

ESTRATEGIAS DE AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LA CUENCA DEL RÍO DAULE. *Azolla Anabaena* nuevo paradigma de la agricultura, ganadería, salud, ambiente y economía en la perspectiva del Ecosistema Guayas Conocimiento Tropical



CADS Centro del Agua y Desarrollo Sustentable



Escuela Superior Politécnica del Litoral

26 marzo 2012

Mariano Montaña Armijos, Ph. D.

Conocimiento

La humanidad enfrenta en la actualidad el impostergable desafío de generar conocimiento para proveerse de alimentos, salud, energía y bienes útiles. El conocimiento ha dado origen a todos los productos, aplicaciones tecnológicas e incluso modos de vida de la humanidad.

En la actualidad se reconoce, de modo cada vez más generalizado, que el conocimiento y el saber se han consolidado como las fuentes principales de creación de riqueza en la sociedad (Boruchowicz et al., 2005); que la prosperidad económica descansa desde hace tiempo en el conocimiento y su aplicación útil (Teece, 1998); o que el conocimiento es el principal factor de la producción, y los activos financieros y maquinarias son simplemente vehículos del conocimiento (Alama, 2009).

“Conocimiento” a esta fecha en el buscador Google reproduce 135 millones de citas y en inglés “knowledge” 1 330 millones; en contraposición “conocimiento tropical” y “tropical knowledge” arrojan tan solo 121 y 9 100 citas respectivamente.

Ecosistema Guayas. Conocimiento tropical

Ecosistema Guayas es el representativo ámbito tropical situado entre los paralelos 0° 6' y 3° 59' sur y entre los meridianos 78° 42' y 81°00'30'' oeste (Figura 1), que abarca el Golfo de Guayaquil y 24 cuencas hidrográficas relacionadas, en una extensión de 87347 km² que representa alrededor del 31 % del territorio del Ecuador. Las cuencas más importantes incluyen las de los ríos Guayas, Jubones, Puyango, Cañar, Taura y Naranjal. Además, destacan en este ambiente, el Golfo de Guayaquil, la Cuenca del Río Guayas, el Estuario del Río Guayas y la ciudad de Guayaquil (Montaña, 2010).

Existe una particularidad exclusiva del Ecosistema Guayas. Se trata de conocimiento tropical. La mayoría de utiliza actualmente la humanidad se deriva de conocimientos originados en zonas templadas. El conocimiento tropical se encuentra aún en incipiente desarrollo, brindando oportunidades únicas, en este campo, a los trópicos y a la humanidad.

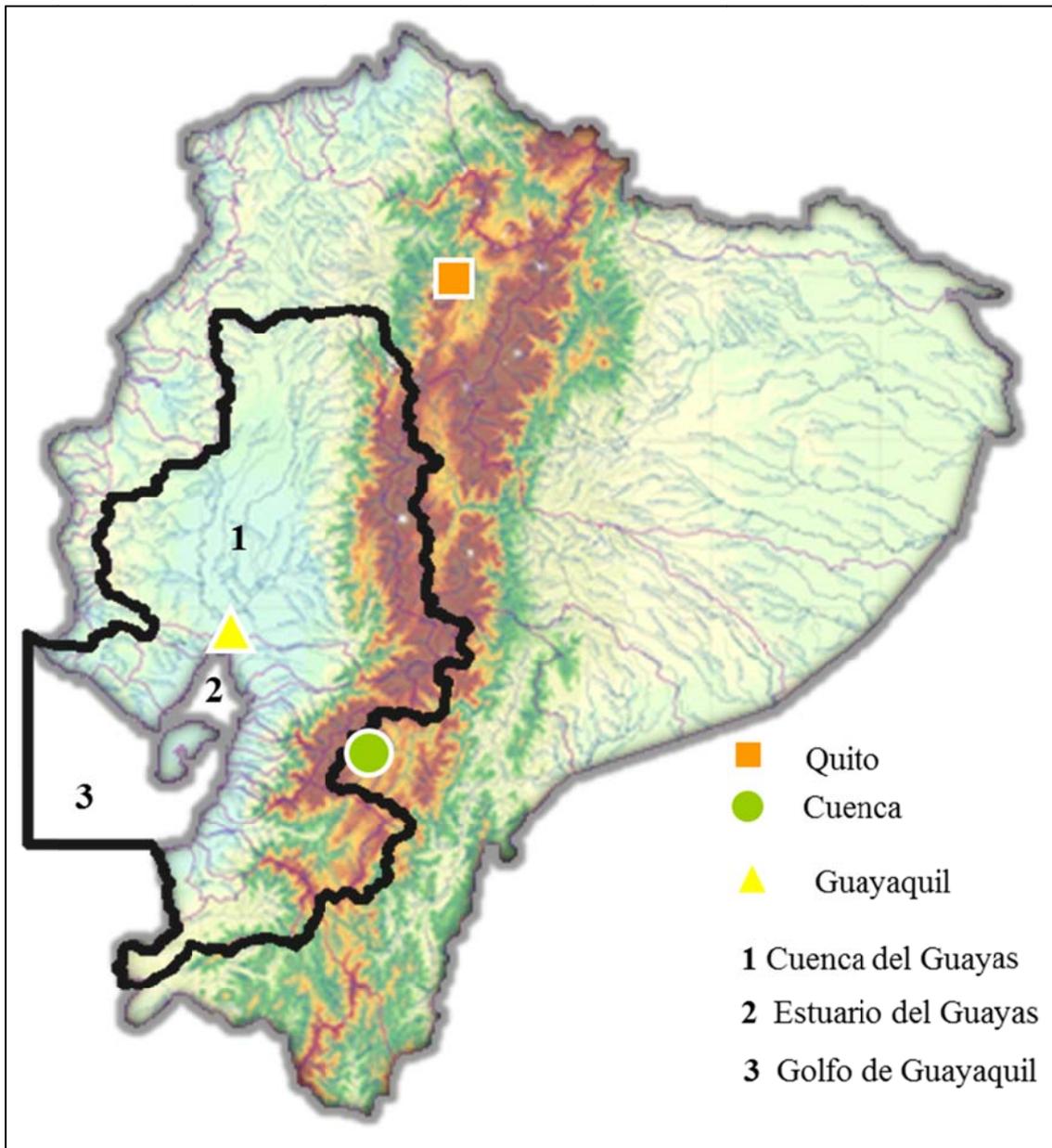


Figura 1. Ecosistema Guayas

En el tema Trópicos se ha añadido últimamente el asunto de la expansión del cinturón tropical asociada al cambio climático, lo que tendrá un efecto cascada en los sistemas de circulación de gran escala, afectando la productividad agrícola y los recursos hídricos (PNUMA, 2010).

Conocimiento tropical es el principal servicio que el Ecuador puede proveer a la tierra con ayuda de países amigos, en cuanto se establezca de modo estratégico el papel ineludible de los trópicos en la solución de algunos de los problemas que actualmente más inquietan a la humanidad y al mundo en desarrollo tropical, como los desafíos medioambientales globales prioritarios del siglo XXI del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2010) referidos a Cambio Climático, Desastres y Conflictos, Manejo de Ecosistemas, Gestión Ambiental, Sustancias Dañinas y Eficiencia de Recursos.

La visión enfocada al desarrollo de conocimiento tropical está surgiendo con rapidez en Australia, que contiene en el norte una zona tropical. Para ello han unido el Gobierno, la Universidad, el empresariado y las comunidades locales (Ellyard, 2003; The Governments of the Northern Territory, Queensland and Western Australia, 2004; Martin, 2004; AVCC, 2006).

Impulsar Ecosistema Guayas con la misión de convertir este ecosistema en el laboratorio natural de la humanidad, para desarrollar ciencia y tecnología tropicales, que con urgencia necesita la población de la tierra que habita actualmente en la franja tropical del planeta, activa insospechadas ventajas para toda la humanidad, el país y sus instituciones.

El interés nacional y mundial por el Ecosistema Guayas surge de la diversidad y oportunidad de las áreas del conocimiento que abarca, toda vez que la mitad de población de la tierra habita actualmente en la franja tropical del planeta, necesitando de ciencia y de tecnología tropicales, que se encuentran aún en incipiente desarrollo.

El Ecosistema Guayas al incluir 13 de las 24 provincias y 107 de los 226 municipios del país abre el potencial de constituirse en el laboratorio natural de prueba de las mejores fórmulas de manejo ambiental y social del Ecuador.

Ecosistema Guayas es el camino propicio de búsqueda de conocimientos y de aprendizaje que permita tomar las mejores decisiones respecto a la explotación de los recursos, los sistemas de transformación y el manejo de los residuos.

Ecosistema Guayas es un lugar, una oportunidad, una forma de trabajar, un modo de pensar y un modo de vivir. Es el laboratorio natural que dispone la humanidad para crear conocimiento tropical, casi inexistente por un lado y crucialmente necesario por otro.

Agricultura. Un negocio de conocimiento

La agricultura del Ecuador puede convertirse en una fuente de generación exclusiva de conocimiento mundial, de riqueza y de prosperidad y dejar de ser una preocupación. Solo hay que mirar en la dirección de conocimiento, ciencia y tecnología. Aquí la agricultura tiene que ser un negocio de conocimiento, se tiene que abrir nuevos campos, hay que vender sueños antes que productos. Al ejecutar por alrededor de 15 años proyectos específicos se ha descubierto la existencia de un elemento enlazante de las actividades humanas y de la naturaleza: el nitrógeno (N). Este elemento, al fijarse biológicamente a través del superorganismo *Azolla* (Carrapiço, 2010). en el ecosistema de arrozales va a suscitar nuevos paradigmas en el sistema agrícola, alimenticio, de salud, económico y medioambiental del país.

Un elemento químico, el nitrógeno, ensamblado al arroz y a la agricultura puede convertirse en la plataforma económica más grande del Ecuador siempre que se acrisole en la visión y talento de los ecuatorianos. El nitrógeno forma parte del 3 % de la agricultura, ganadería, flora, fauna y población del país, articulando estos sectores a los recursos naturales, al medioambiente y a la salud. El Ecuador puede constituirse en referente mundial del nitrógeno, como Chile es del cobre y Sudáfrica del oro.

Regadío y fertilización

La agricultura del mundo y del Ecuador enfrenta en la actualidad una serie de desafíos en las áreas de la economía, el medio ambiente, la salud y la tecnología. En cualquiera de ellas hay ilimitados campos que invitan a explorarlos.

Una planta para crecer requiere de dos sustancias primordiales, agua y nitrógeno, lo que en otras palabras quiere decir que la agricultura descansa en dos diligencias, riego y fertilización. En este contexto y desde la orilla de la academia se ha venido trabajando por largo tiempo para encontrar novedades que apunten la agricultura, descubriendo la existencia de una bendición natural llamada *Azolla Anabaena*.

Azolla anabaena en el ecosistema de arrozales

Desde el año 2000, en el dominio pragmático del Ecosistema Guayas y Conocimiento Tropical, se han desarrollado trabajos e ideas sobre *Azolla Anabaena*. Se trata de un biosistema simbiótico estrechamente relacionado con el elemento nitrógeno y su ciclo biogeoquímico. En este sentido, el nitrógeno se convierte en el material de vinculación entre la naturaleza y el sistema socioeconómico del Ecosistema Guayas y del mundo, permitiendo además entender los procesos, la cuantificación y el sentido de la sostenibilidad.



Figura 2. Helecho: nuevo paradigma

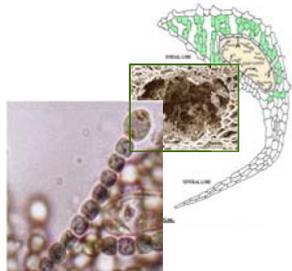


Figura 3. Cianobacteria. Esquema

Un diminuto helecho flotante, el *Azolla* (Figura 2), de pequeñas hojas alternadas y raíces simples que cuelgan dentro del agua, alberga en las cavidades de sus hojas a la cianobacteria microscópica *Anabaena* (Figura 3) que fija nitrógeno del aire. *Azolla* y *Anabaena* forman un laborioso medio simbiótico que puede articularse a los arrozales (Figura 4) para producir abono autóctono para todos los cultivos agrícolas del Ecuador, como el banano (Figura 5).

El caminar en el *Azolla* está permitiendo asomarnos a insospechados mundos de pensamiento y de acción potencial.



Figura 4. Arroz y helecho



Figura 5. Banano. Diferenciado crecimiento con bioabono procedente del arrozal

Balance del nitrógeno

El balance de nitrógeno es un adecuado indicador de la sostenibilidad de las prácticas de uso de la tierra en un ecosistema; un saldo negativo de nitrógeno denota el agotamiento de nutrientes y la consiguiente pérdida de fertilidad del suelo, de rendimiento y de viabilidad económica. En la Tabla 1 consta el balance del nitrógeno en el Cuenca del Río Guayas utilizando urea o *Azolla*. De aquí se desprende que el *Azolla* alcanza para la fertilización de todo el sistema agrícola nacional.

Tabla 1. Balance de nitrógeno en la Cuenca del Río Guayas

Fuentes y Destinos (kgN/ha/año)	Urea Borbor, 2005	<i>Azolla</i> Montaño, 2010
Fuentes		
Fertilizante	38	50
Piensos alimenticios de animales	14.1	14.1
Fijación biológica forestal	6.2	6.2
Deposición atmosférica	5.2	5.2
Fijación biológica agrícola	4.3	4.3
Total	68	80
Destinos		
Drenaje fluvial	25	37
Exportación de alimentos	24.6	24.6
Desnitrificación	9.4	9.4
Volatilización	6.7	6.7
Almacenamiento en suelo y vegetales	2.3	2.3
Total	68	80

La huella del agua



En la actualidad, el sector agrícola concentra alrededor del 85 % del consumo mundial de agua dulce que se reparte en 78 % verde, 12 % azul y 10 % gris, es decir, superficial-subterránea, pluvial y descontaminante. La huella hídrica promedio del cultivo de arroz es 1600 m³/t (MEKONNEN and HOEKSTRA, 2010). Considerando que el área arrocerá de la Cuenca del Río Daule es de 119 242 ha entonces la demanda de agua de este cultivo sería de 24 m³/s lo que corresponde al 7 % del caudal medio del Río Daule (365 m³/s).

Figura 6. Consumo global de agua (GILBERT, 2012)

La Cuenca del Río Daule es rica en agua si se estima que la disponibilidad del agua de los ríos es de 2 548 m³/año/hb cuando la huella hídrica mundial alcanza 1 169 m³/año/hb.

Funciones antigua y nuevas de los arrozales

El *Azolla* está forjando un nuevo paradigma del ambiente agropecuario, social, ambiental y económico del Ecuador. La biotecnología relacionada con *Azolla* en el entorno geográfico del Ecosistema Guayas (Figura 7) incorpora los arrozales, la agricultura, el medio ambiente y la economía, al novedoso quehacer de conocimiento tropical.

El arrozal, aparte de su función tradicional de producir arroz para la mesa y la industria, al unirse al *Azolla* potenciará la generación de otros bienes y servicios, como los que se listan a continuación, y cuya cuantía se enseña en la Tabla 2.

- (1) abono para la agricultura nacional,
- (2) alimento para la ganadería,
- (3) depuración de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas,
- (4) enriquecimiento del suelo,
- (5) florecimiento de la biota natural,
- (6) mejora de la acuicultura del estuario del río Guayas,
- (7) estimulación de las pesquerías del Golfo de Guayaquil,
- (8) disminución del calentamiento global.

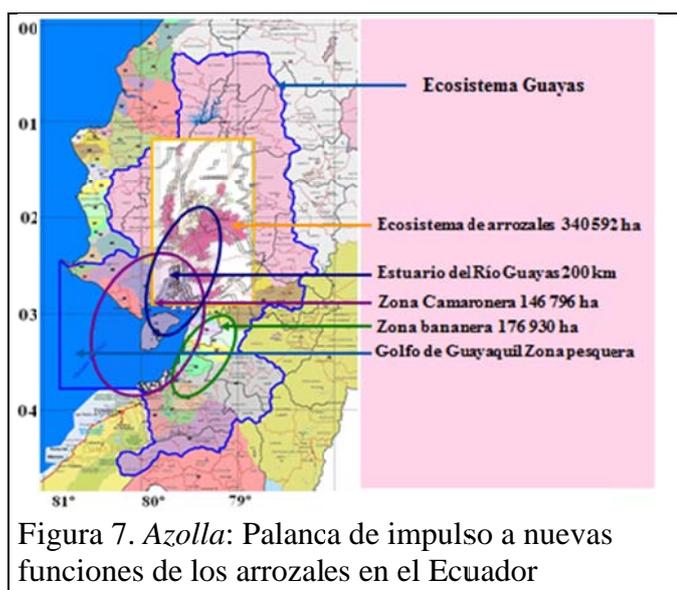


Tabla 2. Valor potencial de la biotecnología asociada al *Azolla* y arroz

Producto-Servicio	US\$M	Comentario
Fertilizante	313	El ecosistema de arrozales de la Costa además de producir arroz tiene la capacidad de producir abono (Helecho-cianobacteria) para todo el sistema agropecuario ecuatoriano.
Pienso alimenticio	200	El alto contenido proteico del Helecho asegura su valor como fuente de alimentación animal.
Depuración hídrica	120	Cuando se cubran de Helecho los arrozales, el sistema bacteriano (Cianobacteria) asociado constituirá un inmenso y extraordinario biofiltro natural del agua de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas.
Mejoramiento acuícola	150	El agua ennoblecida jugará un sustancial papel en la elevación del valor agregado de la producción camaronera.
Pesquerías	60	La producción pesquera del Golfo de Guayaquil mejorará en calidad y cantidad.
Enriquecimiento del suelo	20	Con el uso del Helecho los suelos mejorarán en textura, porosidad y materia orgánica, aumentando su valor comercial.
Recuperación de biota	100	Al dejar de usar agroquímicos, la biota natural del suelo y agua volverá a florecer.
Créditos de carbono	88	El Helecho extendido en los arrozales podrá introducirse en los mercados de carbono.

Bibliografía

Alama Salazar Elsa, 2008. CAPITAL INTELECTUAL Y RESULTADOS EMPRESARIALES EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PROFESIONALES DE ESPAÑA, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS, Madrid.

AVCC (Australian Vice-Chancellors' Committee), 2006. AVCC Submission to the Productivity Comisión Research Study on Public Support for Science and Innovation, The council of Australia's Univerity Presidents, CANBERRA.

Borbor Córdova Mercy J., 2005. MODELING HOW LAND USE AFFECTS NUTRIENT BUDGET IN THE GUAYAS BASIN-ECUADOR: ECOLOGICAL AND ECONOMIC IMPLICATIONS, College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse, New York.

Boruchowicz Cynthia, Natalia Cuneo, Alejandro Gruneisen y José Vullo, 2005. El rol del Estado en la creación y la distribución de la riqueza, Universidad del Cema.

Carrapiço Francisco, 2010. AZOLLA AS A SUPERORGANISM. ITS IMPLICATION IN SYMBIOTIC STUDIES, en J. Seckbach and M. Grube (eds.), Symbioses and Stress: Joint Ventures in Biology, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology 17, 225–241, DOI 10.1007/978-90-481-9449-0_11, © Springer Science+Business Media B.V. 2010

Ellyard Meter, 2003. Atherton 2025: Creating Sustainable Prosperity on a Tropical Plateau, Atherton Sustainable Regions Program, Queensland.

GILBERT N ATASHA, 2012. Water under pressure, A UN analysis sets out global water-management concerns ahead of Earth Summit, N AT U R E, VOL 4 8 3.

Martin Clare, 2004. Signing of the Cooperative Framework on Tropical Science, Knowledge and Innovation, Northern Territory, Australia.

MEKONNEN M.M. and A.Y. HOEKSTRA, 2010. THE GREEN, BLUE AND GREY WATER FOOTPRINT OF CROPS AND DERIVED CROP PRODUCTS, Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands.

Montaño Armijos Mariano, 2010. Ecosistema Guayas (Ecuador): Recursos, Medio Ambiente y Sostenibilidad en la perspectiva de Conocimiento Tropical, TESIS DOCTORAL, DEPARTAMENTO DE AGROQUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE, UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE. España.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2010. PNUMA ANUARIO 2010 AVANCES Y PROGRESOS CIENTÍFICOS EN NUESTRO CAMBIANTE MEDIO AMBIENTE, Panamá.

Teece D., 1998. "Capturing Value from Knowledge Assets: the New Economy, Markets for Know-how, and Intangible Assets", California Management Review, vol. 40, pp. 55-79.

The Governments of the Northern Territory, Queensland and Western Australia, 2004. CO-OPERATIVE FRAMEWORK ON TROPICAL SCIENCE, KNOWLEDGE AND INNOVATION, www.tropicalfutures.nt.gov.au/index.cfm?contentid=11