

**POSTGRADO EN ECOLOGIA TROPICAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, VENEZUELA.**

**Curso teórico-práctico:  
INTERACCIONES ENTRE ESPECIES EN AMBIENTES TROPICALES: CONCEPTOS  
Y APLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN**

(23 de octubre 08 de noviembre de 2017, Mérida-Venezuela)

**Presentación del curso**

La gran riqueza de los ecosistemas tropicales puede ser parcialmente explicada por la frecuencia de las complejas interacciones entre sus especies; de manera que el éxito de la reproducción sexual y la supervivencia en gran parte de las angiospermas depende de vinculaciones con diferentes grupos de animales y otras plantas, que facilitan la polinización de sus flores y/o la dispersión de sus semillas, así como microambientes más favorables para su desarrollo. Aunque en las dos últimas décadas se ha incrementado notablemente el estudio de estas interacciones ecológicas en América Latina, aún falta investigación para tener una idea completa de las características biológicas y ecológicas que encierran estos procesos, así como de todos sus alcances, sobre todo en ecosistemas de alta montaña, donde se hacen mas escasas las investigaciones sobre interacciones bióticas. En este sentido nos sentimos comprometidos en contribuir a comprender aun más su complejo funcionamiento, a la vez que, delinear las estrategias adecuadas para su debida conservación y manejo. Estamos conscientes que la capacitación de investigadores locales es indispensable como el primer paso para encarar este desafío. Con este curso, pretendemos abordar los aspectos más resaltantes de la problemática de las interacciones planta-planta, polinización y la dispersión de semillas desde diferentes enfoques conceptuales y metodológicos, que permitirán al estudiante, adquirir las destrezas básicas para encarar este tipo de problemas. Para ello hemos reunido un grupo de investigadores nacionales e internacionales, que en conjunto, abarcan los diversos aspectos de esta temática.

**Objetivo**

El objetivo principal del curso es transmitir los conocimientos que se han generado en los últimos años con relación a las interacciones planta-planta, la polinización y la dispersión de semillas en ambientes tropicales. El curso incluirá aspectos sobre biología reproductiva, fisiología, evolución, genética, ecología de poblaciones, de comunidades y conservación; todas enmarcadas en la problemática de la interacción planta-planta y planta-animal. Las características de los temas propuestos requieren de clases teóricas dictadas por profesores especialistas en cada tema. Del mismo modo, el curso incluirá trabajos prácticos en los ecosistemas de bosque paramero, páramo andino y páramo altoandino, lectura y discusión de artículos.

**Perfil de los estudiantes:**

El curso está dirigido a estudiantes de postgrado o de último año de pregrado, así como a profesionales graduados en Biología, Agronomía, Ingeniería Forestal o carreras afines. El cupo será de 20 estudiantes, quienes serán seleccionados en base a su *currículum vitae* y una carta de intención del candidato.

**Profesores**

- Pascual Soriano, Departamento de Biología, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Laboratorio de Ecología Animal, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Luís Daniel Llambí, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Roxibell Pelayo, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de Los Andes.
- Yeni Barrios. Instituto Jardín Botánico, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes.

**Asistentes:**

- Lirey Ramírez, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Carla Aranguren, Departamento de Biología, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Laboratorio de Ecología Animal, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

**Programa detallado:****Tema 1:** Introducción a las interacciones Inter-específicas (LD. LLambí).

De los patrones a los procesos que estructuran las comunidades. Desarrollo de la ecología de comunidades y el estudio de las interacciones. Tipos e importancia de las interacciones entre especies.  
*Dinámica grupal: mosaico de las interacciones.*

**Tema 2:** Interacciones Planta-Planta (LD. Llambí).

Interacciones Planta-Planta. Facilitación. Competencia y facilitación: definición y tipos. Efectos de feedback de los beneficiarios: comensalismo o parasitismo? Implicaciones de la facilitación para la evolución y la teoría de comunidades. Nodricismo y facilitación en ambientes extremos: hipótesis del gradiente de estrés. Facilitación, conservación y restauración. Facilitación e invasiones biológicas.  
*Casos de estudio en ambientes tropicales (L. Ramírez y LD Llambí).*

**Tema 3:** Mutualismos como generadores de diversidad (P. Soriano).

Mutualismos como generadores de biodiversidad. Consecuencias de la interrupción de mutualismos. Cambio global y sus consecuencias en los mutualismos.

**Tema 4:** La dispersión como fenómeno biológico (P. Soriano).

Contrastes entre dispersión y polinización. Los vertebrados y la dispersión de semillas. Clasificaciones: Anemocoria, hidrocoria y zoocoria. Mecanismos pre- y postdispersión. Dispersión primaria y secundaria. Dispersión dirigida *versus* colonización.

*Dinámica grupal: Interacciones en tres ecosistemas Andinos.*

**Tema 5:** Consecuencias comunitarias de la Frugivoría y la depredación de frutos (P. Soriano).

Interacción Planta-frugívoro. Consumo de frutos germinación de semillas. Depredación de frutos y semillas y efectos comunitarios. Fases pre-dispersión, dispersión, post-dispersión: Tipos de Depredadores. Cactáceas, Murciélagos, Aves, Marsupiales, Hormigas y Lagartos (Caso de estudio).

**Tema 6:** Polinización y Coevolución (R. Pelayo y Y. Barrios).

Reproducción sexual en plantas y su dependencia de los polinizadores.

Diversidad de sistemas de reproducción en plantas. Evolución de los sistemas de reproducción. Método comparado como herramienta.

**Tema 7.** Robo de néctar (R. Pelayo).

Robo de néctar: una interacción biótica peculiar. Causas y Frecuencia del robo de néctar. Distribución cosmopolita del fenómeno. Consecuencias ecológicas y evolutivas del robo de néctar.

*Trabajo práctico: morfologías florales.*

**Tema 8:** Interacciones planta-animal en ecosistemas alto-andinos (R. Pelayo).

Estado del arte, proyectos en ejecución y vacíos de investigación.

**Tema 9:** Redes complejas de Interacción (Y. Barrios)

El estudio de las interacciones desde el enfoque de redes complejas. Interacciones mutualistas planta-animal: métodos de muestreo, representación gráfica, tipos de redes. Patrones generales. Índices cuantitativos para estimar la especificidad a nivel de especies (d) y de la red completa de interacciones (H<sup>2</sup>). Topología de la red: anidamiento, modularidad y otros patrones estructurales.

*Trabajo práctico: Análisis de redes complejas con el paquete “bipartite” de “R”: ejemplos (Y. Barrios, C. Aranguren).*

**Tema 10:** Charla introductoria: Estándares abiertos para la conservación (L. Ramirez y C. Aranguren).

Trabajo grupal: Escenarios de aplicación de los conceptos manejados en el curso a problemas de conservación y restauración

*Taller: El papel de las interacciones entre especies en la conservación y restauración (todos)*

**Tema 11:** Diseño experimental (LD. Llambí).

Metodología de la investigación en ecología. El método inductivo e hipotético deductivo. Tipos de estudios: observacionales y experimentales. Muestreo representativo y precisión del muestreo. Introducción a la prueba de hipótesis estadística. Diseño de experimentos: controles, controles de procedimiento y replicación. Introducción al análisis de varianza: Andeva de 1-vía y suposiciones. Análisis de varianza factorial, interacción, tipos de factores Usos del análisis multivariado: clasificación y ordenación.

**Sistema de Evaluación:**

Seminario (15%).

Participación durante el curso (25%).

Propuesta y realización de un proyecto de investigación (60%).

**Acreditación:** el curso está avalado por el Postgrado en Ecología Tropical (3 créditos).

**Referencias Bibliográficas**

- Alvarez-Buylla ER. y Martinez-Ramos M. 1990. Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree. *Oecologia* 84:314-325.
- Anthelme, F. & Dangles, O. 2012. Plant–plant interactions in tropical alpine environments. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14: 363–372.
- Barbour, M.G. et al. 1980. *Terrestrial Plant Ecology*. Benjamin/Cummings. 604 pp.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melian, C. J. & Olesen, J. M. 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.
- Blüthgen, N., Menzel, F. & Blüthgen, N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*. 6 (9): 1-12.
- Brooker, R.W., Maestre, F.T., Callaway, R.M., Lortie, C.L., Cavieres, L.A., Kunstler, G., Liancourt, P., Tielborger, K., Travis, J.M.J., (. . .) & Michalet, R. 2007. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology* 96: 18–34.
- Bruno J., Stachowicz J. y Bertness M. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 119–125.
- Callaway R. 2007. *Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities*. Springer, Dordrecht.
- Cáceres, Y., Llambí L.D., and Rada, F. 2014. Shrubs as foundation species in a high tropical alpine ecosystem: a multi-scale analysis of plant spatial interactions. *Plant Ecology and Diversity* 8(2):147-161.
- Ceccon E. 2013. *Restauración en Bosques Tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Ediciones DDS, Méjico D.F.

- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analysis for changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- Crawley MJ. 1997. *Plant Ecology*. 2da Edición. Blackwell Science.
- Choler P., Michalet R. y Callaway R. 2001. Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. *Journal of Ecology* 82: 3295-3308.
- Dormann, C., Gruber, B. & Fründ, J. 2008. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R News*. 8(2): 8-11.
- Endress PK. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. WG. D'Arcy y Keating RC. [eds.], Cambridge University Press.
- Faegri, K. & van der Pijl, L. 1979. *Principles of Pollination Ecology*. 3rd. Ed. (Ser. Ed. Pergamon Press), New York. 291 pp.
- Glover BJ. 2007. *Understanding Flowers & Flowering. An Integrated Approach*. Oxford University Press, Oxford.
- IRISH, V.F. 2000. Variations on a theme: flower development and evolution. *Genome Biology* 1: reviews1015.1–1015.4.
- Green DS. 1983. The efficacy of dispersal in relation to safe site density. *Oecologia* 56:356-358.
- Herrera JM. y Garcia D. 2010. Effects of forest fragmentation on seed dispersal and seedling establishment in ornithochorous trees. *Conservation Biology*. 24(4):1089-1098.
- Herrera CM. 1982. Grasses, grazers, mutualism, and coevolution: a comment. *Oikos* 38, 254-258.
- Holmgren M., Schefer M. y Huston MA. 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78: 1966-1975.
- Hulbert SH. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2):187-211.
- Hupp, N, Llambí LD, Ramírez L, Callaway R. 2017. Alpine cushion plants have species-specific effects on microhabitats and community structure in the tropical Andes. *Journal of Vegetation Science* doi: 10.1111/jvs.12553.
- Jordano P. 1983. Fig-seed predation and dispersal by birds *Biotropica* 15: 38-41.
- Jordano, P, Vásquez, D & Bascompte, J. 2009. Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En: Medel, R., Aizen, M. & Zamora, R. (editores). *Ecología y evolución de interacciones planta-animal*. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 399 pp.
- Kaur J, Gonzáles WL, Llambí LD, Soriano P, Callaway R, Rout ME, Gallaher TJ, Inderjit. 2012. Community impacts of *Prosopis juliflora* invasion: biogeographic and congeneric comparisons. *PLoS ONE* 7(9): e44966. doi:10.1371/journal.pone.0044966.
- Maloof JE. e Inouye DW. 2000. Are nectar robbers cheaters or mutualists?. *Ecology* 81: 2651-2661.
- Navarro L. 2000. Pollination ecology of *Anthyllis vulneraria* subsp. *vulgaris* (Fabaceae): nectar robbers as pollinator. *American Journal of Botany* 87: 980-985.
- Navarro L. 2001. Reproductive biology and effect of nectar robbing on fruit production in *Macleania bullata* (Ericaceae). *Plant Ecology* 152: 59-65.
- Olesen, J. M., Bascompte, J., Dupont, Y. L. & Jordano, P. 2007. The modularity of pollination

- networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104: 19891-19896.
- Quinn GP. y Keough MJ. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press.
- Ramírez L, Rada F, Llambí LD. 2015. Linking patterns and processes through ecosystem engineering: effects of shrubs on microhabitat and water status of associated plants in the high tropical Andes. *Plant Ecology* 216(2):213-225.
- Sazima C., Jordano P., Guimarães Jr. PR., dos Reis, SF. y Sazima I. 2012. Cleaning associations between birds and herbivorous mammals in Brazil: structure and complexity. *Auk* 129: 36–43.
- Soriano P. 2000. Functional structure of bat communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotropicos* 13:1-20.
- Soriano P. 2006. A functional comparison between bat assemblages of Andean arid enclaves. *Ecotropicos* 19:1-12.
- Soriano P. y Ruiz A. 2002. The role of Bats and Birds in the Reproduction of Columnar Cacti in the Northern Andes. Pp. 241-263. En: Fleming TH. y Valiente-Banuet A. (eds). *Ecology and conservation of columnar cacti and their mutualists*. Arizona University Press. Tucson.
- Sosa M. y Soriano P. 1996. Resource availability, diet and reproduction in *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera) in an arid zone of the Venezuelan Andes. *Journal of Tropical Ecology* 12:805-818.
- Schöb, C., Prieto, I., Armas, C., Pugnaire, F.I., 2014a. The consequences of facilitation: one plant's benefit is another plant's cost. *Funct. Ecol.* 28, 500–508.
- Thompson LK. 2000. *Plant Reproductive Systems: An Investigative Approach*. p.198–217.
- Underwood AJ. 1997. *Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press.
- Valiente-Banuet, A., Aizen, M. A., Alcántara, J. M., Arroyo, J., Cocucci, A., Galetti, M., García, M. B., García, D., Gómez, J.M., Jordano, P., Medel, R., Navarro, L., Obeso, J.R., Oviedo, R., Ramírez, N., Rey, P.J., Traveset, A., Verdú, M. & Zamora, R. 2015. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*. 29: 299–307.
- Van der Pijl L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- Vizentin-Bugoni, J., Maruyama, P.K. & Sazima, M. 2014. Processes entangling interactions in communities: forbidden links are more important than abundance in a hummingbird–plant network. *Proc. R. Soc. B*. 281: 20132397.
- Waser, N.M, Chittka, L., Price, M.V., Williams, N.M. & Ollerton, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*. 77(4): 1043-1060.

## Cronograma de actividades

	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27
Mañana	Bienvenida e Introducción	Interacciones Planta-Planta (LD)	Mutualismos (PS)	Frugivoría (PS)	Polinización (YB)
Tarde	Interacciones Planta-Planta (LD) <i>Dinámica grupal: mosaico de las interacciones</i>	Caso de estudio planta-planta (LR)	La dispersión (PS) <i>Dinámica grupal: Interacciones en tres ecosistemas Andinos.</i>	Caso de estudio frugivoría y dispersión (CA)	Polinización (RP)

	Sábado 28	Domingo 29
Mañana	Visita a Casa del Angel del Sol y Jardín Botánico de Mérida	Libre
Tarde		

	Lunes 30	Martes 31	Miércoles 1	Jueves 2	Viernes 3
Mañana	Redes complejas de Interacción (YB)	Robo de néctar (RP) <i>Trabajo práctico: morfologías florales.</i>	Salida de campo teleférico	Tema 10: Charla introductoria: EAC (LR-CA)	Tema 11: Diseño experimental (LD)
Tarde	<i>Práctica de redes complejas de Interacción (YB - CA)</i>	Interacciones planta-animal en ecosistemas alto-andinos (RP)		<i>Taller Interacciones entre especies en la conservación (LR-CA)</i>	Tema 11: Diseño experimental (LD)

	Sábado 4	Domingo 5	Lunes 6	Martes 7	Miércoles 8
Mañana	Libre	Salida de campo Prospección  Proyecto	Salida de campo	Análisis de datos	Regreso a Mérida
Tarde			Recolección de datos	Presentación	