

Una aproximación de la gestión ambiental para la predicción de áreas inundables en el piedemonte amazónico, usando agentes naturales por medio de la computación bioinspirada

Edwin Eduardo Millán Rojas

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Universidad de la Amazonia,
Bogota, Florencia, Cundinamarca, Caqueta, Colombia, edwineduardomillan@gmail.com

Jose Nelson Perez Castillo

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota, Cundinamarca, Colombia, jnperezc@gmail.com

ABSTRACT

The Amazon region especially the Amazon piedmont, which belongs to the department of Caquetá, in the Municipality of Florence study area is located in south-eastern Colombia and northwest of the Amazon region between $00^{\circ} 42'17''$ south latitude and $02^{\circ} 04'13''$ north latitude and $74^{\circ} 18'39''$ and $79^{\circ} 19'35''$ west longitude, representing 7.79 % of the territory. research aims to develop an approach to environmental management Amazon piedmont from the bio-inspired high-performance computing for flood prediction, in the basins of the tributaries of the Amazonian foothills WATER, for which the characterization is done through the systemic approach in handling systems for environmental management, in order to define a bio-inspired model, which allows to integrate the bio-inspired computing with natural behavior for the realization of applications that contribute to the prevention of disasters on the banks of the watershed.

Keywords: Environmental management, bio-inspired computing, Amazon Piedmont, Grid Computing.

RESUMEN

La región amazónica en especial el piedemonte amazónico, el cual le corresponde al departamento del Caquetá, en el Municipio de Florencia el área de estudio, está ubicado en el sur-oriente de Colombia y al noroeste de la región amazónica entre los $00^{\circ}42'17''$ de latitud sur y $02^{\circ}04'13''$ de latitud norte y los $74^{\circ}18'39''$ y $79^{\circ}19'35''$ de longitud oeste, representando el 7.79% del territorio colombiano. La investigación tiene como propósito desarrollar una aproximación de la gestión ambiental del piedemonte amazónico desde la computación bioinspirada de alto desempeño para la predicción de inundaciones en las cuencas de los afluentes hídricos del piedemonte amazónico, para lo cual se realizará la caracterización mediante el enfoque sistémico de los sistemas en el manejo de la gestión ambiental, con el propósito de definir un modelo bioinspirado, que permita integrar la computación bioinspirada con el comportamiento natural, para la realización de aplicaciones que contribuyan a la prevención de desastres en las riveras de las cuencas hidrográficas.

Palabras claves: Gestión Ambiental, computación bioinspirada, Piedemonte Amazónico, Computación Grid

1. INTRODUCCION

En los últimos años se ha evidenciado un deterioro en los recursos naturales (Veyrunes, E., 2008), provocados por años y años de explotación sin conciencia ambiental, esto llama la atención de los gobiernos locales y nacionales a establecer políticas para la conservación y prevención del uso indiscriminado de estos (Sinchi 2007), la región amazónica no ha sido ajena a esta depredación, a pesar que los niveles de desarrollo no han llevado a un deterioro

profundo es necesario realizar todos los esfuerzos para la conservación de esta zona rica en biodiversidad. Por lo anterior en múltiples encuentros se han definido estrategias para la conservación de los recursos naturales y se ha creado un aparato gubernamental para llevar a cabo esta tarea, partiendo de la recolección de información de los diferentes ecosistemas que componen la región amazónica, uno de ellos es el piedemonte amazónico, ubicado en la proximidad de la cordillera central, donde para el caso de estudio del presente proyecto, se encuentra ubicado en el municipio de Florencia en el departamento del Caquetá.

El desarrollo de iniciativas para la conservación ha llevado a la realización del sistema de información ambiental en Colombia, al igual que iniciativas regionales con el propósito de registrar la mayor cantidad de información (López Bernal O. & Camelo A., 2011), pero esto no es suficiente a la hora de procesar, capturar y almacenar la información de una de las regiones más ricas en biodiversidad del mundo, por lo cual es necesario definir un modelo que permita usar las características de la naturaleza que nos lleva años de experiencia en poder auto reconstruirse, para poder afianzar una solución desde la computación bioinspirada y generar soluciones informáticas que ayuden a predecir desastres como las inundaciones en las poblaciones de esta zona. Lo primero que se buscara es conocer desde el enfoque sistémico como se puede abordar la complejidad de los sistemas naturales entendiendo que es imposible abordar todo el sistema de una sola vez, para lo cual se propone la construcción de un modelo que permita crecer a la medida que se desarrollen las iniciativas de orden local involucrando a la sociedad con el uso de estas herramientas.

Por último se validara el modelo en un contexto controlado en la zona de estudio establecida en el centro del piedemonte amazónico, esto permitirá hacer una valoración inicial para luego liberar el modelo y que se pueda usar para la conservación de las riquezas naturales.

2. REFERENTES TEORICOS

2.1. Aproximación de la Gestión ambiental. Una visión del desarrollo de los sistemas de información lo podemos encontrar en *Vargas R. D., (2012)*, en realidad, es un resumen sobre los Sistemas de Información Ambiental (SIA) en los países de la Comunidad Andina. Como se podrá leer, no es algo reciente, puesto que empiezan a desarrollarse en experiencias nacionales a mediados de la década del 90 SNIA en Bolivia (*Navarro G., 2011*), SIAC en Colombia, SIAMBIENTE en Ecuador y SINIA en el Perú. Un elemento común a estas iniciativas nacionales es la sistematización y la facilitación del acceso, la distribución y el intercambio de la información con miras a apoyar los procesos de gestión ambiental.

Algunos autores como (*Amaya C. & Francisco A., 2009*), (*López Bernal O. & Camelo A., 2011*), (*Reyes Rodríguez, J. F., 2011*), parten del reconocimiento de la existencia de experiencias nacionales para fortalecer los procesos de gestión de información sobre biodiversidad y medio ambiente; sin embargo, hay otros autores que manifiestan: “existen problemas relacionados con el manejo de la información, la difusión, el reconocimiento de las fuentes de información, así como la ausencia de políticas de acceso, uso e intercambio de información” (*Galindo, P. & Quiñonez, L., 2012*).

Para *Guhl Nannetti, E. (2012)*, el escenario más conveniente debería priorizar la sostenibilidad de la región mediante la aplicación simultánea y racional de todas las formas de desarrollo posibles. La cuenca del río Amazonas es compartida por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú (*IIAP, 2004*), con una extensión de 2,1 millones de kilómetros cuadrados. En “Biodiversidad y cambio climático en los Andes: importancia del monitoreo y el trabajo regional”, la biodiversidad es uno de nuestros recursos más vulnerables en escenarios de cambios ambientales globales (*García H.A., 2006*), (*Cendales, M.H. & Becerra M. T., 2012*). “Colombia presenta una alta variedad biológica por lo que es considerado el segundo país megadiverso del mundo, albergando cerca del 10% de biodiversidad del planeta. A nivel de especies, es considerada la primera nación en anfibios y aves, la segunda en diversidad de plantas, la tercera en reptiles, la cuarta en cuanto a grupos taxonómicos, y la quinta en mamíferos” (*Zárate, C. & Ahumada, C., 2008*).

2.2 Computación Bioinspirada. El concepto general pero que reúne los aspectos importantes de la computación bioinspirada lo podemos resumir como el “desarrollo de sistemas artificiales inspirados por conceptos, principios y mecanismos propios de sistemas naturales” (González, F.A. 2008). Esta área del conocimiento también se conoce como Computación natural, Computación flexible o Inteligencia computacional. El proceso de la computación bioinspirada se puede resumir en la observación del sistema natural, la construcción de un modelo representativo de ese sistema, la inclusión de teorías y herramientas computacionales para obtener un sistema artificial basado en el comportamiento del sistema natural (Cabrera E., et al, 2011). Existen múltiples desarrollos en esta área del conocimiento pero sus principales líneas de investigación son: Neuro-computación (Suzuki J. & Suda T., 2005), Computación evolutiva (Bongard J., Abril, 2009), Inteligencia colectiva de enjambre (Attiratanasunthron N & Fakcharoenphol J. 2008), (Neumann F, Witt C 2010), Sistemas inmunológicos artificiales, Vida artificial (Sasitharan B., et al, 2006), Computación molecular y Agentes inteligentes (H. V. D. Parunak, 2010). Como podemos observar no se hace referencia a la gestión ambiental como un espacio para generar soluciones bioinspiradas en la computación proporcionando esto una oportunidad para generar nuevo conocimiento desde la combinación de los elementos ambientales y la computación bioinspirada.

2.3 Computación de alto desempeño. La computación de alto desempeño hoy en día busca optimizar los recursos proporcionando la capacidad de procesar y almacenar por encima de los computadores ordinarios o servidores (Aguilar G.C., 2006), existen muchos ejemplos de cómo al unir múltiples computadores se logra mejora el procesamiento y almacenamiento un ejemplo de esto es el proyecto SETI de la nasa (Seti, 2013), otra forma es a través de la grid computing (Aguilar G.C.,2006), (Gridforum, 2011),(Webdatagrid, 2011), una red de supercomputadores administradas por un middleware (Sotomayor B. & Childers L., 2005) el cual busca optimizar los recursos dentro de la red y encontrar los nodos que posean recursos disponibles (Sotomayor B. & Childers L., 2005), este tipo de red todavía se encuentra en diferentes niveles comercial, privada y/o pública, en las cuales empresas o usuarios locales pueden participar (Gridcafé, 2013).

El desarrollo de los proyectos Grid en estados Unidos, ejemplo de ello cabe citar PDG y GriPhyN (Física de Partículas), DOE ScienceGrid, Earth System Grid (meteorología), Fusión Collaboratory (fusión nuclear), NEESgrid (simulación para el estudio de los terremotos) así como un centro de soporte Grid del NSF. El International Virtual Data Grid Laboratory (iVDGL) y el proyecto TeraGrid, que unirá cuatro centros USA de supercomputación a 40 Gbps, son dos de los más relevantes. EEUU: NASA Information Power Grid, DOE Science Grid, NSF National Virtual Observatory, NSF GriPhyN, DOE Particle Physics Data Grid, NSF TeraGrid, DOE ASCI Grid, DOE Earth Systems Grid, DARPA CoABS Grid, NEESGrid, DOH BIRN,NSF iVDGL. EUROPA: EGEE (CERN,...), DataGrid (CERN,...), EuroGrid (Unicore), DataTag (CERN,...), Astrophysical Virtual Observatory, GRIP (Globus/Unicore), GRIA (Aplicaciones industriales), GridLab (Cactus Toolkit), CrossGrid (Componentes de infraestructura), EGSO (Física Solar), UK e-Science Grid.

El modelo de Cloud Computing surge como una iniciativa de servicios y rápidamente se traslada a nivel comercial para ofrecer servicios de cómputo accesible a quienes puedan cancelar tarifas bajas por su servicio, este modelo le permite a usuarios especializados desarrollar aplicaciones que puedan ser consumidas desde dispositivos móviles, portales web entre otras aplicaciones, requiere el uso de internet y está contemplada para garantizar siempre el uso de la aplicación, permitiendo tener un grado de confiabilidad medio alto de las aplicaciones que hay se alojen. Ejemplos de estas plataformas los podemos encontrar en amazon.com y Microsoft azure.com. En la actualidad y como se referenciaba en la parte inicial del marco teórico relacionado con la gestión ambiental existen desarrollos participativos a través de sistemas de información nacional y regional consolidando la información recolectada en el medio, presentando una demora en el procesamiento de datos por no poder tomarlos en tiempo real y requerir un procesamiento previo y un análisis humano posterior a su recolección.

3. MODELO PROPUESTO

Se presenta una iniciativa para integrar los desarrollos tecnológicos que apoyan a la gestión ambiental en la gestión de la información, se ha encontrado que el principal limitante en la toma de decisiones es el tiempo de procesamiento que se debe realizar para generar escenarios que aporten a la solución de un problema ambiental, por lo cual esto genera una cadena de retrasos en la consecución y aprobación de los recursos necesarios para abordar la solución del problema, llegando incluso a tomar la decisión cuando ya no se pueden revertir los daños ocasionados.

3.1 Elementos del Modelo. Las partes del modelo planteado se describen a continuación, esta descripción se hará en la implementación de una parte del complejo mundo de la gestión ambiental para esto vamos a abordar el problema de las inundaciones:

- **Categoría.** Se ha dividido la gestión ambiental en cuatro grandes categorías para la presente propuesta 1. Hidrografía, 2.Suelos, 3.Cambio climático y 4. Flora y Fauna, inicialmente vamos a abordar la categoría hidrografía tocando el tema de los afluentes y los deterioros que estos sufren por la influencia humana lo que lleva a uno de los problemas más comunes en todas las poblaciones las inundaciones.
- **Problema.** Determinar las áreas inundadas a partir de la cantidad de lluvia que cae en la quebrada la perdiz en el municipio de Florencia Caquetá Colombia
- **Clasificador de entidades.** Es el modulo que se encarga de definir el comportamiento de las entidades involucradas en el problema y caracteriza cada entidad
- **Agentes naturales.** A partir de las entidades determinadas se definen los agentes con características propias que pueden ser modelados en el sistema y que ayudaran a encontrar la solución al problema planteado los elementos propuestos para el agente son:

Función del Agente, Función o variable autónoma del Agente, Variable aleatoria propia, Variable del entorno, Memoria y tiempo de vida del Agente (Ver Figura 1).

- **Ecosistema.** Es un ambiente simulado donde los agentes interactúan para buscar una solución al problema

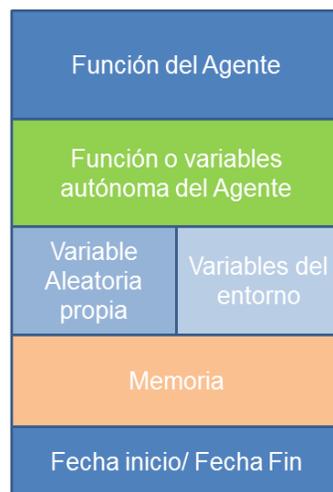


Figura 1. Estructura propuesta para un agente natural

3.2 Caso de estudio. Determinar las áreas inundadas a partir de la cantidad de lluvia que cae en la quebrada la perdiz en el municipio de Florencia Caquetá Colombia

3.3 Funcionamiento del Modelo. Al abordar el problema planteado encontramos las siguientes entidades:

Quebrada, área, caudal, agua, tomamos la de mayor relevancia y la que agrupa otras entidades en este caso la quebrada. A esta entidad procedemos a caracterizarla encontrando las siguientes variables Área, altura, caudal, pluviosidad y pendiente.

Una vez identificadas las características generales de la entidad se procede a la elaboración del agente que toma esas características y se plasman en funciones:

- Función del agente. Se define como la función del caudal del elemento a tratar
- Función Autónoma del Agente. Se definirá como la función de desbordamiento
- Variable aleatoria. Se determinara por un ramdon.
- Variable del entorno. Para la demostración solo se tomara la pluviosidad
- Se determinara una fecha de inicio y una de fin para darle el tiempo de vida del agente.

Realizado el agente se libera en un ecosistema en este caso de estudio la cuenca de la quebrada, con el propósito de que cumpla su función y sea alterado por su función autónoma la cual es influenciada por la variable del entorno.

4. RESULTADOS

Analizando los resultados de forma lineal encontramos un comportamiento de varios agentes los cuales asumieron diferentes tramos de la quebrada en este caso de estudio se crearon 10 agentes los cuales representan 10 tramos de la cuenca de la quebrada la perdiz, analizando de forma individual encontramos el siguiente comportamiento:

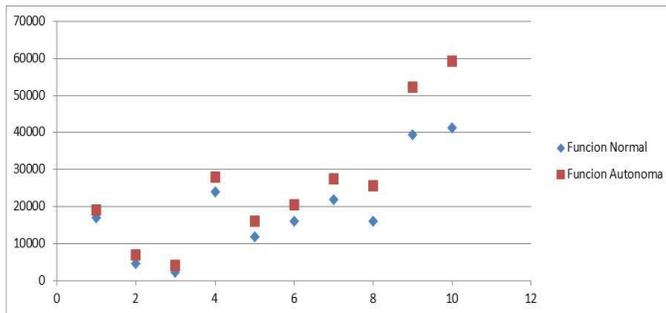
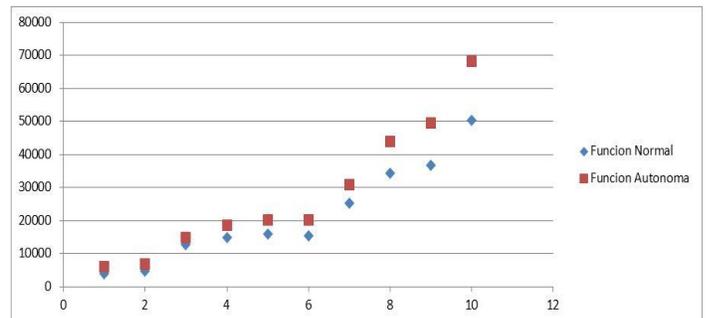


Figura 2. Escenario uno sin memoria

Figura 3. Escenario dos sin memoria



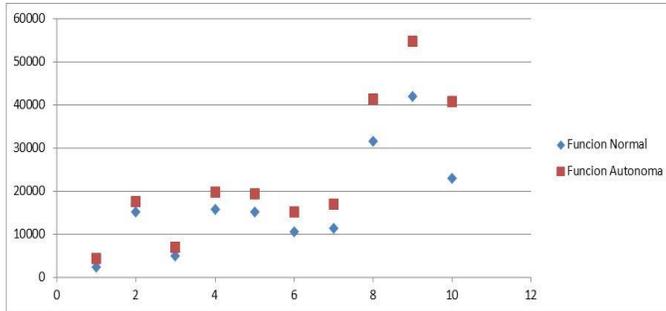


Figura 4. Escenario tres sin memoria.

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran una prueba de 3 escenarios, pero se realizó el mismo ejercicio alrededor de 100 veces encontrando un comportamiento de la quebrada que se repetía y que los agentes reflejan asumiendo comportamientos inesperados pero el patrón se repite en la diferencia de la función normal y la función autónoma la cual siempre está por encima de la primera. Cuando interactúan los agentes con el componente de memoria se encontró el siguiente comportamiento:

Figura 5. Escenario uno con memoria

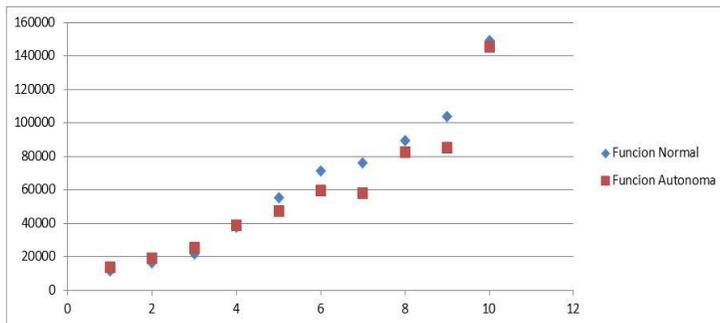
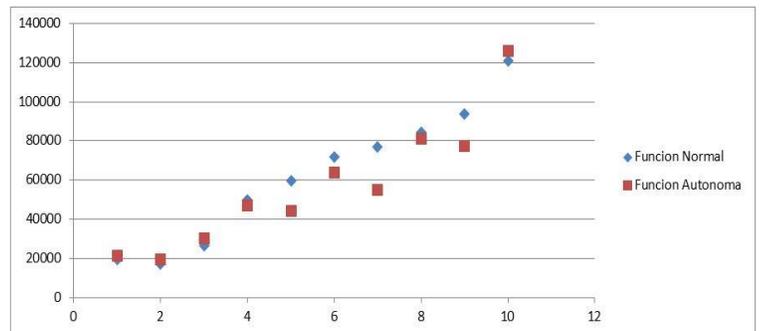
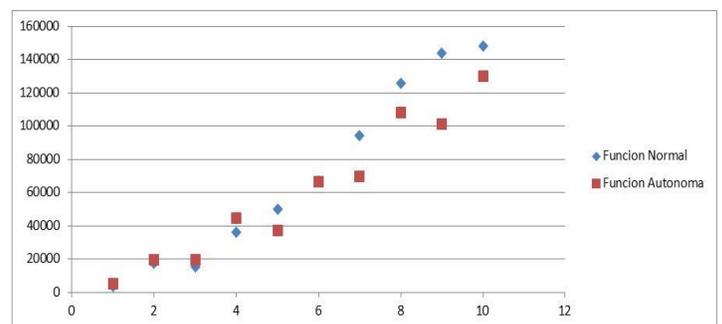


Figura 6. Escenario dos con memoria

Figura 7. Escenario tres con memoria



Al analizar este nuevo comportamiento encontramos que los agentes cuando graban el comportamiento del agente anterior se comportan de forma diferente llegando a generar nuevos comportamientos en el área de la influencia de la inundación.

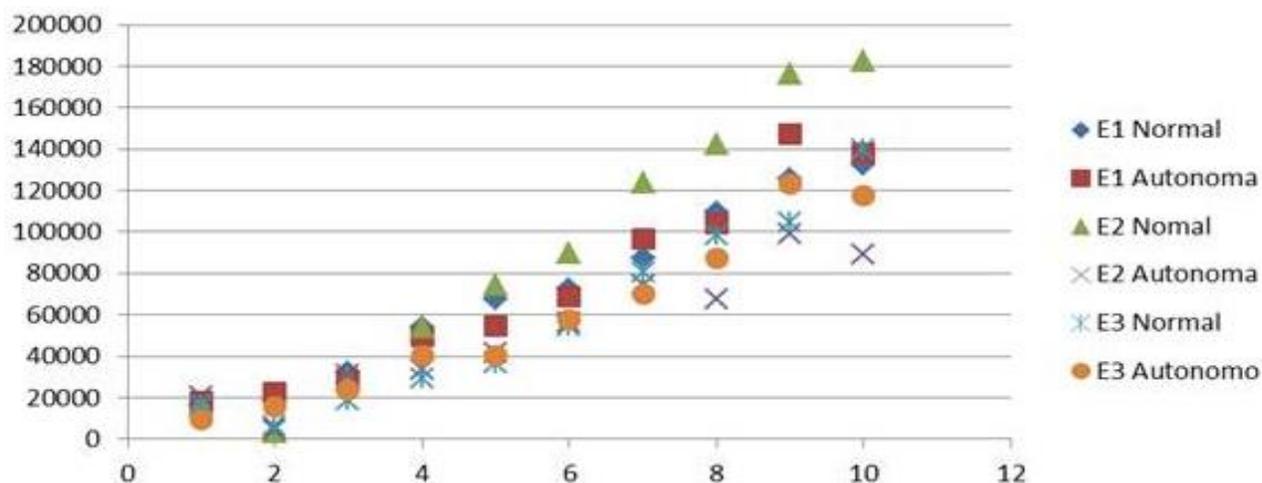


Figura 8. En la convergencia de los escenarios observamos el área de influencia de la inundación

REFERENCES

- Agenda Ambiental Andina (2012-2016). Guía las acciones de carácter subregional de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú en materia de biodiversidad, cambio climático y recursos hídricos.
- Aguilar G.C., (2006). Trabajo final de aplicación grid computing para cálculo intensivo, Licenciatura en Sistemas de Información Corrientes, (pp. 64) Argentina.
- Alvira Martín, F. (1993). "Perspectivas cualitativas-perspectivas cuantitativas en la metodología sociológica". En Revista Española de Investigaciones Sociológicas. n° 22. 1983. Págs. 53-76
- Asner G, Powell GVN, Mascaro J, Knapp DE, Clark JK, Jacobson J, Kennedy-Bowdoin T, Balaji A, Paez-Acosta G, Victoria E, Secada L, Valqui M, Hughes RF. (2010). High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(38):16738-16742.
- Attiratanasunthron N & Fakcharoenphol J. (2008). "A running time analysis of an ant colony optimization algorithm for shortest paths in directed acyclic graphs". 88–92.
- Baspineiro A. C. (2012). "Gestión Ambiental para la vida". Revista de la Integración: Gestión Ambiental en los Países de la Comunidad Andina, No. 9, ISSN 1999-236X, presentación.
- Boiral O. (2002), "Tacit Knowledge and Environmental Management", *Long Range Planning* 35 (2002) 291-317.
- Bongard J. Abril (2009), "Biologically Inspired Computing Evolutionary algorithms and robotics hold great promise as integrated design and modeling tolos", University of Vermont .
- Cabrera E, Galindo G, Vargas D. (2011). Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia, Nivel Nacional, Escala Gruesa y Fina. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 42 p.
- Castillo Escobar C. (2012). Comercio, transporte y cambio climático ¿Existe una relación evidente?, Proyecto regional de Energía y Clima, Fundación Friedrich Ebert, FES-ILDIS, ISBN: 978-9978-94-132-4, Policy Paper
- Cendales, M.H. & Becerra M. T. (2012). Uso sustentable de la biodiversidad: Avances en la promoción del uso sostenible y el comercio de la biodiversidad, Revista de la integración No 9, ISSN 1999-236X. p 118.

- García H.A. (2006). Política Ambiental Municipal [en línea] Grupo Académico Multidisciplinario Ambiental, de la Universidad Autónoma de Zacatecas [Disponible en: <http://cij.reduaz.mx/gama/publicaciones.htm>]
- Galindo, P. & Quiñonez, L., (2012). "Gestión Integral de la Información sobre Biodiversidad: Herramienta de Integración Subregional". Revista de la Integración: Gestión Ambiental en los Países de la Comunidad Andina, No. 9, ISSN 1999-236X p. 58-67.
- González, F.A. (2008). Computación Bio-Inspirada, Departamento de Ing. de Sistemas e Industrial Universidad Nacional de Colombia, tomado de <http://www.dis.unal.edu.co/~fgonza/courses/2008II/BI/compBioinspirada.pdf> en febrero de 2013.
- Guhl Nannetti, E. (2012). De la vorágine a la tierra de promisión: Notas sobre visiones, valoración y contexto internacional de la Amazonia, Revista de la integración No 9, ISSN 1999-236X. p 83.
- Hajek F, Ventresca MJ, Scriven J, Castro A. (2011). Regime-building for REDD+: Evidence from a cluster of local initiatives in southeastern Peru. Environmental Science & Policy 14(2):201-215.
- H. V. D. Parunak (2010). Pheromones, Probabilities, and Multiple Futures 11th International Workshop on Multi-Agent Based Simulation, Toronto, Canada.
- H. V. D. Parunak and S. A. Brueckner (2010). Multi-Perspective, Multi-Future Modeling and Model Analysis. the International Conference on Cross-Cultural Decision Making (ICCDM 2010), pages (forthcoming), Taylor and Francis, Miami, FL.
- H. V. D. Parunak (2010). Generation and Analysis of Multiple Futures with Swarming Agents. In Proceedings of the International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2010), Toronto, Canada, pages forthcoming, IFAAMAS.
- IIAP (2004), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana SIAMAZONÍA. Serie IIAP – BIODAMAZ. Documento Técnico No. 02. Iquitos, 79 pp.
- López Bernal O. & Camelo A. (2011). La Sustentabilidad Urbana. Una Aproximación a la Gestión Ambiental en la Ciudad, Universidad del Valle - Sede Meléndez, ISBN: 9789586706650.
- Navarro G. (2011). Clasificación de la Vegetación de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. 713 p.
- Neumann F, Witt C (2010). Ant colony optimization and the minimum spanning tree problem. Theoretical Computer Science 411(25):2406–2413.
- Neumann F, Witt C (2009). "Runtime analysis of a simple ant colony optimization algorithm". Algorithmica 54(2):243–255.
- Orjuela W. L. & Rey Anacona Ó. (2010). Análisis a las dinámicas de los actores locales en el departamento del Amazonas, Novaetvetera Políticas públicas y derechos humanos.
- Sasitharan B., Barrett K., Donnelly W. & Strassner J. (2006), "Bio-inspired Policy Based Management (bioPBM) for Autonomic Communications Systems", Proceedings of the Seventh IEEE.
- Sinchi (2007). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi Balance Anual sobre el Estado de los Ecosistemas y el Ambiente de la Amazonía Colombiana, Sinchi. Bogotá, 240 pp.
- Seti (2013). Proyecto de la nasa para buscar vida extraterrestre, tomado de la página http://www.tudiscovery.com/alienplanet/alternate/nasa_seti/ el 24 de septiembre de 2013.
- Sotomayor B. & Childers L., (2005). Globus® Toolkit 4: Programming Java Services, ed. Morgan Kaufmann Publishers. ISBN: 0123694043.
- Suzuki J. & Suda T. (2005), "A Middleware Platform for a Biologically Inspired Network Architecture Supporting Autonomous and Adaptive Applications", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 23, no. 2, February 2005, pp. 249 – 260.
- Turner B. (2010). Sustainability and forest transitions in the southern Yucatán: The land architecture approach. Land Use Policy 27(2):170-179.
- Van D. & Chris, (2011), La Gestión Social como Herramienta para la Reducción de Presiones a los Ecosistemas Forestales Andinos. Serie Investigación y Sistematización No. 27, Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, Quito.
- Vargas R. D., (2012). Sistemas de información ambiental en la Comunidad Andina: una breve reseña, Revista de la integración No 9, ISSN 1999-236X. pp 26-30.

Veyrunes, E. (2008). “Las amenazas percibidas para la Amazonia: un estado del arte en términos de seguridad ambiental”. Documento de investigación.

Zárate, C. & Ahumada, C. (2008). Fronteras en la globalización: Localidad, biodiversidad y comercio en la Amazonia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.