

MÓDULO DE ECOLOGÍA DE ECOSISTEMAS Y AGROECOSISTEMAS

Cohorte:	2010 – 2012
Duración:	5 semanas
Unidades crédito:	4
Tipo de curso:	Teórico
Coordinación:	Dr. Dimas Acevedo Novoa. ICAE, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida
Profesores:	Dr. Daniel Machado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida Dr. Ismael Hernández. Instituto de Zoología Tropical IZT. Universidad Central de Venezuela Dra. Rosa Mary Hernández. Centro de Estudios para el Desarrollo Agroecológico Tropical del Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos IDECYT-CEDAT, Universidad Experimental Simón Rodríguez Dra. Magdiel Ablan. Centro de Simulación y Modelos (CESIMO), Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela Dra. Lina Sarmiento. ICAE, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida MSc. Alexis Valery. Decanato de Investigaciones, Universidad Nacional Experimental del Táchira

I. PRESENTACION DEL CURSO

Este curso es una introducción a la ecología de ecosistemas, diseñado para cubrir los principales aspectos teóricos de esta disciplina, entrenar a los estudiantes en la aplicación del enfoque ecosistémico y sus aplicaciones e introducir las bases de las diferentes metodologías propias de esta escala de análisis, incluyendo algunos principios básicos para la simulación matemática de procesos ecosistémicos. A escala ecosistémica aparecen propiedades emergentes relacionadas con el flujo de energía, nutrientes y agua a través de sus diferentes componentes. Tres ejes permiten el estudio de un ecosistema: el análisis de su estructura, de su funcionamiento y de su dinámica. La ecología comparada de ecosistemas se basa en entender como varían estos tres aspectos y que factores del ambiente determinan estas diferencias. El enfoque ecosistémico puede tener muchas aplicaciones entre las que están el análisis de las consecuencias de la transformación de los ecosistemas sobre el balance global de carbono y el efecto invernadero, el manejo sustentable y eficiente de agroecosistemas, la evaluación de servicios ambientales, su aplicación en la ecología de la restauración y de la conservación, etc.

II. OBJETIVOS

a) Familiarizar al estudiante con el enfoque ecosistémico, sus principales conceptos, ejes de estudio y posibles aplicaciones.



- b) Entrenar a los estudiantes en la lectura e interpretación crítica de artículos publicados sobre ecología de ecosistemas.
- c) Aplicar los conceptos teóricos a la resolución de problemas y al análisis e interpretación de información ecosistémica.
- d) Introducir al estudiante en el diseño e implementación de modelos matemáticos sencillos que simulen procesos ecosistémicos y conocer las potencialidades de esta herramienta.
- e) Revisar críticamente algunas de las principales metodologías propias de la disciplina.

III. CONTENIDOS TEÓRICOS

1) FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA ECOSISTÉMICA

Clase 1: El enfoque ecosistémico: Génesis del concepto de ecosistema y desarrollo histórico de la ecología de ecosistemas. Teoría de sistemas. Sistemas ecológicos y ecosistemas. Ejes para estudiar los ecosistemas: estructura, funcionamiento y dinámica. Escalas espaciales: del microcosmos a la biosfera. Escalas temporales. Niveles de integración y propiedades emergentes de los ecosistemas. Teoría de redes: la conectividad como paradigma ecológico.

Clase 2: Estructura del ecosistema. Criterios para establecer la estructura del ecosistema, desde lo taxonómico a la funcional. Principales compartimientos: productores, consumidores primarios y secundarios, fauna del suelo, microorganismos, materia orgánica, solución del suelo, complejo de intercambio catiónico, minerales primarios y secundarios. Métodos para estudiar la estructura.

Clase 3: Funcionamiento del ecosistema: Producción primaria bruta y neta. Respiración. Eficiencia de los productores primarios. Factores que determinan la producción primaria. Distribución de asimilados. Métodos para medir la producción primaria.

Clase 4: Descomposición. Factores reguladores. Aspectos funcionales y dinámicos de la materia orgánica. Fracciones dinámicas de la materia orgánica y la descomposición. Rol como fuente-sumidero de nutrientes en el suelo. Métodos. La materia orgánica en ecosistemas y agroecosistemas tropicales.

Clase 5: Ciclado de nutrientes. Entradas, salidas y transferencias. Ciclos del nitrógeno, fósforo y azufre.

Clase 6: Bioenergética del ecosistema. La red trófica. Grupos funcionales dentro del ecosistema. Relación entre biodiversidad y funcionamiento.

Clase 7: Dinámica de los ecosistemas: Cambios estacionales, interanuales, sucesiones primarias y secundarias, cambios evolutivos. El enfoque poblacional y el enfoque ecosistémico en el estudio de sucesiones. Dinámica sucesional de los procesos ecosistémicos.



2) ECOLOGÍA COMPARADA DE ECOSISTEMAS Y PRINCIPALES ECOSISTEMAS DE VENEZUELA

Clase 8: Ecología comparada de ecosistemas terrestres: Atributos generales para caracterizar ecosistemas. Tipología de ecosistemas. Distribución en gradientes. Condicionantes ecológicos y distribución geográfica de los grandes tipos de ecosistemas. Estructura y funcionamiento de los principales ecosistemas.

Clase 9: Marco bioambiental de Venezuela: Origen de las unidades fisiográficas del norte de Suramérica, los grandes acontecimientos geológicos. Geología estructural de Venezuela, escudo precámbrico de Guayana, cadenas montañosas, cuencas sedimentarias cuaternarias, sistemas litorales e insulares. Patrones ambientales, circulación atmosférica, elementos del clima, sistemas de drenaje y suelos. Las biorregiones de Venezuela, ubicación, clasificación climática, tipos de vegetación. Propuesta de clasificación de los sistemas ecológicos de Venezuela.

Clase 10: Los ecosistemas de Venezuela: Relaciones entre la variabilidad de las condiciones ambientales y la diversidad de ecosistemas del país. Propuestas de clasificación de los ecosistemas venezolanos. Principales ecosistemas venezolanos: ubicación, atributos estructurales y funcionales. La protección de ecosistemas a través de áreas bajo regímenes de administración especial.

3) FUNCIONAMIENTO DE ECOSISTEMAS BAJO ACCIÓN HUMANA

Clase 11: Perturbaciones: Conceptos. Aspectos que definen las perturbaciones, tipo, intensidad, duración, extensión y frecuencia. Tipos de perturbaciones. Consecuencias de las perturbaciones sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Regeneración de ecosistemas. Restauración de ecosistemas. Importancia. Aspectos de la teoría ecológica relacionados con la restauración de ecosistemas. Aspectos prácticos a considerar en la restauración ecológica.

Clase 12: Agroecosistemas: Diferencias entre ecosistemas y agroecosistemas. Propiedades emergentes de los agroecosistemas. Estructura y funcionamiento de agroecosistemas. Principales tipos de agroecosistemas. El enfoque agroecológico. Estrategias de manejo de la fertilidad. Indicadores de sustentabilidad. La transdisciplinariedad en el proceso de conversión agroecológica.

4) DEL ECOSISTEMA A LA ECOSFERA

Clase 13: Ecología global: El concepto de biosfera de Vernasky. La hipótesis Gaia. El papel de la biosfera en la homeostasis planetaria. La atmósfera como un sistema fuera del equilibrio. Historia de Gaia. El mundo de las margaritas. Los ciclos globales y como están siendo alterados. Respuesta de los ecosistemas al cambio global.



5) MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN EN ECOLOGÍA DE ECOSISTEMAS

Clase 14: ¿En qué consiste el modelado y la simulación? Breve historia del uso de los modelos en las ciencias ecológicas y ambientales. ¿Para qué sirve el modelado y la simulación? ¿Cuáles son las fases del proceso de modelizar y simular un sistema? ¿Qué es la dinámica de sistemas y cuáles son sus principales elementos?

IV. CONTENIDOS PRÁCTICOS

La parte práctica consta de tres tipos de actividades:

1) DISCUSIÓN CRÍTICA DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS. Se realizarán 5 sesiones de discusión, en cada sección se discutirá a fondo dos artículos científicos que previamente debe haber sido leído cuidadosamente por todos los participantes del módulo. El objetivo es profundizar en los temas teóricos a través del estudio de trabajos originales y al mismo tiempo lograr un entrenamiento en la lectura crítica de un artículo científico, detectando sus posibles fallas conceptuales y/o metodológicas, así como los aportes que realiza. El esquema para la discusión de los artículos es el siguiente:

1. ¿Cuál es la problemática?
2. ¿Realiza un análisis del conocimiento bibliográfico existente sobre el tema en cuestión en la introducción?
3. ¿Cuáles son los objetivos específicos?
4. ¿Qué metodología se utiliza? ¿Es correcta? ¿Permite cumplir los objetivos?
5. ¿Qué resultados se obtuvieron? ¿Es correcto el procesamiento realizado a los datos?
6. ¿La discusión es coherente y se soporta en sus resultados e información bibliográfica existente?
7. ¿A qué conclusiones llegan los autores? ¿Permiten los resultados del trabajo llegar a esas conclusiones?
8. Análisis crítico del trabajo. Es bueno o no, qué aportes realiza, qué fallas tiene.

2) RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS ECOSISTÉMICOS. Se entregará a los estudiantes una guía de ejercicios, los cuales se resolverán conjuntamente en las horas de práctica, previo intento de resolución por parte de los participantes. Estos ejercicios incluyen cálculos de nutrientes y agua disponible a partir de análisis de laboratorio, cálculos de balances de nutrientes y agua en base a la medición de algunos flujos, cálculos de tasas de descomposición, producción primaria, etc.

3) COMPONENTE DE MODELADO Y SIMULACIÓN DE ECOSISTEMAS Y AGROECOSISTEMAS. Se utilizará el programa Vensim, que es una plataforma sencilla para diseñar y correr modelos de simulación, para desarrollar modelos sencillos de los diferentes procesos del ecosistema.



El objetivo de este componente es aprender la utilidad de los modelos y la simulación como una herramienta de investigación en ecología. Al finalizar el curso se espera que los estudiantes:

- Comprendan las diferentes fases del proceso de modelación y simulación de un sistema
- Aprendan a utilizar Vensim, una herramienta para modelizar sistemas ecológicos utilizando dinámica de sistemas
- Obtengan las destrezas necesarias para construir y simular un modelo de mediana complejidad de procesos ecológicos.

Este componente constará de una clase teórica y cinco secciones prácticas con Vensim. Un antiguo proverbio chino reza: “*Lo que escucho olvido, lo que veo recuerdo, lo que hago comprendo*”. Por esta razón el énfasis del curso es en los ejercicios con el computador. Luego de una clase teórica donde se expondrán los conceptos y metodología fundamental, comenzaremos con las sesiones prácticas donde se irá desarrollando paso a paso el modelo completo de un ecosistema conceptual (tres secciones de modelización de los procesos ecosistémicos, una sección de chequeo del modelo realizado por cada estudiante y una sección final de consulta). Al final de cada sesión se debe entregar un breve reporte que resume las actividades llevadas a cabo en dicha sesión.

V. LECTURAS RECOMENDADAS

1) BÁSICA

Archibold, O. Ecology of world vegetation. Chapman & Hall.

Aber, J & Melillo, J. 1991. Terrestrial Ecosystems. Saunders College Publishing.

Chapin, F.S., Matson, P.A., Mooney, H. 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer.

Golley, F. 1993. A history of the Ecosystem Concept in Ecology: more than the sum of the parts. Yale University Press.

Lavelle, P., Spain, A. 2005. Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers. 653 p.

Likens, G. & Bormann, H. 1995. Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer-Verlag. Second edition.

Paul, E. & Clark, F. 1988. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press.

Sala, O., Jackson, R., Mooney, H., Howarth, R. 2000. Methods in Ecosystem Science. Springer-Verlag. Berlin.

Schultz, J. 1995. The ecozones of the world. The Ecological divisions of the Geosphere. Springer.

Swift, M., Heal, O. & Anderson, J. 1978. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. University of California Press.



2) COMPLEMENTARIA

- Aguilera, M., Azócar, A. y E. González. 2001. Venezuela: un país megadiverso. En: *Biodiversidad en Venezuela*, M. Aguilera, A. Azócar y E. González Jimenez (eds.), Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, FONACIT: pp. 1056-1107.
- Aide, M. T. y J. Cavelier. 1994. Barriers to Lowland Tropical Forest Restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2(4): 219-229
- Alexander, M. 1977. *Introduction to soil microbiology*. Second Edition. John Wiley & Sons.
- Altieri, M. A. 1987. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Westview Press, Boulder, Co. 227 p.
- Altieri, M. A. and M. Z. Liebman (eds.). 1988. *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. Book for CRC Uniscience Series. CRC Press, Boca Raton, Florida. 354p.
- Altieri, M. A. 1988. *Environmentally Sound Small Scale Agricultural Projects*. Vita. Mohonk Trust. 162p.
- Altieri, M. A. and S. B. Hecht (ed.). 1991. *Agroecology and Small Farm Development*. Boca Raton, FL. 262p.
- Anderson, J., Ingram, J. 1993. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. CAB International.
- Bazzaz, F. 1996. *Plant in changing environments*. Cambridge University Press.
- Bradshaw, A. D. 1983. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 20, 1-17
- Bradshaw, A. D. 1987. Restoration: an acid test for ecology. In Jordan III, W., Gilpin, M. E, and J. Aber (Eds.). *Restoration Ecology: A synthetic approach to ecological research*, Cambridge University Press. Pp. 23-30
- Benckiser, G. 1997. *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. Marcel Dekker, New York.
- Bergstrom, L. & Kirchmann, H. 1998. *Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems*. CAB International.
- Berroterán, J. L., Oropeza, E., García, R., López, D., Gómez, L. y M. Gutiérrez. 2004. *Sistema Ecológicos*. IN: *Reserva Forestal de Imataca: Ecología y bases técnicas para el ordenamiento territorial*. Berroterán, J. L. (Ed). Fundambiente Fondo Editorial. Pp 51-85.



- Bevilacqua, M. P., Cárdenas, L. y D. Medina. 2006. Las áreas protegidas de Venezuela. Empresas Polar, Ancoana UICN. 165p.
- Bormann, F. & Likens, G. 1979. Pattern and Process in a forested ecosystem. Springer-Verlag.
- Bourliere, F. (Ed.) 1983. Tropical Savannas. Elsevier.
- Brown, S. y A. E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111
- Brussaard, L. & Ferrera-Cerrato, R. 1994. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. Lewis Publishers.
- Capra, F. 1996. La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Anagrama.
- Clark, F. & Rosswall, T. 1981. Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletins 33.
- Clewell, A. y J. P. Rieger. 1997. What practitioners need from restoration ecologists. Restoration Ecology 5 (4): 350-354
- Cole, J., Findlay, S., Lovett, G. (Eds) 1990. Comparative analysis of ecosystems: patterns, mechanisms and theories. Springer-Verlag.
- Coleman, D. & Crossley, D. Fundamentals of Soil Ecology. Academic Press.
- Coleman, D., Oades, J., Uehara, G. 1989. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. University of Hawaii Press.
- Cresser, M., Killham, K., & Edwards, T. 1993. Soil chemistry and its applications. Cambridge University Press.
- Deleage, J.P. 1991. Histoire de l'écologie: une science de l'homme et de la nature. La Découverte. Está traducido al español.
- Flenley, J. 1979. The equatorial rain forest. Butterworths.
- Frontier, S & Pichod-Viale (1990) Ecosystemes: structure, fonctionnement, evolution. Masson.
- Gliessman, S. R., & Rosemeyer, M. (2010). *The conversion to sustainable agriculture: Principles, processes, and practices*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gliessman, S. R. (2007). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*. Boca Raton: CRC Press.

- Golley, FB (ed). 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia Press.
- Golley, FB (ed.) 1983. Tropical rain forest ecosystems. Structure and function. Elsevier.
- Harrinson, A., Ineson, P. & Heal, O. 1990. Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Field methods, application and interpretation.
- Hart, R. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE.
- Hernández-Valencia, I, Pérez. M y M. Lisena (En prensa). Calidad del suelo en áreas rehabilitadas de una mina de bauxita. *En: Desarrollo de estrategias para la recuperación de ecosistemas tropicales degradados*. Herrera, F. e. I. Herrera (Eds.). IVIC. Caracas.
- Hétier, JM., López, R. 2005. Tierras Llaneras de Venezuela. Editorial Venezolana.
- Huntley, B. & Walker, B. 1982. Ecology of tropical savannas. Springer-verlag.
- Jaimes, V., Sarmiento, L. 2002. *Ecotrópicos* 15(1): 59-72.16
- Jordan, C. (ed). Amazonian rain forest. Ecosystem disturbance and recovery. Springer-Verlag.
- Jordan, C. (ed). An amazonian rain forest. Man and the Biosphere Series. Unesco.
- Jorgensen, SE., Muller, F. (eds). 2000. Handbook of ecosystem theories and management. Lewis Publishers. 584 p.
- Lamotte, M. & Bourliere, F. (eds). Structure et fonctionnement des ecosystems terrestres. Masson.
- Lee, J., McNeill, S., Rorison, I. 1981. Nitrogen as an ecological factor. Blackwell Scientific Publications.
- Lieth, H. & Werger, MJ. (eds). 1989. Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies. Elsevier.
- Lieth, H. & Whittaker, R. 1975. Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag
- Lockie, S., & Carpenter, D. (2010). *Agriculture, biodiversity and markets: Livelihoods and agroecology in comparative perspective*. London: Earthscas
- Lovelock, J. 1988. The ages of Gaia: a biography of our living earth. The commonwealth fund program.
- Lowrance, R. et al. (eds). 1983. Nutrient cycling in agricultural ecosystems. The University of Georgia.

- Lowrance, R. et al. (eds). 1984. Agricultural Ecosystems. Unifying concepts. Wiley & Sons.
- Lüttge, U. 1997. Physiological ecology of tropical plants. Springer-verlag.
- Magdoff, F. Weil, R.R. (eds) 2004. Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press. 398 p.
- MARNR. 2001. Estrategia nacional sobre diversidad biológica y su plan de acción. Oficina Nacional de Diversidad Biológica. 135p
- Melillo, J., Field, C., Moldan, B. (eds). 2003. Interactions of the major biogeochemical cycles. Global Change and Human Impacts. 357 p.
- Mitchell, M. & Nakas, J. 1986. Microfloral and faunal interactions in natural and agro-ecosystems. Martinus nijhoff.
- Michener, W. K. 1997. Quantitatively evaluating restoration experiments: Research, design, Statistical analysis, and data management considerations. Restoration Ecology 5(4): 324-337.
- Mooney, H. & Godron, M. 1983. Disturbance and ecosystems. Springer-Verlag.
- Montilla, M., Monasterio, M., Sarmiento, L. 2002. Ecotrópicos 15(1): 73-82
- Mosier, A, Syers, JK., Freney, JR. (Eds). 2004. Agriculture and the nitrogen cycle. Assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment. Island Press. 296 p.
- Morales, J., Sarmiento, L. 2002. Ecotrópicos 15(1): 97-108.
- Pickett, S.T.A. & P.S. White. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York
- Pomeroy, L. & Alberts, J. 1998. Concepts of ecosystem ecology. Springer-Verlag.
- Richards, B.N. 1987. The microbiology of terrestrial ecosystems. Longman.
- Roy, J., Saugier, B., Mooney, H. 2001. Terrestrial global productivity. Academic Press.
- Sarmiento, G. 1984. Los ecosistemas y la Ecosfera. Blume.
- Sarmiento, G. 1984. The ecology of neotropical savannas. Harvard University Press.

- Sarmiento, L., Llambí, LD., Escalona, A., Marquez, J. 2003. *Plant Ecology* 166: 63-74.
- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. 1996. *Methods in soil biology*. Springer. Berlin.
- Schulze, E., & Mooney, H. 1994. *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer-Verlag.
- Shugart, H. 1998. *Terrestrial ecosystems in changing environments*. Cambridge University Press.
- Smith, T., Shugart, H., Woodward, F. 1997. *Plant functional types, their relevance to ecosystem properties and global change*. International Geosphere-Biosphere Programme Book Series.
- Snaydon, R. (ed). 1987. *Managed grasslands. Analytical studies*. Elsevier.
- Sousa, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Stevenson, F. 1986. *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. Wiley.
- Sutton, SL et al. (eds). 1983. *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell.
- Tohill, J. & Mott, J. (eds). 1985. *Ecology and management of the world's savannas*. Australian Academy of Science.
- Uhl C, C Jordan, K Clark, H Clark & R Herrera. 1982. Ecosystem recovery in Amazon caatinga forest after cutting, cutting and burning, and bulldozer clearing treatments. *Oikos* 38: 313-320.
- UNESCO. 1978. *Tropical Forest Ecosystems*. Unesco
- UNESCO. 1979. *Tropical grazing lands ecosystems*. Unesco.
- Vitousek, P. 2004. *Nutrient Cycling and limitation. Hawai'i as a model system*. Princeton University Press.
- Vogt, K et al. 1997. *Ecosystem: Balancing science with management*. Springer.
- Walker, L. del Moral, R. 2003. *Primary succession and ecosystem rehabilitation*.
- West, N. (Ed). 1978. *Nitrogen in desert ecosystems*.
- Whitmore, T. 1990. *An Introduction to tropical rain forest*. Clarendon Press.
- Wood, M. 1989. *Soil Biology*. Chapman & Hall. New York.

Woomer, P. & Swift, M. The biological management of tropical soil fertility. Wiley.

3) COMPONENTE DE MODELIZACIÓN

Acevedo, Miguel F. 2004. Simulation of Ecological and Environmental Models. XanEdu OriginalWork.

Deaton Michael y F. Wineabreake. 1999. Dynamic Modeling of Environmental Systems. Springer Verlag.

Ford, Andrew. 1999. Modeling the Environment. Islad Press. Portal del libro:
<http://www.wsu.edu/forda/AAOpen.html>

Haefner, James W. 2005. Modeling Biological Systems. Segunda Edición. Springer.

Jorgensen, S.E y F. Bendoricchio. 2001. Fundamentals of Ecological Modelling. Elsevier, 2001.

Vensim. www.vensim.com/

Wainwright J. y M. Mulligan. 2004. Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity. John Wiley & Sons, Ltd.

4) LISTA DE ARTÍCULOS A DISCUTIR

Sesion 1: Producción primaria

- 1) Ruimy, A., Saugier, B. 1994. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal of Geophysical Research* 99: 5263-5283.
- 2) Sarmiento, G. Pinillos, M., Garay, I. 2005. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *Ecotrópicos* 18(1): 1-20.

Sesión 2: Ciclado de nutrientes y Agroecología.

- 3) Machado, D., Sarmiento, L., Gonzalez-Prieto, S. 2010. The use of organic substrates with contrasting C/N ratio in the regulation of nitrogen use efficiency and losses in a potato agroecosystem. *Nutr Cycl Agroecosystems*, doi 10.1007/s10705-010-9366-4.
- 4) Hernández-Hernández, R., Morros, M.E., Bravo, C., Lozano, Z., Herrera, P., Ojeda, A., Morales, J. y Birbe, B. 2011. La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabana. *Interciencia*, 36(2): 104-112.



Sesión 3: Ciclado de nutrientes

- 5) Tanner, E.V.J., Kapos, V., Franco, W. 1992. Nitrogen and phosphorus fertilization effects on Venezuelan montane forest trunk growth and litterfall. *Ecology* 73(1): 78-86.
- 6) Cerri, CEP., Easter, M., Paustian, K., Killian, K., Coleman, K., Bernoux, M., Falloon, P., Powlson, DS., Batjes, NH., Milne, E., Cerri, CC. 2007. Predicted soil organic carbon stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2007.01.008.

Sesión 4: Descomposición y Modelización

- 7) Couteaux, MM., Sarmiento, L., Bottner, P., Acevedo, D., Thiery, J.M. 2002. Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (65-3968 m) in the tropical Andes. *Soil Biology and Biochemistry* 34:69-78.
- 8) Pansu, M., Sarmiento, L., Rujano, M.A., Ablan, M., Acevedo, D., Bottner, P. 2010. Modeling organic transformations by microorganisms of soil in six contrasting ecosystems: Validation of the MOMOS model. *Global Biogeochemical cycles* 24 (GB1008), 1-19.

Sesión 5: Dinámica de ecosistemas

- 9) Schmitz, M., Yuste, P., Bermudez, F., Pineda, F. 1989. Microorganisms of carbon and nitrogen cycles: variation during succession in a Mediterranean pasture. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 26: 371-389.
- 10) Lavelle, P., Pashanasi, B. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiología* 33:283-291.