

Biotecnologia ambiental	2012/2013
Codi: 100955	
Crèdits ECTS: 6	

Titulació	Pla	Tipus	Curs	Semestre
2500253 Graduat en Biotecnologia	815 Graduat en Biotecnologia	OT	0	0

Professor de contacte

Nom: Nuria Gaju Ricart

Correu electrònic: Nuria.Gaju@uab.cat

Utilització d'idiomes

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Algun grup íntegre en anglès: No

Algun grup íntegre en català: Sí

Algun grup íntegre en espanyol: No

Prerequisits

Tot i que no hi ha cap prerequisit oficial, s'aconsella als estudiants revisar els conceptes estudiats prèviament a les assignatures de Microbiologia i Fonaments d'Enginyeria de Bioprocessos.

Objectius

- Comprendre el paper dels microorganismes com agents de canvi ambiental.
- Conèixer els microorganismes implicats en els processos de bioremediació ambiental.
- Aplicar les bases generals de l'Enginyeria de Bioprocessos a sistemes complets de bioremediació ambientals dels tres vectors: aigües, aire i sòlids.

Competències

- Adquirir nous coneixements i tècniques de forma autònoma.
- Aplicar els principis ètics i les normes legislatives en el marc de la manipulació dels sistemes biològics.
- Aplicar les normes generals de seguretat i funcionament d'un laboratori i les normatives específiques per a la manipulació de diferents sistemes biològics.
- Buscar i gestionar informació procedent de diverses fonts.
- Descriure les bases del disseny i del funcionament de bioreactors i calcular, interpretar i racionalitzar els paràmetres rellevants en fenòmens de transport i els balanços de matèria i energia en els processos bioindustrials.
- Fer una presentació oral, escrita i visual d'un treball a una audiència professional i no professional, tant en anglès com en les llengües pròpies.
- Identificar les propietats genètiques, fisiològiques i metabòliques dels microorganismes amb potencial aplicació en processos biotecnològics i les possibilitats de manipulació de microorganismes.
- Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.
- Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.
- Pensar d'una forma integrada i abordar els problemes des de diferents perspectives.
- Raonar de forma crítica.
- Treballar de forma individual i en equip.

Resultats d'aprenentatge

1. Adquirir nous coneixements i tècniques de forma autònoma.
2. Buscar i gestionar informació procedent de diverses fonts.
3. Descriure la legislació ambiental a escala local, regional i global.
4. Descriure les bases científiques que són aplicades per la biotecnologia ambiental.
5. Descriure les propietats dels microorganismes amb aplicació potencial a processos de biotecnologia ambiental: bioremeiació, biorecuperació i control de plagues.
6. Explicar les normes de seguretat i funcionament d'un laboratori de biotecnologia ambiental.
7. Explicar les tecnologies, eines i tècniques en el camp de la biotecnologia ambiental.
8. Fer una presentació oral, escrita i visual d'un treball a una audiència professional i no professional, tant en anglès com en les llengües pròpies.
9. Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.
10. Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.
11. Pensar d'una forma integrada i abordar els problemes des de diferents perspectives.
12. Raonar de forma crítica.
13. Treballar de forma individual i en equip.

Continguts

1. Microorganismes i ambients naturals.

Perspectiva històrica. Aspectes generals. Microorganismes en l'ambient natural. Processos microbians d'impacte ambiental.

2. Ambient aeri I

Característiques i estratificació de l'atmosfera. Troposfera. Dispersió per l'aire. Microorganismes: característiques. Mètodes en aerobiologia. Home i ambient aeri.

3. Ambient aeri II

Contaminants orgànics i inorgànics en l'aire. Quantificació de contaminants en corrents gasosos contaminants. Processos biològics de depuració d'aire: Biofiltres, Filtres percoladors, Bioscrubbers.

4. Interaccions microbianes amb contaminants inorgànics.

Conversió microbiana de nitrats. Mines àcides. Metalls pesants: importància biològica, interaccions microbianes, mecanismes de resistència. Biorecuperació

5. Adherència a superfícies i biodeterioració

Colonització de superfícies. Biofilms bacterians: estructura, caràcters físico-químics i biològics. Bioembrutiment. Biodeterioració. Aplicacions biotecnològiques.

6. Contaminació microbiana de les aigües.

Microorganismes i contaminació d'aigües. Potabilització de l'aigua. Concepte de microorganisme indicador de contaminació. Tècniques d'anàlisi i normativa vigent. Microorganismes patògens presents a l'aigua i malalties associades.

7. Comunitats microbianes i tractament de residus

Comunitats microbianes en abocadors i plantes de compostatge. Comunitats microbianes en tractament biològic d'aigües residuals.

8. Processos biològics de depuració d'aigua I

Classificació de processos. Paràmetres ambientals i estàndards de qualitat d'aigua. Processos aerobis.

9. Processos biològics de depuració d'aigua II

Eliminació de nutrients. Processos anaerobis. Criteris de selecció de tecnologia.

10. Processos biològics de depuració i valorització de residus sòlids

Característiques dels residus: Tipologies i biodegradabilitat. Processos de tractament biològics: Compostatge i/o Metanització.

Obtenció de productes d'interès industrial a partir de residus: biomassa, enzims, metabolits, etc. Fermentació en estat sòlid.

11. Microorganismes i contaminants orgànics

Biodegradació. Paràmetres ambientals i biodegradació. Persistència i biomagnificació. Aproximació experimental. Biodegradació de contaminants orgànics. Bioremeiació.

12. Control biològic

Estratègies pel control de plagues. Control de plagues per: bacteris, virus, protozous i fongs. Els microorganismes com a antagonistes.

Metodologia

L'assignatura Biotecnologia Ambiental consta de tres mòduls, els quals s'han programat de forma integrada, així doncs l'estudiant haurà de relacionar al llarg de tot el curs el contingut i les activitats programades per tal d'assolir les competències indicades en d'aquesta guia.

Els tres mòduls són els següents:

Classes magistrals. Les classes magistrals o expositives representen la principal activitat a realitzar a l'aula i permeten transmetre conceptes bàsics als d'alumnes en relativament poc temps. Es complementaran amb presentacions tipus Power Point i material didàctic divers que serà lliurat als alumnes a través del Campus Virtual.

Seminaris. Són sessions de treball per a grups amb un nombre reduït d'alumnes, basades en treballs proposats pel professorat, que els alumnes treballaran de manera autònoma i que seran discutits o exposats posteriorment a l'aula.

Sortides de camp. S'han programat visites a instal·lacions de tractament de residus de diferents tipus o en les que es treballi en temes relacionats amb la matèria per tal d'apropar l'estudiant a situacions reals on el Biotecnòleg Ambiental pot intervenir.

Informació addicional:

Per tal de donar suport a les activitats formatives indicades anteriorment, els alumnes podran realitzar tutories individuals al despatx del professorat, en les que s'haurà de concertar prèviament la tutoria.

L'estudiant disposarà al Campus Virtual de l'assignatura de tota la documentació que facilitarà el professorat per a un bon seguiment de la mateixa. També podrà consultar l'espai docent de la Coordinació de Grau per obtenir informació actualitzada referent al grau.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes teòriques	35	1,4	3, 4, 5, 7
Seminaris	10	0,4	1, 2, 8, 10, 12, 13

Sortides de camp	12	0,48	6, 7, 9
Tipus: Supervisades			
Tutories individuals	3	0,12	4, 5
Tipus: Autònomes			
Estudi	35	1,4	1, 13
Lectura textos	15	0,6	1, 10, 11, 13
Preparació presentacions orals	15	0,6	8
Recerca bibliografica	15	0,6	2

Avaluació

L'avaluació de l'assignatura serà individual i continuada a través de les següents proves:

Mòdul d'avaluació de les classes teòriques (60% de la nota global): Al llarg del curs es programaran dues proves escrites d'avaluació d'aquest mòdul, les quals són eliminatòries. Cadascuna de les proves tindrà un pes del 50% de la nota del mòdul, però només es farà la mitjana si la nota de les proves és superior a 4, en cas contrari l'estudiant haurà de recuperar la part no superada a l'examen final.

Mòdul d'avaluació dels seminaris (25% de la nota global):

L'avaluació inclourà els següents aspectes:

Exposició oral del treball realitzat (15% de la nota global).

Realització de proves escrites (10% de la nota global).

Mòdul d'avaluació de les sortides de camp (15% de la nota global): Al finalitzar cadascuna de les sortides es farà una prova escrita en forma de breu test que configurarà la nota d'aquesta part.

Per superar l'assignatura s'ha d'obtenir una qualificació de 5 o superior en cada mòdul. Els estudiants que no superin alguna de les proves escrites, les podran recuperar en la data programada per l'avaluació final de l'assignatura.

Es considerarà que un alumne obtindrà la qualificació de **No Presentat** si realitza menys d'un 50% de les activitats d'avaluació.

Els estudiants que vulguin millorar nota renunciaran a la qualificació obtinguda prèviament, i s'han d'examinar de **totes** les proves escrites corresponents als diferents mòduls de l'assignatura.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Avaluació de seminaris	25	2	0,08	1, 2, 8, 10, 12, 13
Avaluació de sortides de camp	15	2	0,08	6, 7, 9
Avaluació de teoria	60	6	0,24	3, 4, 5, 7

Bibliografía

LLibres:

- Atlas, R.M. & Bartha, R. 1997. Microbial Ecology. Fundamentals and Applications. 4th ed. Benjamin/Cummings Pub. Co., Menlo Park, California.
- Alexander, M. 1999. Biodegradation and Bioremediation. 2d ed. Academic Press
- Bilitewski, B. & col. 1994. Waste Management. Springer
- Bitton, G. 1999. Wastewater microbiology. 2d ed. Wiley Series in Ecological and applied microbiology.
- Bitton, G. 2003. Encyclopedia of environmental microbiology. Wiley, John & sons.
- Bueno, J. L. & col. 1997. Contaminación e Ingeniería ambiental. Ed. FICYT.
- Characklis, W.G. & K.C. Marshall. 1989. Biofilms. John Wiley & Sons.
- Cheremisinoff, N.P. 1996. Biotechnology for waste and wastewater treatment. Noyes Publications. US
- Deviny J.S., M.A. Deshusses & T.S. Webster. 1999. Biofiltration for air pollution control. Lewis Publishers.
- Doyle, R.J. 2001. Methods in Enzymology. Microbial growth in biofilms. Volume 337. Academic Press.
- Eweis, J. B. Et al. 1999. Principios de Biorecuperación. McGraw Hill.
- Glazer, A.N. & H. Nikaido. 1994. Microbial biotechnology. Fundamentals of applied microbiology. Freeman and company.
- Hernandez, A. 1998 4ª Ed. Depuración de aguas. Paraninfo.
- Hernandez, A. 1996 . Manual de Depuración Uralita. Paraninfo.
- Hurst, Crawford, Garland, Lipson, Mills & Stetzenbach. 2007. Manual of environmental microbiology. 3th Edition. ASM Press.
- Jjemba, PK. 2004. Environmental Microbiology. Principles and applications.. Science Publishers.
- Jenkins, D. et a. 1993. Manual of the causes and control of activated sludge bulking and foaming. 2n edition. Lewis Publishers, Inc.
- Jorgensen, S.E. I col. 1989. Principles of environmental science and technology. Elsevier
- Levin, M. & M.A. Gealt. 1997. Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos. McGrawHill.
- Madigan, Martinko & Parker. 2003. Biología de los Microorganismos. 10th Ed. Prentice -Hall.
- Madsen, EL. 2008. Environmental Microbiology: from genomes to biogeochemistry. Blackell Publishing.
- Maier, R. M. , Pepper, I. L. & Gerba, C. P. 2009. Environmental Microbiology. 2nd ed. Academic Press..
- Peavy H.S. & col. 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill.
- Ramalho, R.S. 1993. Tratamiento de aguas residuales. Reverté.
- Rittmann, B. E. & P.L. McMarty. 2001. Biotecnología del medio ambiente. Principios i aplicaciones. McGraw Hill.
- Senior, E. 1995. Microbiology of landfill sites. 2nd ed. CRC.
- Sidwick, J.M. & col. 1987. Biotechnology of waste treatment and exploitation. John Wiley & Sons.

- Varnam, A.H.. & M.G. Evans. 2000. Environmental Microbiology. Manson Publishing.
- Haug, R.T. The practical handbook of compost engineering. 2003. Lewis Publishers.
- Joseph S. Devinny, Marc A. Deshusses, Todd S. Webster. 1999. Biofiltration for Air Pollution Control. CRC Press.
- Tchobanoglous, G. i Burton, F.L. (revisors). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización; Metcalf & Eddy, Inc. 1995. McGraw-Hill.
- American Public Health Association (APHA). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater.
- Randall, C.W., Barnard, J.L. i Stensel, H.D. 1992. Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. Technomic Publishing Co., Inc. (Water quality management library, Vol. 5).
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. 1994. Gestión integral de residuos sólidos. McGraw-Hill.
- McBean, E.A., Rovers, F.A., Farquhar, G.J. 1995. Solid waste landfill engineering and design. Prentice Hall.

Altres fonts d'informació:

Enllaços d'interès

Institucions públiques:

<i>Nom de la institució:</i> Generalitat de Catalunya
<i>Enllaç:</i> http://www.gencat.net/
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> General de l'administració autonòmica de Catalunya
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> <ul style="list-style-type: none">- Als diferents Departaments de la Generalitat.- Al Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (D.O.G.C.).

<i>Nom de la institució:</i> Departament de Medi Ambient i Habitatge
<i>Enllaç:</i> http://mediambient.gencat.net/cat/inici.jsp
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació diversa sobre temes de medi ambient a nivell de Catalunya, en especial un recull de legislació ambiental complet. Inclou visites virtuals a diverses instal·lacions.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> <ul style="list-style-type: none">- A les institucions que depenen del Departament, com ara l'Agència de Residus de Catalunya, l'Agència Catalana de

l'Aigua o el Centre per a l'Empresa i el Medi Ambient.

- Conjunt d'enllaços temàtics sobre diferents àrees (atmosfera, soroll, etc.).

Nom de la institució: Agència de Residus de Catalunya

Enllaç: <http://www.arc-cat.net/home.asp>

Informació que s'hi pot trobar: Tota la informació sobre la gestió a Catalunya de les diferents tipologies de residus, incloent legislació, estadístiques de residus, model de declaració de residus industrials, etc.

Enllaços des d'aquesta web:

- Al Catàleg Europeu de Residus.
- Al Centre Català del Reciclatge.
- A la Borsa de Subproductes.

Nom de la institució: Agència Catalana de l'Aigua

Enllaç: <http://mediambient.gencat.net/aca/ca/inici.jsp>

Informació que s'hi pot trobar: Tota la informació sobre la gestió de l'aigua a Catalunya, incloent normativa, explicació d'infraestructures i tràmits.

Enllaços des d'aquesta web: -

Nom de la institució: Centre per a l'Empresa i el Medi Ambient

Enllaç: <http://www.cema-sa.org/>

Informació que s'hi pot trobar: Informació sobre polítiques de minimització de residus, P+N, Bones Pràctiques, Ecodisseny, etc.

Enllaços des d'aquesta web: -

<i>Nom de la institució:</i> Diputació de Barcelona, Servei del Medi Ambient
<i>Enllaç:</i> http://www.diba.es/mediambient/default.asp
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació general mediambiental a nivell de la província de Barcelona.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> - Agenda 21 local.

<i>Nom de la institució:</i> Entitat Metropolitana del Medi Ambient
<i>Enllaç:</i> http://www.ema-amb.com/
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Tota la informació referent a la gestió de l'aigua i els residus en l'àmbit metropolità. Inclou visita virtual a Ecoparc.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> -

<i>Nom de la institució:</i> Ministerio de Medio Ambiente
<i>Enllaç:</i> http://www.mma.es/
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació general sobre medi ambient a nivell estatal, amb normativa.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> - Grup d'enllaços a altres ministeris mediambientals europeus i departaments de medi ambient autonòmics. - Al Boletín Oficial del Estado (B.O.E.).

<i>Nom de la institució:</i> Comissió Europea, Direcció General de Medi Ambient
<i>Enllaç:</i> http://europa.eu.int/comm/environment/index_es.htm

Informació que s'hi pot trobar: Informació general sobre medi ambient a nivell europeu, amb normativa i informació sobre finançament de projectes i infraestructures.

Enllaços des d'aquesta web:

- Grup d'enllaços a organismes internacionals relacionats amb el medi ambient.
- European Environment Agency.
- United Nations Environment Programme (UNEP).

Nom de la institució: U.S. EPA (Environmental Protection Agency)

Enllaç: <http://www.epa.gov/>

Informació que s'hi pot trobar: L'Agència del medi ambient d'Estats Units, amb informació general i específica per temes. Conté un extens recull de mètodes analítics aplicats al medi ambient. També inclou programari en temes mediambientals.

Enllaços des d'aquesta web:

- Base de dades sobre ACVs (LCAccess: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/>)

Altres organismes:

Nom de la institució: IWA (International Water Association)

Enllaç: <http://www.iawq.org.uk/>

Informació que s'hi pot trobar: Informació general sobre temes de gestió d'aigua a nivell internacional, grups de treball en diferents àmbits específics i publicacions.

Enllaços des d'aquesta web:

- Grup d'enllaços a organismes internacionals relacionats amb la gestió de l'aigua.

Nom de la institució: ISWA (International Solid Waste Association)

Enllaç: <http://www.iswa.org/>

<p><i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació general sobre temes de residus a nivell internacional, i grups de treball en diferents àmbits específics.</p>
<p><i>Enllaços des d'aquesta web:</i></p> <p>- Grup d'enllaços a organismes internacionals relacionats amb el medi ambient.</p>

<p><i>Nom de la institució:</i> ECN (European Compost Network)</p>
<p><i>Enllaç:</i> http://www.compostnetwork.info/</p>
<p><i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació específica sobre el camp del compostatge i el compost, amb grups de treball específics.</p>
<p><i>Enllaços des d'aquesta web:</i> -</p>

<p><i>Nom de la institució:</i> ATEGRUS (Asociación Técnica para la Gestión de Residuos y Medio Ambiente)</p>
<p><i>Enllaç:</i> http://www.ategrus.org/</p>
<p><i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació específica sobre el camp dels residus, amb grups de treball i publicacions periòdiques.</p>
<p><i>Enllaços des d'aquesta web:</i> -</p>

<p><i>Nom de la institució:</i> NIOSH (<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>)</p>
<p><i>Enllaç:</i> http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html</p>
<p><i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació específica sobre seguretat i salut laboral a nivell americà, amb informació molt detallada sobre procediments analítics en el camp mediambiental, en especial els contaminants gasosos.</p>
<p><i>Enllaços des d'aquesta web:</i></p> <p>- Altres institucions internacionals relacionades.</p>

<i>Nom de la institució:</i> AICHE (American Institute of Chemical Engineers)
<i>Enllaç:</i> http://www.aiche.org/
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Informació general sobre Enginyeria Química, amb publicacions, documents, resums de conferències, etc.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> - Al directori de programari, amb buscador incorporat sobre programes aplicables a l'enginyeria química (http://www.cepmagazine.org/features/software/).

<i>Nom de la institució:</i> CBUC (Consorci de Biblioteques Universitàries de Catalunya)
<i>Enllaç:</i> http://www.cbuc.es
<i>Informació que s'hi pot trobar:</i> Web de la xarxa de biblioteques universitàries de Catalunya, per obtenir informació dels llibres o articles existents, amb cercador incorporat.
<i>Enllaços des d'aquesta web:</i> - A les biblioteques universitàries de Catalunya. - Al Catàleg col·lectiu.

Selecció de publicacions científiques

Publicacions nacionals:

<i>Nom de la publicació:</i> Tecnología del Agua
<i>Editorial:</i> Reed Business Information
<i>Disponible UAB:</i> Ciències
<i>Àmbit dels treballs publicats:</i> Tractament d'aigües

<i>Nom de la publicació:</i> Residuos
<i>Editorial:</i> Reed Business Information
<i>Disponible UAB:</i> No
<i>Àmbit dels treballs publicats:</i> Gestió i tractament de residus sòlids

<i>Nom de la publicació:</i> RETEMA
<i>Editorial:</i> C&M Publicaciones
<i>Disponible UAB:</i> No
<i>Àmbit dels treballs publicats:</i> General sobre tecnologia ambiental

<i>Nom de la publicació:</i> Ingeniería Química
<i>Editorial:</i> Alción
<i>Disponible UAB:</i> Ciències
<i>Àmbit dels treballs publicats:</i> General sobre enginyeria química

Publicacions internacionals:

Publicacions generals:

<i>Nom de la publicació:</i> Environmental Science and Technology
<i>Editorial:</i> American Chemical Society
<i>Disponible UAB:</i> Via web

Àmbit dels treballs publicats: General sobre Tecnologia Ambiental

Nom de la publicació: Environmental Technology

Editorial: Selper Ltd.

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: General sobre Tecnologia Ambiental

Nom de la publicació: Journal of Hazardous Materials

Editorial: Elsevier

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Contaminació ambiental i tractaments aplicats

Nom de la publicació: Chemosphere

Editorial: Elsevier

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Contaminació ambiental i tractaments aplicats

Nom de la publicació: Journal of Environmental Quality

Editorial: American Society of Agronomy

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Qualitat ambiental en productes i processos

Nom de la publicació: Water, Air and Soil Pollution

Editorial: Springer

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Contaminació ambiental i tractaments aplicats

Nom de la publicació: Environmental Progress

Editorial: John Wiley & Sons Inc. (AIChE)

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: General de temes ambientals

Publicacions específiques:

Nom de la publicació: Water Research

Editorial: Elsevier

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Tractament d'aigües

Nom de la publicació: Water Science and Technology

Editorial: IWA Publishing

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Tractament d'aigües

Nom de la publicació: Water Environment Research

Editorial: Water Environment Federation

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Tractament d'aigües

Nom de la publicació: Waste Management

Editorial: Elsevier

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Gestió i tractament de residus

Nom de la publicació: Waste Management and Research

Editorial: ISWA

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Tractament de residus sòlids

Nom de la publicació: Compost Science and Utilization

Editorial: JG Press

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Compostatge

Nom de la publicació: Biocycle

Editorial: JG Press

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Gestió i tractament de residus orgànics

Nom de la publicació: Journal of the Air & Waste Management Association

Editorial: Air & Waste Management Association

Disponible UAB: No

Àmbit dels treballs publicats: Tractament de gasos i residus sòlids

Nom de la publicació: Journal of Cleaner Production

Editorial: Elsevier

Disponible UAB: Via web

Àmbit dels treballs publicats: Producció més neta