

Biotecnología del cultivo de microalgas, cianobacterias y sus aplicaciones en la energía limpia y protección ambiental.

B0743 Seminario de Botánica 4

Ciclo en que se imparte: II -2011 (es un curso intensivo durante la semana del 12 al 16 de diciembre, 3011)..

Tipo de Curso: Teórico-Práctico

Total de Horas: 40 horas efectivas

Fechas y horario: Lunes 12 - viernes 16 diciembre: 8:30- 4 pm (con periodos para el café y almuerzo).

Créditos: 2

Requisitos: Botánica

Coordinadoras del curso:

Jimena Samper.

Ana Margarita Silva B.

Conferencistas:

Prof Roberto De Philippis, Department of Agricultural Biotechnology, University of Florence, Italy
roberto.dephilippis@unifi.it

Dr. Giuseppe Torzillo. CNR-Institute of Ecosystem Study, Unit of Florence (CNR-ISE), Italy
torzillo@ise.cnr.it

Dra. Ana Margarita Silva. Escuela de Biología y Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica. msilva@biologia.ucr.ac.cr

Idioma: inglés y español

Organizado por: Escuela de Biología y Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica..

Lugar donde se desarrollará el curso:

Escuela de Biología, UCR. Aula 180

CIMAR, Ciudad de la Investigación, UCR.

Antecedentes

Las microalgas son organismos fotosintéticos que contienen clorofila y pigmentos carotenoides lo que las hace pioneras en la producción primaria de la cadena alimenticia acuática. Sostienen la producción de las pesquerías marinas y de agua dulce, así como una parte importante de la producción acuícola (moluscos, cría de larvas, etc.), asegurando un suministro estable de alimentos para el consumo humano. Asimismo, las microalgas son fuente de bioproductos de importancia económica (pigmentos, polisaturados ácidos grasos, antioxidantes) y constituyen una fuente de alimento y medicamentos.

A inicios de los 1900's se cultivaron microalgas del grupo de las Chlorophyceas y fue Ferdinand Julius Cohn quien introdujo el término "cultivo". Posteriormente se cultivaron otras especies de microalgas y se probaron varios medios de cultivo, agregando vitaminas y antibióticos para mejorar los cultivos y producir cultivos anéxicos de estas especies. La importancia del cultivo de microalgas y cianobacterias radica, en que estas tienen varios usos: en la acuicultura como alimento de larvas, en la biotecnología y biomedicina como productoras de metabolitos secundarios, como complemento alimenticio para humanos, su uso como biofertilizantes, en biorremediación y como biocombustibles. Además, el cultivo de microalgas tiene un componente muy importante en

la investigación científica, las cuáles se pueden usar para fisiología, genética, bioquímica, toxicología, autoecología, taxonomía y sistemática.

Actualmente muchas microalgas y cianobacterias de alto contenido nutricional se cultivan industrialmente para la producción de complementos alimenticios para humanos, que funcionan en algunos casos como sustancias antitumorales y anticancerígenos, fungicidas, antimicrobiales y antivirales; como inmunodepresores, como reductores del colesterol y por su uso en la cosmetología; produciendo algunas de estas metabolitos secundarios aprobados en el uso de drogas para el tratamiento del Alzheimer. En años recientes, los cultivos de microalgas han sido usados como alternativa de producción de energía (hidrógeno y biodiesel).

Descripción

El curso ofrece las herramientas básicas para adquirir los principios relacionados con el cultivo de microalgas, cianobacterias y sus aplicaciones en la biotecnología. Se adquirirán conocimientos en las áreas de fisiología algal, factores ambientales, manejo, producción y económicas, para iniciar con el cultivo de microalgas y diferentes aplicaciones biotecnológicas.

Objetivo General

Proporcionar principios teóricos y prácticos para que el participante adquiera las bases para el establecimiento y ejecución de actividades relacionadas con la biotecnología microalgal y de biorremediación.

Objetivos Específicos

1. Proporcionar los avances más recientes en el campo de la Biotecnología de Microalgas y cianobacterias.
2. Detallar los fundamentos biológicos/fisiológicos y económicos para el uso de microalgas y cianobacterias en diferentes aspectos biotecnológicos y biorremediación (ej. remoción de metales pesados).
3. Proporcionar técnicas del cultivo de microalgas y cianobacterias de importancia actual.
4. Estudiar los principios generales sobre biotecnología algal en estanques y fotobiorreactores en condiciones de campo abierto.
5. Facilitar los lazos de cooperación entre los participantes interesados en el campo de la biotecnología microalgal y aspectos ambientales.

Contenidos

Se proporcionará una reseña general desde el punto de vista taxonómico sobre Cyanoprocarota (cianobacterias), y microalgas, enfatizando en los principales grupos usados en el campo biotecnológico. Se explicará el concepto de la fotosíntesis como punto de partida para que el participante pueda entender los procesos fisiológicos que ocurren en cianobacterias y microalgas cuando se someten a diferentes condiciones en el laboratorio; así como conceptos teóricos relacionados con la medición de la fotosíntesis, pigmentos, tasa de crecimiento, productividad y su aplicabilidad biotecnológica.

También se estudiará principios biológicos del cultivo masivo: limitaciones, ventajas, consideraciones económicas y sus aplicaciones biotecnológicas. Instrumentos usados en la producción del cultivo masivo como estanques abiertos y fotobiorreactores, escalamiento, manejo y producción. Se enfatizará en ejemplos aplicables de la biotecnología como la producción de energía (producción de hidrógeno en microalgas y bacterias) y biodiesel. Se analizarán aspectos biológicos, de producción, económicos y ambientales. Se considerarán aspectos relacionados con

biorremediación, específicamente con la remoción de metales pesados por parte de cianobacterias y se dictará una charla relacionada con la remoción de nitrógeno y fósforo en aguas residuales.

Se realizarán prácticas de laboratorio con cepas de algas previamente mantenidas en cultivo..

Metodología

Este Curso es diseñado a partir de la integración de dos componentes:

- Clases teóricas: Se impartirán clases teóricas que se mencionan en el programa.

Prácticas de laboratorio, discusión de resultados y lecturas seleccionadas. En las prácticas de laboratorio, los participantes trabajarán con cepas de cianobacterias y microalgas. Se realizarán mediciones de extracción de pigmentos, peso seco y remoción de metales pesados con cianobacterias. Al final de cada práctica se hará una discusión general con los resultados obtenidos de cada grupo.

Evaluación

Se evaluará el aprovechamiento por medio de discusiones orales de los resultados de los experimentos basándose en los conceptos adquiridos en las clases teóricas, prácticas y lecturas asignadas. Se realizará un examen final.

La evaluación será asignada de la siguiente manera:

Trabajo práctico y discusión de resultados	50%
Examen final	30%
Asistencia (es obligatorio la participación en todas las secciones):	20%
Total:	100 %

PROGRAMA

	Diciembre, 12, 2011
08.30-09.00	Bienvenida
09.00-10.00 (Prof. Margarita Silva)	Técnicas básicas de cultivo: identificación, aislamiento y cultivo.
10:00-10.15	Café
10.15-12.30 (Prof. Giuseppe Torzillo).	Fotosíntesis en microalgas: concepto, parámetros, mediciones, eficiencia y limitaciones.
12.30-13:30	Almuerzo
13.30 -15.00 (Prof. Giuseppe Torzillo)	Principios biológicos del cultivo masivo.
15.00-15.15	Café
15.15- 16.30 (Prof. Giuseppe Torzillo)	Estanques abiertos y fotobiorreactores para cultivo masivo de microalgas: Escalamiento.
	Diciembre 13, 2011
08.30-10.00 (Prof. Giuseppe Torzillo)	Estanques abiertos vs. fotobiorreactores cerrados.
10.00-10.30	Café

10.30-12.00 (Prof. Giuseppe Torzillo)	Limitaciones biológicas en biotecnología algal.
12.30-13:30	Almuerzo
13.30-15.00 (Prof Giuseppe Torzillo)	Manejo de los cultivos masivos en estanques abiertos y fotobiorreactores.
15.00-15.15	Almuerzo
15.15-16.30 (Prof. Roberto De Philippis)	Principios básicos de interacciones entre metales y microorganismos, moldelos de bioasorbción.
	Diciembre 14, 2011
08.30-10.00 (Prof. Roberto De Philippis)	Biorremediación de metales pesados con cianobacterias : conceptos y casos de estudio.
10.00-10.30	Café
10.30-12.30 (Prof. Roberto De Philippis)	Trabajo práctico: determinación de la capacidad de biorremediación de metales pesados por parte de cianobacterias (preparación).
12.30-13:30	Almuerzo
13.30-15.00 (Prof. Giuseppe Torzillo,	Biotecnología microalgal para la producción de energía limpia (hidrógeno).
15.00-15.30	Café
15.30-16.30 (Prof. Roberto De Philippis)	Trabajo práctico: determinación de la capacidad de biorremediación de metales pesados por parte de cianobacterias (mediciones).
	Diciembre 15, 2011
08.30-10.00 Prof., Roberto De Philippis;	Biotecnología bacteriana para la producción de energía limpia (hidrógeno) .
10.00-10.15	Café
10.15-12.30 (Prof. Giuseppe Torzillo)	Biotecnología microalgal para la producción de energía limpia (Biodiesel)
12.30-13:30	Almuerzo
13.30-16.30 (Prof.Roberto De Philippis)	Determinación de la capacidad de biorremediación por parte de cianobacterias (Cálculos). Conclusiones.
	Diciembre 16, 2011
8:30-9:30 M. Silva	Remoción de nitrógeno y fósforo por el alga <i>Chlorella vulgaris</i> y la cianobacteria <i>Planktothrix isothrix</i>
9:30-9:45 (café)	
9:45-12.30 (Giuseppe Torzillo)	Medición de pigmentos. Medición de crecimiento: peso seco, densidad óptica
12.30-13:30	Almuerzo
13.30-16.30	Discusión y conclusión del curso.

Bibliografía

Bertalan I., Esposito D., Torzillo G., Faraloni C., Johanningmeier U., Giardi MT. (2007) Photosystem II stress tolerance in the unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii* under space conditions. *Microgravity Science and Technology*, 19 (5/6) 122-127.

Fracheboud Y Using chlorophyll fluorescence to study photosynthesis (<http://www.ab.ipw.agrl.ethz.ch/~yfracheb/flex.htm>).

Giannelli L., Scoma A., Torzillo G. (2009). Interplay between light intensity, chlorophyll concentration and culture mixing on the hydrogen production in sulphur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii* cultures grown in laboratory photobioreactors. *Biotechnol. Bioeng.* 104: 76-90.

Masojidek J, Kopecky J, Koblizek M, Torzillo G (2004) The xanthophyll cycle in green algae (Chlorophyta): Its role in the photosynthetic apparatus. *Plant Biology*, 6: 342-349.

Masojidek J., Sergejevova M., Rottnerova K., Jirka V., Koreccko J., Kopecky J., Zat'kova I., Torzillo G., Stys D. (2009). A two-stage solar photobioreactor for cultivation of microalgae based on solar concentrators. *J. Appl. Phycol.* 21: 55-63.

Masojidek J., Torzillo G. (2008). Mass cultivation of freshwater microalgae. Ecological Engineering. Encyclopedia of Ecology. Elsevier (eds. Sven Erik Jorgensen and Brian D. Fath). Vol. 3. pp. 2226.2235.

Richmond A. (2004) Handbook of microalgal culture: Biotechnology and Applied Phycology (Richmond ed.) Blackwell Science publishing Oxford, UK. 545 p.

Richmond A. Biological Principle of Mass Cultivation (2003) Handbook of Microalgal physiology of environmental stress responses. In: Handbook of Microalgal Cultures (Richmond A. Ed.). Blackwell Science Ltd. Oxford.

Torzillo G. and Vonshak A. (2003). Biotechnology for algal mass cultivation. In: "Recent Advances in Marine Biotechnology. (Edited by M Fingerman & R Nagabhushanam). Science Publishers of Enfield, New Hampshire, USA. Vol. 9.

Torzillo G. (1997). Tubular Bioreactors. In: *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology Cell-Biology and Biotechnology.* (Edited by A. Vonshak), Taylor and Francis Ltd, London.

Torzillo G., Pushparaj B., Masojidek J. Vonshak A. (2003) Biological constraints in algal biotechnology (review). *Biotechnology Bioprocess Eng.*, 8: 338-348.

Torzillo G., Pushparaj B., Masojidek J. Vonshak A. (2003) Biological constraints in algal biotechnology (review). *Biotechnology Bioprocess Eng.*, 8: 338-348.

Vonshak A. (1997) *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell biology and biotechnology* (Vonshak, ed.) Taylor and Francis Ltd London.

Vonshak A. Novoplansky N. (2008) Acclimation to low temperature of two *Arthrospira Platensis* (Cyanobacteria) Strains involves down-regulation of PSII and improved resistance to photoinhibition. *J. Phycol* 24: 1071-1079.

Vonshak A., Torzillo G. (2003). Microalgal physiology of environmental stress responses. In: Handbook of Microalgal Cultures (Richmond A. Ed.). Blackwell Science Ltd. Oxford.

Heavy metal bioremoval

De Philippis R., Micheletti E. (2009) "Heavy metal removal with exopolysaccharide-producing cyanobacteria"; in "Heavy Metals in the Environment" (L.K. Wang, J.P. Chen, Y.T. Hung, N.K. Shamas eds), CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 89–122.

Ledin, M. (2000) Accumulation of metals by microorganisms – processes and importance for soil systems. *Earth-Science Reviews*, 51: 1-31.

Mehta S.K., Gaur J.P. (2005) "Use of algae for removing heavy metal ions from wastewater: progress and prospects". *Critical Reviews in Biotechnology* 25: 113-152.

Volesky, B. (2001) Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. *Hydrometallurgy* 59: 203-216.

Volesky, B. (2003) Sorption and Biosorption, BV Sorbex, Inc. Montreal – St.Lambert, Quebec, Canada. <http://www.biosorption.net/bookinfo/>

Bionergy production

Faraloni C., Ena A., Pintucci C., Torzillo G. (2011). Enhanced hydrogen production by means of sulfur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii* cultures grown in pre-treated olive-mill wastewater. *Int. J. Hydrogen Energy* (In press)

Faraloni C., Torzillo G. (2010) Phenotypic characterization and hydrogen production in *Chlamydomonas reinhardtii* Q_B binding D1 protein mutants under sulphur starvation: changes in chlorophyll fluorescence and pigment composition. *J. Phycol.* 46: 788-799.

Giannelli L., Scoma A., Torzillo G. (2009). Interplay between light intensity, chlorophyll concentration and culture mixing on the hydrogen production in sulphur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii* cultures grown in laboratory photobioreactors. *Biotechnol. Bioeng.* 104: 76-90.

Masojidek J., Kopecky J., Giannelli L., Torzillo G. (2010) Productivity correlated to photochemical performance of *Chlorella* mass cultures grown outdoors in thin-layer cascades. *J Ind. Microbiol Biotechnol.* (in press).

Torri C., Samorì C., Adamiano A., Fabbri D., Faraloni C., Torzillo G. (2011). Preliminary investigation on the production of fuels and bio-char from *Chlamydomonas reinhardtii* biomass residue after bio-hydrogen production. *Biores Technol.* (in press) (REF. BITE-D-04368R3).

Torzillo G. Giannelli L., Martinez-Roldan A.J., Verdone N., De Filippis P., Scarsella M., Bravi M. (2010) *Chem Eng Trans* , 20: 265-270.

Torzillo G., Scoma A., Faraloni C., Ena A., Johanningmeier U. (2009). Increased hydrogen photoproduction by means of a sulfur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii* D1 protein mutant. *Int. J. Hydrogen Energy*: 34: 4529-4536.

Bioremediation

Silva M, Torzillo G. (2011) Nitrogen and phosphorus removal through laboratory batch cultures of microalga *Chlorella vulgaris* and cyanobacterium *Planktothrix isoethrix* grown as monoalgal and as co-cultures. *J. Appl Phycol.* (in press).