Memmott, J. 2009. Food webs: a ladder for picking strawberries or a practical tool for practical problems? *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **364**:1693-1699.

Morales, J. M., and D. P. Vazquez. 2008. The effect of space in plant-animal mutualistic networks: insights from a simulation study. *Oikos* **117**:1362-1370.

Newman, M. 2010. *Networks: an introduction*. Oxford University Press.

Pocock, M. J. O., D. M. Evans, and J. Memmott. 2012. The Robustness and Restoration of a Network of Ecological Networks. *Science* **335**:973-977.

Rezende, E. L., P. Jordano, and J. Bascompte. 2007. Effects of phenotypic complementarity and phylogeny on the nested structure of mutualistic networks. *Oikos* **116**:1919-1929.

Sayago, R., M. Lopezaraiza-Mikel, M. Quesada, M. Yolotl Alvarez-Anorve, A. Cascante-Marin, and J. Ma Bastida. 2013. Evaluating factors that predict the structure of a



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

commensalistic epiphyte - phorophyte network. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences **280**:20122821.

Schleuning, M., J. Frund, A. M. Klein, S. Abrahameczyk, R. Alarcon, M. Albrecht, G. K. S. Andersson, S. Bazarrian, K. Bohning-Gaese, R. Bommarco, B. Dalsgaard, D. M. Dehling, A. Gotlieb, M. Hagen, T. Hickler, A. Holzschuh, C. N. Kaiser-Bunbury, H. Kreft, R. J. Morris, B. Sandel, W. J. Sutherland, J. C. Svenning, T. Tscharntke, S. Watts, C. N. Weiner, M. Werner, N. M. Williams, C. Winqvist, C. F. Dormann, and N. Bluthgen. 2012. Specialization of Mutualistic Interaction Networks Decreases toward Tropical Latitudes. *Current Biology* **22**:1925-1931.

Suweis, S., F. Simini, J. R. Banavar, and A. Maritan. 2013. Emergence of structural and dynamical properties of ecological mutualistic networks. *Nature* **500**:449-452.

Thebault, E. and C. Fontaine. 2010. Stability of Ecological Communities and the Architecture of Mutualistic and Trophic Networks. *Science* **329**:853-856.

Trojelsgaard, K. and J. M. Olesen. 2013. Macroecology of pollination networks. *Global Ecology and Biogeography* **22**:149-162.

Tylianakis, J. M. (2008). Understanding the web of life: the birds, the bees, and sex with aliens. *PLoS biology*, **6**(2): e47.

Tylianakis, J. M., E. Laliberte, A. Nielsen, and J. Bascompte. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation* **143**:2270-2279.

Tylianakis, J. M., T. Tscharntke, and O. T. Lewis. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature* **445**:202-205.

Valiente-Banuet, A. and M. Verdu. 2013. Human impacts on multiple ecological networks act synergistically to drive ecosystem collapse. *Frontiers in Ecology and the Environment* **11**:408-413.

Vazquez, D. P., N. Bluthgen, L. Cagnolo, and N. P. Chacoff. 2009. Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review. *Annals of Botany* **103**:1445-1457.

Vazquez, D. P., N. P. Chacoff, and L. Cagnolo. 2009. Evaluating multiple determinants of the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology* **90**:2039-2046.

Woodward, G., J. P. Benstead, O. S. Beveridge, J. Blanchard, T. Brey, L. E. Brown, W. F. Cross, N. Friberg, T. C. Ings, U. Jacob, S. Jennings, M. E. Ledger, A. M. Milner, J. M. Montoya, E. J. O'Gorman, J. M. Olesen, O. L. Petchey, D. E. Pichler, D. C. Reuman, M. S. A. Thompson, F. J. F. Van Veen, and G. Yvon-Durocher. 2010. Ecological Networks in a Changing Climate. Pages 71-138 *Advances in Ecological Research: Ecological Networks*, Vol 42.

Zhang, F., C. Hui, and J. S. Terblanche. 2011. An interaction switch predicts the nested architecture of mutualistic networks. *Ecology Letters* **14**:797-803.

Bibliografía Complementaria



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

Almeida-Neto, M., P. Guimaraes, P. R. Guimaraes, R. D. Loyola, and W. Ulrich. (2008). *A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement*. *Oikos* **117**:1227-1239.

Ashworth, L., R. Aguilar, L. Galetto, and M. A. Aizen. 2004. Why do pollination generalist and specialist plant species show similar reproductive susceptibility to habitat fragmentation? *Journal of Ecology* **92**:717-719.

Bascompte, J. 2009. Mutualistic networks. *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**:429-436.

Bascompte, J. 2010. Structure and Dynamics of Ecological Networks. *Science* **329**:765-766.

Bascompte, J., P. Jordano, and J. M. Olesen. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* **312**:431-433.

Bascompte, J., P. Jordano, C. J. Melian, and J. M. Olesen. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **100**:9383-9387.

Bersier, L. F., C. Banasek-Richter, and M. F. Cattin. 2002. Quantitative descriptors of food-web matrices. *Ecology* **83**:2394-2407.

Bersier, L. F., P. Dixon, and G. Sugihara. 1999. Scale-invariant or scale-dependent behavior of the link density property in food webs: A matter of sampling effort? *American Naturalist* **153**:676-682.

Bluthgen, N. 2010. Why network analysis is often disconnected from community ecology: A critique and an ecologist's guide. *Basic and Applied Ecology* **11**:185-195.

Bluthgen, N., F. Menzel, and N. Bluthgen. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* **6**.

Bluthgen, N., F. Menzel, T. Hovestadt, and B. Fiala. 2007. Specialization, constraints, and conflicting interests in mutualistic networks. *Current Biology* **17**:341-346.

Elias, M., C. Fontaine, and F. Frank van Veen. 2013. Evolutionary history and ecological processes shape a local multilevel antagonistic network. *Current Biology* **23**:1355-1359.

Evans, D. M., M. J. O. Pocock, and J. Memmott. 2013. The robustness of a network of ecological networks to habitat loss. *Ecology Letters* **16**:844-852.

Fortuna, M. A., D. B. Stouffer, J. M. Olesen, P. Jordano, D. Mouillot, B. R. Krasnov, R. Poulin, and J. Bascompte. 2010. Nestedness versus modularity in ecological networks: two sides of the same coin? *Journal of Animal Ecology* **79**:811-817.

Goldwasser, L., and J. Roughgarden. 1997. Sampling effects and the estimation of food-web properties. *Ecology* **78**:41-54.

Guimaraes, P. R., P. Jordano, and J. N. Thompson. 2011. Evolution and coevolution in mutualistic networks. *Ecology Letters* **14**:877-885.

Guimaraes, P. R., V. Rico-Gray, P. S. Oliveira, T. J. Izzo, S. F. dos Reis, and J. N.



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

Thompson. 2007. Interaction intimacy affects structure and coevolutionary dynamics in mutualistic networks. *Current Biology* **17**:1797-1803.

Joppa, L. N., J. M. Montoya, R. Sole, J. Sanderson, and S. L. Pimm. 2010. On nestedness in ecological networks. *Evolutionary Ecology Research* **12**:35-46.

Jordano, P., J. Bascompte, and J. M. Olesen. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* **6**:69-81.

Krause, A. E., K. A. Frank, D. M. Mason, R. E. Ulanowicz, and W. W. Taylor. 2003. Compartments revealed in food-web structure. *Nature* **426**:282-285.

Lewinsohn, T. M., P. I. Prado, P. Jordano, J. Bascompte, and J. M. Olesen. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* **113**:174-184.

Lopezaraiza-Mikel, M. E., R. B. Hayes, M. R. Whalley, and J. Memmott. 2007. The impact of an alien plant on a native plant-pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters*, **10**, 539-550.

Martín González, A. M., B. Dalsgaard, and J. M. Olesen. 2010. Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. *Ecological Complexity* **7**:36-43.

Memmott, J., N. M. Waser, and M. V. Price. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **271**:2605-2611.

Montoya, J. M., and R. V. Sole. 2003. Topological properties of food webs: from real data to community assembly models. *Oikos* **102**:614-622.

Olesen, J. M., J. Bascompte, H. Elberling, and P. Jordano. 2008. Temporal dynamics in a pollination network. *Ecology*, **89**: 1573-1582.

Olesen, J. M., J. Bascompte, Y. L. Dupont, and P. Jordano. 2007. The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **104**:19891-19896.

Olesen, J. M., J. Bascompte, Y. L. Dupont, H. Elberling, C. Rasmussen, and P. Jordano. 2011. Missing and forbidden links in mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **278**: 725-732.

Petanidou, T., A. S. Kallimanis, J. Tzanopoulos, S. P. Sgardelis, and J. D. Pantis. 2008. Long-term observation of a pollination network: fluctuation in species and interactions, relative invariance of network structure and implications for estimates of specialization. *Ecology Letters* **11**:564-575.

Proulx, S. R., D. E. L. Promislow, and P. C. Phillips. 2005. Network thinking in ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* **20**:345-353.

Rezende, E. L., J. E. Lavabre, P. R. Guimaraes, P. Jordano, and J. Bascompte. 2007. Non-random coextinctions in phylogenetically structured mutualistic networks. *Nature* **448**:925-U926.



Facultad de Ecología Marina Maestría en Recursos Naturales y Ecología

Santamaria, L., and M. A. Rodriguez-Girones. 2007. Linkage rules for plant-pollinator networks: Trait complementarity or exploitation barriers? *Plos Biology* **5**:354-362.

Stang, M., P. G. L. Klinkhamer, N. M. Waser, I. Stang, and E. van der Meijden. 2009. Size-specific interaction patterns and size matching in a plant-pollinator interaction web. *Annals of Botany* **103**:1459-1469.

Ulrich, W., M. Almeida, and N. J. Gotelli. 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* **118**:3-17.

Vazquez, D. P., and M. A. Aizen. 2003. Null model analyses of specialization in plant-pollinator interactions. *Ecology* **84**:2493-2501.

Vazquez, D. P., and M. A. Aizen. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology* **85**:1251-1257.

Vázquez, D. P., and M. A. Aizen. 2006. Community-wide patterns of specialization in plant-pollinator interactions revealed by null models. En: (Waser, N. M., and J. Ollerton Eds) *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press. Pp 200-219.

Vazquez, D. P., C. J. Melian, N. M. Williams, N. Bluthgen, B. R. Krasnov, and R. Poulin. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* **116**:1120-1127.

9. Perfil del profesor

El docente que imparta esta Unidad de Aprendizaje deberá contar con el nivel de doctor y ser especialista en el estudio de redes de interacciones ecológicas.