

Crisol

Suplemento de Ciencia y Tecnología N°230 Noviembre 2009



Puentes viejos, carreteras peligrosas... y soluciones

Foto: Lanamme.

Elizabeth Rojas Arias

El mantenimiento preventivo en el puente entre Turrubares y Orotina habría evitado su colapso.

<elizabeth.rojas@ucr.ac.cr>

El Programa de Investigación en Infraestructura de Transportes (Pitra) del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme-UCR) dio a conocer en un foro de investigación 12 proyectos y diagnósticos que contribuirían a solucionar los problemas en las carreteras y caminos del país.

De las investigaciones que expusieron los especialistas del Lanamme, una relacionada con los efectos del terremoto de Cinchona en la infraestructura vial y otra sobre los puentes de la Red Vial Nacional, confirman que los diagnósticos, el trabajo preventivo y el cumplimiento de la ley pueden salvar vidas y ahorrar recursos al Estado.

Este foro se realizó el 23 de octubre, un día después del colapso del puente sobre el río Tárcoles, el cual dejó como saldo cinco personas fallecidas, varias heridas y dos poblaciones incomunicadas.

El Dr. Guillermo Santana Barboza, investigador de Lanamme, quien ha realizado un diagnóstico del estado de varios puentes del país, manifestó que el mantenimiento preventivo en el puente entre Turrubares y Orotina habría evitado el colapso de este.

Por su parte, el Dr. William Vargas Monge, coordinador del Programa de Ingeniería Sísmica del Lanamme, expuso un estudio sobre los daños causados por el terremoto de Cinchona, ocurrido el 8 de enero pasado, así como otro de la ruta nacional 126 (Vara Blanca), realizado en 2004, cuyas conclusiones coinciden con la destrucción que provocó el sismo del 2009.

La topografía de la zona, con laderas empinadas y con procesos de erosión y cañones profundos de los ríos; las fallas sísmicas activas; la zona de paso entre dos volcanes; la influencia del clima y los suelos saturados ya habían sido contemplados en el trabajo de 2004. Asimismo, los perfiles de vulnerabilidad en la ruta 126 con la amenaza de flujos de lodo, que afectaría puentes antiguos de corta longitud y alcantarillas, así como los taludes de corte de gran altura con pendientes excesivas y relleno de gran espesor sobre laderas sin compactación.

El Ing. Jorge Arturo Castro Herrera presentó un nuevo manual denominado *Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (CR-2010)*,



En el 2004, investigadores de Lanamme habían realizado un estudio sobre la vulnerabilidad de la zona entre Alajuela-Poasito-Vara Blanca y San Miguel de Sarapiquí, afectada por el terremoto de enero de este año (foto RSN).

elaborado por un grupo de 18 ingenieros y dos abogados, el cual está siendo revisado por una comisión del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Consejo Nacional de Vialidad (Conavi), el Consejo Nacional de Concesiones y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Este documento sería la guía que permitiría modernizar la manera de construir infraestructura vial, acorde con los requerimientos actuales y la tecnología de un país desarrollado, expresó el Ing. Castro, quien coordina esta publicación, que se espera esté disponible en el 2010.

Vigilancia en puentes

“El ente rector del sector debe contar con un organismo de inspección de puentes que asuma la responsabilidad del establecimiento de políticas y procedimientos de inspección, para el control y el aseguramiento de la calidad”, aseguró el Dr. Santana.

Con respecto al colapso del puente en la ruta nacional 137, el especialista explicó que la fractura se dio en la parte superior de la torre, de manera que los cables del lado de Turrubares fallaron casi al mismo tiempo, por eso el bus accidentado tuvo una caída libre y no se volcó. Él observó que había manchas de corrosión en el lugar de la torre donde se encontraban las monturas de los cables.

El diseño de este puente data de 1920, está construido con segmentos independientes unidos por pines articulados, esto permitía que el tablero (superficie de rodamiento) tuviera flexibilidad y cada vez que pasaba un vehículo se creaban ondas que llegaban a los cables. Estas ondas producen tracción y compresión que se propaga a lo largo de los cables, permitiendo aberturas entre los hilos del cable. Las aberturas posibilitan la penetración del agua y esta a la vez genera corrosión, que tiende a debilitar el acero hasta hacerlo perder su capacidad.

Esta pérdida de capacidad parece haber sido más grave en las monturas del cable sobre la torre, porque en esos sitios se presenta un desgaste adicional por abrasión, afirmó Santana.

Otros puentes críticos

En una visita realizada por el equipo del Lanamme a 17 puentes en diferentes partes del país, se verificó que estas estructuras no reciben mantenimiento rutinario con suficiente frecuencia.

Algunos de los puentes visitados fueron el Torres entre Guadalupe y Barrio Amón, el cual podría colapsar en caso de un terremoto en el Valle Central, debido a que es un puente sesgado, construido en 1956 y que no cuenta con buen apoyo; su posibilidad de desplazamiento ante un sismo es muy grande y el espacio para ello es corto.

Otro puente vital es el que se encuentra en la ruta 32 sobre el río Chirripó, entre Siquirres y Limón; es el segundo más largo del país con 430 metros, tiene un tránsito promedio diario de 7 200 vehículos, fue dañado en el terremoto de abril de 1991 y las reparaciones no se adaptan a la naturaleza del diseño original del puente.

Santana consideró que si ocurriera otro sismo, la estructura no tendría posibilidad de desplazamiento longitudinal y también colapsaría.

La vida útil de un puente es de 75 años, dijo Santana, y llamó la atención sobre este aspecto porque aseguró que el 90 por ciento de los puentes de la Red Vial Nacional está en su edad media. Más de la mitad de los puentes analizados tienen como promedio 50 años de construidos y un 40 por ciento tiene más de 30 años de uso.

Un centro del siglo XXI

Alice L. Perez, Ph.D.

Directora del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona)

CIPRONA



El Ing. Rafael Ocampo, investigador asociado de Ciprona y empresario en el campo de las plantas medicinales, aparece junto a Silvia Soto, cuando en 1987 era estudiante de la licenciatura en Química.

El Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona) cumplió este año su aniversario 30 de una labor continua en el campo de la prospección de la biodiversidad costarricense.

En el año 2005, los investigadores García-González¹ y Morales realizaron un estudio bibliométrico sobre el tema de plantas medicinales en Costa Rica, el cual comprendió el período de 1930 a 2001. Los autores recopilaron 416 trabajos, de los cuales, el 52 por ciento corresponde a aportes realizados por la Universidad de Costa Rica (UCR) y de ellos, los estudios fitoquímicos constituyen el 70 por ciento de las investigaciones (292 trabajos).

Estos resultados confirman con números lo que es un “sentir” frecuente, que los estudios “en plantas” son una actividad común en el medio costarricense.

En el ámbito de la UCR, la actividad se inició con la fundación de la universidad misma y desde el Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona), en 1974. En ese año, aparecieron las primeras publicaciones de jóvenes investigadores, que años más tarde conformarán el Ciprona.

Este Centro, como muchos de los primeros centros de investigación de nuestra universidad, cobró existencia administrativa con las reformas planteadas en el III Congreso Universitario. De esta manera, el Ciprona se creó a finales de 1978 y quedó oficialmente instaurado en febrero de 1979.

Sus fundadores

Los fundadores del Centro, profesores de la Escuela de Química y de la Facultad de Farmacia, fueron José G. Calzada, Víctor Castro, Oscar Castro, José F. Cicció, José López y Gerardo Mora. Este grupo de químicos y farmacéuticos fueron acompañados por la pericia botánica y etnobotánica de Jorge Gómez Laurito y Jorge Luis Poveda y la agrónoma de Rafael Ocampo, entre muchos otros.

Al trabajo previo de estos investigadores debe sumarse otro antecedente importantísimo: los trabajos de José Alberto Saénz Renaud; todo esto dio la base a las autoridades universitarias de la época para que consideraran la conformación de un grupo de investigación en el área de productos naturales.

Saénz Renaud, farmacéutico, profesor e investigador de la Escuela de Biología de la UCR, micólogo y estudioso de los

productos naturales, desarrolló durante la década de los años sesenta una serie de investigaciones fitoquímicas de la flora costarricense, tal y como lo demuestran sus numerosas publicaciones en la *Revista de Biología Tropical*.

En esos mismos años, su asociación con el destacado investigador estadounidense, Morris Kupchan, uno de los pioneros a escala mundial en el estudio de los productos naturales, y su actividad biológica, concentrada principalmente en la actividad anticáncer, le permitieron ser partícipe de publicaciones en prestigiosas revistas internacionales tales como *Science*, lo cual hizo posible dar a conocer los promisorios tesoros producidos por nuestra flora.

Desde 1974 hasta 2009, el Ciprona, mediante sus diferentes actividades de investigación y gracias al trabajo activo de sus miembros fundadores (continúan en labores de investigación los profesores Víctor Castro y José F. Cicció) y de las nuevas generaciones de profesores y profesoras, acompañados por un grupo entusiasta de jóvenes tesisistas, ha investigado, solo en el área de la fitoquímica, más de 200 plantas de la flora costarricense, pertenecientes a más de 30 familias. Esto se refleja en alrededor de 270 publicaciones en revistas científicas.

Paralelamente, el centro también ha incursionado en el área de productos no tradicionales del agro costarricense.

Con ello, la década de los años ochenta y posteriores nos dejó grandes experiencias de investigación sobre colorantes naturales. Ejemplos de esto son los colorantes a partir de achiote, sorrel y cúrcuma; los estudios de calidad en mieles de abeja; estudios en peji-baye con la colaboración de otro gran universitario, Jorge Mora Urpí (¿como olvidar la famosa harina de peji-baye y de su inhibidor de tripsina que tantos dolores de cabeza dio!); los estudios con guanábanas gigantes y jugosas o las giras para ir en busca de cacao y estudiar su fermentación; el hombre grande (*Quassia amara*) de Rafael Ocampo o los extractos de ipecacuana; los almidones; la síntesis de las primeras feromonas de insectos como estrategia de control de plagas y muchísimo más que sería muy largo de contar.

Prospección de la flora aromática

A partir del año 1995, se inició un ambicioso proyecto relacionado con la prospección de la flora aromática de Costa Rica (se han estudiado más de 40 plantas pertenecientes a 15 familias diferentes, trabajo desarrollado por el profesor Cicció, quien ha publicado cerca de 50 artículos científicos solo en esta área).

Con el paso de los tiempos, nuevas áreas emergieron dentro del quehacer del Centro. El trabajo de investigación, inicialmente orientado sobre todo al área fitoquímica clásica, se fue

combinando poco a poco con otras áreas propias de la evolución de esta área de productos naturales.

Es así como del estudio per se de elucidación estructural en plantas, se busca ahora con el asocio y entendimiento, elucidación de mecanismos de acción de actividades biológicas (por ejemplo, antiinflamatoria, anticáncer, entre otras).

La biotecnología vegetal, cuyos objetivos se orientan hacia el estudio de metabolitos de plantas costarricenses producidas in vitro, a los estudios de rutas metabólicas (metabólica) y biorremediación; la biotecnología microbiana, en busca de transformaciones de alto valor agregado de productos agrícolas no tradicionales, o la síntesis de nuevos compuestos, siempre inspirados en productos naturales, con el fin de encontrar nuevos medicamentos contra males como la malaria, la leishmania o el cáncer.

Todas las investigaciones del centro son transdisciplinarias, cuentan con el apoyo de otras áreas del conocimiento (aspectos agronómicos, biológicos, ingenieriles, económicos, entre otros), lo que da al estudio de productos naturales una visión global y completa. Unido a esta labor de investigación ejecutada por investigadores y estudiantes y apoyada por personal administrativo, se suma la divulgación a través de talleres, simposios, charlas, consultas, colaboración con la industria y grupos no gubernamentales. Todo esto conforma el quehacer diario de una organización que se dibujó, se pensó y se proyectó como un centro del siglo XXI.

A la luz de un aniversario, las reflexiones son muchas y diversas, lo cual abre también el espacio para la autocrítica y plantear, como lo hicieron en su momento sus fundadores, los retos de un Ciprona del próximo siglo.



Investigadores de Ciprona y estudiantes, en 1992, con motivo de realizarse en la UCR un congreso de la Sociedad Estadounidense de Farmacognosia.

García-González, M.; Morales, C. Análisis de la literatura sobre plantas medicinales en Costa Rica (1930-2001), *Lankesteriana*, 2005, 5, 1.

UCR confirma nueva cepa de *Clostridium difficile* resistente a antibióticos

Lidiette Guerrero Portilla <lidiette.guerrero@ucr.ac.cr>

Una resistencia muy alta a tres antibióticos tiene la cepa 001 o NAP1 de *Clostridium difficile*, que circula en el país y que es idéntica a la hipervirulenta o superbacteria NAP1, responsable de la mayoría de brotes y complicaciones por diarreas en 250 hospitales de Estados Unidos y Europa, la cual ahora se describe por primera vez en Centroamérica.

Este es uno de los resultados de las investigaciones realizadas por el Laboratorio de Investigación en Bacteriología Anaerobia (LIBA) de la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica (UCR), con el apoyo del Laboratorio Nacional de Microbiología de Canadá.

A la fecha, llevan 88 aislamientos de *Clostridium difficile*, con los cuales confirman no solo la variante NAP1 hipervirulenta, sino también otras diferentes: las toxigénicas tradicionales NAP2, NAP9, 100 y 450; la 447, 448 y 449, que son autóctonas, toxigénicas, con características moleculares, que sugieren alteraciones en la cantidad de toxina que producen y finalmente, la cepa no toxigénica.

La NAP1 presentó resistencia a Clindamicina, a Ciprofloxacina y a Moxifloxacina (con concentraciones mínimas inhibitorias para estas dos últimas drogas superiores a 32 µg/ml, lo que significa una muy alta resistencia). Las variantes autóctonas mostraron una resistencia similar, pero las concentraciones mínimas inhibitorias para la Clindamicina fueron aún mayores (superiores a los 256 µg/ml).

La Dra. Evelyn Rodríguez Cavallini, directora del LIBA, explicó que afortunadamente no encontraron resistencia a antibióticos como Metronidazol, Vancomicina y Amoxicilina, aunque hizo un llamado de atención en el sentido de que las concentraciones mínimas inhibitorias de los últimos aislamientos, provenientes del Hospital San Juan de Dios, resultaron muy altas (de 8 µg/ml cuando lo esperado era 1,5 µg/ml) para el caso específico de Vancomicina.

Bacteria especial

La *Clostridium difficile* es causante de un aumento considerable en la incidencia y mortalidad por diarrea adquirida en dicho hospital. La severidad de los cuadros que produce depende de la cepa, del sistema inmunológico y de la edad del paciente. Generalmente se le asocia al consumo de antibióticos

y de antiácidos, a una enfermedad de fondo y a la permanencia hospitalaria; no obstante, cada vez más esos requisitos son superados por las cepas más virulentas.

En el último año, en el mundo se han encontrado casos en población que se creía de bajo riesgo, porque eran personas menores de 65 años, sin enfermedades de fondo, no habían estado hospitalizadas ni con terapia de antibióticos previamente.

La forma de transmisión de la bacteria es oral-fecal, de paciente a paciente, de personal médico a paciente y de portador a individuo sano en la comunidad.

La bacteria se reproduce por gran cantidad de células vegetativas, algunas de las cuales se transforman en esporas. Cuando son ingeridas por un individuo con el intestino alterado, se implantan y comienzan a producir las toxinas A y B. Algunas cepas (como la hipervirulenta) producen además la toxina binaria. Las toxinas son las que provocan un aumento de las sustancias inflamatorias y con ellas la diarrea. Las complicaciones pueden ser: colitis pseudomembranosa, megacolon tóxico y perforación intestinal, lo que puede producir la muerte.

Las esporas resisten no solo el ácido del estómago, sino también el alcohol, los detergentes y todos los mecanismos de desinfección tradicionales en ambientes hospitalarios.

Los casos se complican en personas mayores de 65 años, cuya patología de fondo no permite suspender los antibióticos. También se dan algunos casos de diarreas recurrentes.

La cepa 001, que se identificó en Costa Rica, produce las mismas toxinas que NAP1, la más agresiva de las cepas de *Clostridium difficile*. Esta genera 16 veces más toxina A y 23 veces más toxina B durante más tiempo; tiene toxina binaria, una alteración en el gen que regula la producción de toxinas, una esporulación aumentada y resistencia a algunos antibióticos.



Especialistas universitarios analizan cepas de *Clostridium difficile* en crecimiento.

El equipo de trabajo del Laboratorio de Bacteriología Anaerobia (LIBA) de la UCR ha estudiado la *Clostridium difficile* desde hace cinco años.

Más estudios

Desde hace cinco años, el LIBA estudia la *Clostridium difficile* y gracias a esa experiencia, a los materiales que puso a disposición y al apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) pudo procesar más de 400 muestras, durante el período de duración del brote, que afectó este año al menos a 380 pacientes de los hospitales San Juan de Dios, México, Blanco Cervantes y el Centro Nacional de Rehabilitación (Cenare), entre otros. Aunque no se ha confirmado, se cree que también provocó la muerte a unas 17 personas.

En 2004, habían confirmados un 30 por ciento de casos de diarrea provocada por esa bacteria en el Hospital San Juan de Dios, un 15 por ciento en el Hospital Nacional de Niños y un 12 por ciento en el Blanco Cervantes.

En menores de seis meses se ha encontrado la bacteria con frecuencia, pero sin producir la enfermedad, pues según explicó la Dra. Rodríguez, carecen del receptor de las toxinas, tienen "mucus" en abundancia y han recibido defensas del calostro de la madre.

Con todo el conocimiento del que se dispone hoy, los hospitales nacionales están cambiando los patrones de higiene y desinfección y hacen un uso más racional de algunos antibióticos, manifestó la especialista.

"Lo interesante es que con la campaña de educación, tanto de lavado de manos y de otros cuidados hospitalarios, se logró que bajara la crisis y que, en el Hospital San Juan de Dios, aunque circula la NAP1, y aunque se siguen presentando casos, no hay nuevos brotes" agregó.

No obstante, el trabajo para el equipo del LIBA aún no acaba, pues continuará con los análisis moleculares del genotipo de las cepas, ante la sospecha de que se podrían encontrar diferencias en la producción de toxinas, lo que obliga a estudiar sus mutaciones con más cuidado.

Para Rodríguez, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) debería establecer un programa de vigilancia epidemiológica, para conocer la distribución y permanencia de la variante NAP1 en otros hospitales del país, así como establecer una correlación entre las variantes que circulan en el hospital y la evolución clínica de los pacientes.

También es necesario darle seguimiento a las variaciones que puedan presentarse en el patrón de susceptibilidad a los antibióticos. Para esto se requiere establecer un convenio entre el LIBA y la CCSS, que permita no solo financiar los estudios, sino también mantener la orientación de investigación que por años ha tenido ese laboratorio universitario.

Latinoamérica y Europa se unen para crear combustibles alternativos

Manrique Vindas Segura
<mvindas@vinv.ucr.ac.cr>

La Universidad de Costa Rica (UCR) forma parte de un proyecto de investigación conjunto entre varias universidades y empresas europeas, junto con instituciones de investigación y empresas de México y Uruguay, para obtener etanol a partir de residuos agrícolas.

El proyecto se denomina “Nueva materia prima y proceso innovador de transformación para un desarrollo más sostenible en la producción de etanol lignocelulósico”.

Por la Unión Europea están involucradas instituciones de Francia, Italia, España y Finlandia. La propuesta posee la ventaja de que evita “quemar” alimentos para producir combustibles, como ha ocurrido con la elaboración de carburantes a partir de maíz.

En lugar de malgastar alimentos de consumo humano, el proyecto busca obtener energía a partir de residuos sólidos de la agricultura. Estos no compiten con la producción alimentaria, y su utilización como biomateriales energéticos contribuye a reciclar cáscaras y otros sobrantes de los procesos productivos agrícolas, al tiempo que economiza en el uso de la tierra y en el consumo de agua.

Otra ventaja es que la utilización de estas fuentes alternativas de energía genera fuentes de empleo y son más amigables con la naturaleza, ya que bien utilizadas reducen la contaminación y las emisiones netas de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

En este proyecto se investigan formas de transformar residuos agrícolas en azúcares, los cuales a su vez se puedan fermentar para obtener alcohol. Este alcohol se mezclará luego con la gasolina, lo cual ayuda a disminuir la dependencia política y económica del petróleo.

El proyecto se concentra en cuatro diferentes fuentes alternativas de energía. En América se estudiará el bagazo de agave azul en México y el pinzote de palma en Costa Rica. En Europa, el orujillo resultante de la extracción del aceite de oliva en España y el olote de maíz en Francia.

Unión de experiencias

En el proyecto participan cerca de 15 instituciones entre universidades, empresas privadas y organismos estatales de ambos continentes, lo que constituye un ejemplo de cooperación internacional para el desarrollo científico.

Tanto las instituciones europeas como latinoamericanas aportarán sus conocimientos en aquellas áreas en las cuales tienen mayor experiencia y especialización.

Así, por ejemplo, la empresa finlandesa VTT (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus) producirá las enzimas que harán posible la transformación de la celulosa de los residuos



El Dr. Julio Mata, investigador de la Escuela de Química de la UCR, trabaja junto con estudiantes de posgrado, en la búsqueda de diferentes fuentes alternativas de energía.

en azúcares. En Uruguay, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) se encargará de investigar qué otros residuos agrícolas podrían ser biomásas utilizables para producir etanol.

Por su parte, la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) aportará sus amplios conocimientos en química de celulosa y biotecnología.

En Italia, el laboratorio agrícola de la Università degli Studi di Udine también estudiará las posibilidades de valorización de materiales de desecho agrícola.

La UCR, por su parte, desempeñará un papel importante por medio del Laboratorio de Química Bioorgánica de la Escuela de Química, en el marco del Programa Institucional en Fuentes Alternativas de Energía (Prifae).

A esta unidad le corresponderá no solo parte de los análisis de constitución química de los materiales de partida, sino la ejecución de ensayos de transformación enzimática y el seguimiento de los resultados de todos los participantes, tanto europeos como latinoamericanos.

Es decir, que además del análisis de muestras, transformación

de materiales y medición de la rapidez de transformación (cinética de las transformaciones), la UCR desempeñará tareas de seguimiento e interpretación de los datos.

El proyecto tiene una vigencia de cuatro años y recibe un financiamiento total cercano a los 3,2 millones de euros, que equivale a unos ₡2 700 millones de colones. De estos, ₡150 millones corresponden a financiamiento para la UCR. La primera parte de ₡50 millones la recibió la Institución a principios de setiembre de este año.

Producción eficiente

Este proyecto tiene gran importancia económica y científica, porque busca obtener etanol por sacarificación de celulosa de biomásas residuales agroindustriales y su posterior fermentación alcohólica.

Según explicó el Dr. Julio Mata Segreda, investigador de la Escuela de Química de la UCR, “la valoración de estas biomásas residuales requiere desarrollar conocimiento sobre la deconstrucción de las fibras vegetales, para lograr la acción

de enzimas celololíticas, que producirá oligosacáridos fermentables. El destino del etanol es su uso como carburante mezclado con la gasolina”.

Mata agregó que de los biomateriales con que actualmente se produce etanol, la caña de azúcar tiene mayor eficiencia energética. Es decir, que con el etanol derivado de la caña de azúcar se obtiene la mayor cantidad de energía, a la vez que se consume la menor cantidad de energía en obtener ese etanol.

De manera similar, el biodiésel se usa para mezclarlo con el diésel, y en este caso, la mayor eficiencia energética la exhibe el biodiésel derivado de palma aceitera (ver recuadro de eficiencia energética).

Criterio de eficiencia de un biocombustible
La energía empleada en las fases agrícola e industrial para la obtención del biocombustible debe ser menor a la energía generada por el uso del biocombustible.
Índice de eficiencia energética = $\frac{\text{Energía generada por su uso}}{\text{Energía empleada en su obtención}}$

Eficiencia energética para biocombustibles (primera ley de la termodinámica)	
Biocombustible	Eficiencia energética
✓ Biodiésel derivado de palma	✓ 9
✓ Biodiésel derivado de soya	✓ 3
✓ Biodiésel derivado de colza	✓ 2,5
✓ Etanol derivado de maíz	✓ 1,3
✓ Etanol derivado de remolacha	✓ 2
✓ Etanol derivado de caña azucarera	✓ 8
✓ Gasolina o diésel (petróleo)	✓ 0,8

Fuente: Dr. Julio Mata, Escuela de Química de la UCR.

Crisol Noviembre 2009, No. 230. Semanario Universidad, edición No. 1831. Publicación mensual de la Oficina de Divulgación e Información (ODI) de la Universidad de Costa Rica.

Editores: Patricia Blanco Picado. **Colaboraron en este número:** Elizabeth Rojas, Manrique Vindas y Lidiette Guerrero, periodistas.

Alice L. Perez, Ph.D., Directora del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona).

Fotografía: Omar Mena y Luis Alvarado. **Diseño y Diagramación:** Thelma J. Carrera Castro.

Edificio administrativo C. 1er. Piso.

E-mail: patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

Sitio Web: http://www.odi.ucr.ac.cr

Teléfono: 2511-4796

Fax: 2511-5152