

# RIACRE

Red Iberoamericana y del Caribe  
de Restauración Ecológica



# RIACRE

## Boletín

Volumen 7 / No. 3

*Boletín Divulgativo de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica*

*Tercer y cuarto trimestre julio – diciembre de 2013*

## Editorial

## Contenido

Apreciados restauradores de Iberoamérica y el Caribe un saludo fraternal. Hace cuatro meses terminó nuestro III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica y II Congreso Colombiano de Restauración Ecológica, para alegría nuestra, todo resultó muy bien y el éxito es consecuencia del aporte de todos. Por tal motivo, quiero darles las gracias de una manera muy especial, esto demuestra que podemos



**José Ignacio Barrera**  
Presidente  
Sociedad Iberoamericana y  
del Caribe de Restauración  
Ecológica –SIACRE-

unirnos para alcanzar los objetivos propuestos. Después de dos años intensos de organización del Congreso y de su final feliz, lo que quedó claro para la nueva Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (SIACRE) es que tendrá mucho trabajo por desarrollar de cara hacia el futuro. Desde nuestra temática, que no es otra cosa que la restauración ecológica de las áreas degradadas o sistemas degradados, es mucho lo que podemos aportar para lograr un cambio de actitud de nuestras gentes frente a la gestión del territorio. De seguro, podremos incidir en los diferentes estamentos de la sociedad: los gobiernos, las empresas, las organizaciones de base y comunidades en general para iniciar el cambio de la cultura de la destrucción a la cultura de la construcción. Está claro que somos

diferentes, que tenemos ritmos diferentes, pero también está claro que tenemos un objetivo común y es contribuir por tener un mundo mejor. Independientemente del país donde vivamos, de los ecosistemas existentes en cada uno de ellos, los disturbios siempre generarán deflexiones o pérdidas en todos los niveles de la biodiversidad, la cuestión sería; ¿cómo evitar aquellos daños antrópicos que no sean necesarios?, ¿cómo restaurar aquellos ecosistemas que ya se encuentran dañados? y ¿cómo lograr un manejo sostenible?. Son muchas las tareas a realizar para los próximos años tanto por la Sociedad como por sus miembros, entre la cuales estarían: 1) la conformación y consolidación de las redes nacionales de restauración ecológica, 2) la producción de herramientas para el abordaje de la restauración ecológica de acuerdo con la idiosincrasia de cada país, 3) la generación de planes de capacitación en el tema de la restauración ecológica para los diferentes estamentos sociales de nuestros países, 4) la documentación de las experiencias de restauración, 5) la investigación en los diferentes problemas generados por los disturbios o herramientas usadas para acelerar el proceso de restauración, 6) la generación de planes nacionales, regionales y locales de restauración ecológica, 7) la generación de una cultura y de recursos para la evaluación y seguimiento de los proyectos de restauración ecológica, 8) el fortalecimiento de los congresos de las redes nacionales y de la Sociedad, 9) la implementación de estrategias de apropiación de los proyectos de restauración ecológica por parte de las comunidades, y 10) la generación de estrategias y mecanismos de comunicación. Con base en esas tareas es importante que antepongamos los intereses comunes por los intereses personales de tal manera que logremos los resultados esperados. Para terminar les deseamos de todo corazón unas felices fiestas y un año lleno de mucha prosperidad.

EDITORIAL	1
IV CONGRESO DE RIACRE	2
III CONGRESO DE RIACRE	3
ARTICULOS DIVULGATIVOS	6
RESEÑAS	14
EVENTOS	16
BOLETIN RIACRE INFORMA	19

## Comité editorial

**JOSÉ IGNACIO BARRERA-CATAÑO**  
Escuela de Restauración Ecológica (ERE),  
Colombia.

[barreraj@javeriana.edu.co](mailto:barreraj@javeriana.edu.co)

**CONSUELO BONFIL**  
Facultad de Ciencias, UNAM  
México.

[cbonfil@ciencias.unam.mx](mailto:cbonfil@ciencias.unam.mx)

**MAURICIO BALENSIEFER**  
Sociedade Brasileira de Recuperação de  
Áreas Degradadas, Brazil

[mauricio@sobrade.com.br](mailto:mauricio@sobrade.com.br)

**DANIEL R. PÉREZ**  
Universidad Nacional del Comahue,  
L.A.R.R.E.A, Argentina

[ddeneuquen@yahoo.com](mailto:ddeneuquen@yahoo.com)

**MAURICIO AGUILAR-GARAVITO**  
Escuela de Restauración Ecológica (ERE),  
Colombia

[mauricioaguil@gmail.com](mailto:mauricioaguil@gmail.com)

**DIANA RONDÓN CAMACHO**  
Escuela de Restauración Ecológica (ERE),  
Colombia

[dicar01.1@gmail.com](mailto:dicar01.1@gmail.com)

## *IV Congreso SIACRE – Argentina. Abril 2015*

Con los objetivos de mantener el excelente nivel académico y organizativo de Colombia 2013, cumplir las expectativas de la SIACRE, y aportar soluciones efectivas para revertir el proceso de degradación de nuestros ecosistemas, los eco-restauradores argentinos hemos aceptado, con mucho gusto y compromiso, el desafío de organizar el próximo congreso de la Sociedad (aprobado por unanimidad durante la sesión fundacional del martes 30 de Julio de 2013 en Bogotá). Esperamos brindar los espacios necesarios para el tratamiento tanto de los temas clásicos como de los aspectos de actualidad, utilizando los cuatro ejes tradicionales de esta inter-disciplina: investigación científica, práctica profesional, participación social, y desarrollo de políticas públicas. Asimismo, facilitaremos todos los recursos posibles para que los aportes y las discusiones de los colegas se reflejen en propuestas concretas y en documentos vinculantes. En particular, fomentaremos el debate y la generación de conclusiones en aspectos controvertidos considerando el panorama mundial actual de la restauración ecológica: dimensión social (visión latinoamericana), ecosistemas de referencia, factores causales de la degradación, responsabilidad individual e institucional (roles), políticas transnacionales, modelo económico y hábitos de consumo, prioridades de investigación-acción, prioridades de financiación.

El evento se llevará a cabo en la ciudad de Buenos Aires y contará con actividades previas y posteriores, incluyendo visitas a ecosistemas representativos de Argentina con experiencias de restauración y/o sistemas de monitoreo: bosques subtropicales húmedos (selva Paranaense en la provincia de Misiones; selvas de Yungas en Salta-Jujuy-Tucumán), bosques secos del Gran Chaco (Santiago del Estero-Chaco-Formosa), pastizales subtropicales de Mesopotamia (Corrientes-Misiones), bosques perennifolios templados de Espinal (Entre Ríos-Santa Fe-Córdoba), estepas arbustivas semi-áridas (Monte Austral en Mendoza-Neuquén-La Pampa-Río Negro-Chubut), estepas áridas de Patagonia (Chubut-Santa Cruz), bosques templado-fríos de Patagonia (Neuquén-Río Negro-Chubut-Santa Cruz-Tierra del Fuego), y humedales en diversas regiones. Incluiremos visitas en urbanizaciones y sistemas productivos (agricultura, forestaciones, ganadería, minería, hidrocarburos).

El IV congreso SIACRE es organizado por la Universidad Maimónides y la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, como instituciones anfitrionas, y co-organizado por la Red de Restauración Ecológica de Argentina (REA) integrada por numerosos investigadores e instituciones académicas y científico-técnicas comprometidos con la protección ambiental de las diversas ecorregiones del país. Invitamos a toda la comunidad Iberoamericana y del Caribe a participar de evento, a fortalecer el crecimiento y consolidación de la disciplina en nuestra región, así como a mantener e incrementar los vínculos con las diversas organizaciones existentes: Sociedad Brasileña de Recuperación de Áreas Degradadas (SOBRADE), la Red Colombiana de Restauración Ecológica (RECRE), Red Mexicana para la Restauración Ambiental (REPARA), Grupo Cubano de Restauración Ecológica, SER-International, SER Europa, SER Australasia. Esperamos y alentamos el surgimiento de redes e instituciones en África.

**Además de debates-contribuciones-resultados, asado, vino y tango, ¡los esperan en Argentina 2015!**

**Información: Gustavo Zuleta    Presidente del Comité Ejecutivo**

Dpto. de Ecología y Ciencias Ambientales, CEBBAD, Universidad Maimónides, Buenos Aires, Argentina; y Grupo de Rehabilitación Urbano-Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

[zuleta.gustavo@maimonides.edu](mailto:zuleta.gustavo@maimonides.edu)

[sicre2015@maimonides.edu](mailto:sicre2015@maimonides.edu)

*Artículo divulgativo***RECUESTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MARCO DEL III CONGRESO IBEROAMERICANO Y DEL CARIBE DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y DEL II CONGRESO COLOMBIANO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

**José Ignacio Barrera-Cataño<sup>1</sup>, Mauricio Aguilar-Garavito & Jessica Rubio**  
Escuela de Restauración Ecológica, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.

**A**preciados colegas con el presente boletín queremos hacer entrega de un pequeño informe relacionado con el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica y el II Congreso Colombiano de Restauración Ecológica, realizado en Bogotá, Colombia, entre el 29 y 31 de julio de 2013.

**1. Cursos pre-congreso:** Entre el 24 y 25 de julio de 2013, se realizaron cuatro cursos con los siguientes títulos: 1) La integración de la población local en las actividades de restauración, responsable: Eliane Ceccon (Brazil-México); 2) Ecología de bosques de manglar: manejo y restauración, responsables: Jorge Herrera y Claudia Teutli (México); 3) Pensamiento sistémico aplicado a la restauración ecológica, responsable: James Griffith (Brazil-USA); y 4) Restauración de ecosistemas forestales degradados: teoría y práctica, responsables: Cristian Echeverría y Cecilia Smith (Chile). El total de asistentes fueron 220 personas, en promedio 55 personas por curso y se otorgaron 42 becas, la cuales fueron financiadas por las diferentes instituciones que se vincularon como patrocinadoras del Congreso. Los cursos fueron realizados en las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana, quién facilitó la infraestructura necesaria como un apoyo al éxito del Congreso.

**2. Jornada de Inauguración:** La inauguración se realizó el día 28 de julio de 2013 en las instalaciones del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Dicho evento fue posible gracias a la vinculación de dicha institución a la realización del Congreso. En esta jornada se realizaron las siguientes actividades: 1) Un pequeño recorrido por las instalaciones del Jardín Botánico; 2) Palabras de apertura y bienvenida al Congreso; 3) Acto cultural a cargo de la Orquesta Filarmónica del Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud y por el grupo de danza Tierra Colombiana; y 4) Coctel de bienvenida e integración.

**3. Actividades del Congreso:** Las actividades académicas del Congreso propiamente dichas se realizaron en las instalaciones del Hotel Casa Dann Carlton. Al evento asistieron 480 personas de 18 países, las delegaciones más representativas fueron las de Colombia, Brazil, Argentina y México. Entre las actividades se destacan las siguientes:

**3.1. PONENCIAS MAGISTRALES:** Con estas ponencias se buscaba la contextualización y actualización por parte de los asistentes respecto a los avances y perspectivas de la restauración ecológica a nivel mundial. En total se realizaron nueve charlas con los siguientes temas: 1.) Las influencias de la filosofía ambiental latinoamericana sobre las prácticas de la restauración ecológica. Responsable: James Griffith Universidad Federal de Viçosa (Brazil); 2.) Meeting the realities of the global restoration challenge: hurdles and hope (Encuentro de Realidades del desafío de la restauración global: obstáculos y esperanzas). Responsable: Richard Hobbs, University of Western Australia; 3.) Let nature do the work: restoration of disturbed habitats by means of spontaneous succession (Dejemos a la naturaleza hacer el trabajo. Restauración de habitats disturbados por minería a través de la sucesión espontánea). Responsable: Karel Prach. University of Ceske Budejovice- Czech Academy of Sciences (Czech Republic); 4.) Esfuerzos y retos de la restauración de ecosistemas en américa latina: ¿cuánto hemos avanzado y qué nos falta? Responsable: Cristian Echeverría. Universidad de Concepción (Chile); 5) Restauración ecológica para combatir la desertificación en un contexto de cambio climático. Responsable: Jordi Cortina, Universidad de Alicante, (España); 6) ¿Restauramos suelos o eliminamos residuos?. Responsable: Pilar Andrés. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) (España); 7) Restauración ecológica en manglares: ¿a qué retos nos enfrentamos? Responsable: Jorge Herrera. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (México); 8.) Avances en el conocimiento para la restauración de los bosques tropicales secos: el caso del género *Bursera* en México. Responsable: Consuelo Bonfil Universidad Nacional Autónoma de México; y 9.) Hacia la Restauración Holística como Forma de Actuar. Responsable: James Aronson, Centre National de la Recherche Scientifique (France – USA).

**3.2. SIMPOSIOS:** en total se realizaron 26 simposios en el marco de las nueve temáticas sugeridas por el comité académico. En la Tabla 1 presentamos la distribución de los trabajos por temáticas. Dichos simposios fueron coordinados por los siguientes colegas de Iberoamérica y el Caribe:

**Temática 1:** La participación comunitaria, empresarial y estatal en los proyectos de Restauración Ecológica. Se presentaron cuatro simposios y 39 trabajos. Los títulos de simposios fueron: 1) Participación comunitaria, empresarial y estatal en los proyectos de restauración ecológica Coordinador: Gustavo Zuleta. DECA - Universidad Maimónides Buenos Aires, Argentina.

2) El papel de las instituciones estatales en la política e instrumentación de la restauración de ecosistemas degradados o áreas disturbadas. Coordinador: Olga Lucia Ospina Arango. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia; 3) Importancia de los grupos y redes en el desarrollo de la restauración ecológica y de la ecología de la restauración en Iberoamérica y el Caribe. Coordinador: Mauricio Aguilar. Escuela de Restauración Ecológica (ERE) – Bogotá, Colombia; y 4) Restauración ecológica y medidas de compensación en proyectos de infraestructura. Coordinadora: Clara Solano. Fundación Natura Bogotá, Colombia.

**Temática 2:** Restauración ecológica de áreas afectadas por minería a cielo abierto y proyectos extractivos. Dos simposios y 13 trabajos. Los títulos de los simposios fueron: 1) Realidades y perspectivas de la restauración ecológica en áreas afectadas por minería a cielo abierto. Coordinador: José Ignacio Barrera Cataño. Escuela de Restauración Ecológica (ERE) - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá - Colombia; y 2) Vinculando la restauración ecológica y el sector de hidrocarburos: estrategias para la sostenibilidad. Coordinador: Wilson Ramírez. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos – Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

**Temática 3:** Restauración ecológica de áreas afectadas por actividades agropecuarias. Tres simposios y 25 trabajos. Los títulos de los simposios fueron: 1) Restauración ecológica y agropaisajes sostenibles. Coordinadora: Zoraida Calle Díaz. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali - Colombia; 2) Restauración de áreas afectadas por actividades agropecuarias. Coordinadora: Yamileth Domínguez Haydar. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia; y 3) Restauración en paisajes rurales de Colombia, herramientas de manejo del paisaje. Coordinador: William Vargas. Corporación Paisajes Rurales y Universidad Icesi, Cali-Colombia.

**Temática 4:** Restauración ecológica de áreas afectadas por incendios forestales. Un Simposio y tres trabajos. El título del simposio fue: Restauración ecológica de áreas afectadas por incendios forestales, experiencias y perspectivas. Coordinador: Héctor Felipe Ríos. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá-Colombia.

**Temática 5:** Restauración ecológica de áreas afectadas por especies invasoras. Un simposio y 11 trabajos. El título del simposio fue: Enfoques para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies invasoras. Coordinador: Mauricio Aguilar. Escuela de Restauración Ecológica, Bogotá-Colombia.

**Temática 6:** Restauración Ecológica de ecosistemas terrestres, con cuatro simposios y 32 trabajos. Los títulos de los simposios fueron:

1) Restauración ecológica en ecosistemas de alta montaña tropical. Coordinadora: Patricia Velasco Linares. Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá, Colombia; 2) Restauración ecológica de páramos. Coordinador: Orlando Vargas. Universidad Nacional, Bogotá-Colombia; 3) Acciones para la restauración ecológica en ecosistemas de alta montaña. Coordinador: Edgar Ernesto Cantillo. Universidad Distrital. Bogotá-Colombia; 4) Avances en el conocimiento ecológico para la restauración de los bosques tropicales secos. Coordinadora: Consuelo Bonfil. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. México; y 5) Perspectivas sociales y ecológicas en la restauración de bosques tropicales estacionalmente secos. Coordinadora: Eliane Ceccon. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM. México.

**Temática 7:** Restauración de ecosistemas acuáticos. Con dos Simposios y 23 trabajos. Los títulos de los simposios fueron: 1) Experiencias de restauración ecológica costera en tres países de América: Colombia, México y Brazil. Coordinador: Carlos Villamil Echeverri. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR. Colombia; y 2) Avances y retos en la restauración ecológica de los ecosistemas de agua dulce en Iberoamérica y el Caribe. Coordinadora: Natasha Garzón, Fundación Alma. Bogotá-Colombia.

**Temática 8:** La Restauración Ecológica y los servicios ecosistémicos. Un simposio y ocho trabajos. Título: Conectividad, servicios ecosistémicos y restauración ecológica. Coordinador: Andrés Avella Muñoz. Fundación Natura, Bogotá-Colombia.

**Temática 9:** Estrategias para el éxito de los proyectos de Restauración Ecológica. Con ocho simposios, un taller y 71 trabajos. Los títulos de los simposios fueron: 1) ¿En dónde restaurar? Metas y estrategias para la priorización de la restauración a nivel paisaje. Coordinadora: Fabiola López Barrera, Instituto de Ecología, Veracruz, México; 2) Taller: introducción a la bioingeniería y aplicación en restauración ecológica. Coordina: Paola Sangalli. Asociación Española de Ingeniería del Paisaje, San Sebastián-España; 3) La importancia de la vegetación en la restauración ecológica de áreas degradadas. Coordinador: Jordi Cortina. Universidad De Alicante-España; 4) Aporte de la investigación en semillas a la restauración ecológica de áreas degradadas. Coordinadora: Alba Marina Torres González. Universidad del Valle, Cali-Colombia; 5) La fauna, un componente clave en los procesos de restauración ecológica. Coordinadora: Sandra Contreras Rodríguez. Programa de Pos-graduación de Ecología de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur. Brazil; 6) Diversidad genética: implicaciones para la restauración ecológica. Coordinadora: Grecia Montalvo. Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, Santa Clara, Villa Clara-Cuba; 7) Restauración ecológica en áreas protegidas “contexto, retos y aprendizajes” Coordinadora: Carolina Jarro. Parques Nacionales Naturales. Bogotá-Colombia;

8) Restauración de ecosistemas en Argentina prioridades y enfoques. Coordinador. Gustavo Zuleta. Dpto. Ecología y Ciencias Ambientales, CEBBAD, Universidad Maimónides. Argentina; y 9) Restauración ecológica en Brazil. Coordinador: Mauricio Balenciefer. SOBRADE-Brazil.

**3.3. Pósters:** En esta modalidad fueron presentados un total de 91 trabajos en las mismas temáticas planteadas para los simposios (Tabla 1). Cada día fueron presentados un total de 30 póster. Estos fueron expuestos durante todo el día y su presentación se realizó entre 6:00 y 7:00 pm.

**Tabla 1. Número de trabajos en modalidad ponencia o póster, discriminados por tema**

Temas	Ponencias	Pósters
La participación comunitaria, empresarial y estatal	39	9
Áreas afectadas por minería a cielo abierto y proyectos extractivos	13	8
Áreas afectadas por actividades agropecuarias	25	6
Áreas afectadas por incendios forestales	3	0
Áreas afectadas por especies invasoras	11	7
Ecosistemas terrestres	32	10
Ecosistemas acuáticos	23	7
Servicios ecosistémicos	8	1
Estrategias para el éxito de la Restauración Ecológica	71	43
<b>Total</b>	<b>225</b>	<b>91</b>

### 3.4. REUNIONES DE REDES:

#### REUNIÓN DE CONSTITUCION DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA Y DEL CARIBE DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (SIACRE).

En el marco del IV Congreso Mundial de Restauración Ecológica realizado en Mérida, México, en el 2011, en la reunión de redes y grupos se consideró la necesidad de crear una agremiación que acogiera y coordinara las diferentes redes de restauración ecológica existentes en Iberoamérica y el Caribe, con el propósito de aunar esfuerzos coordinadamente para abordar el tema en esta región del planeta. En este sentido se definió que el proceso de preparación de la creación de una Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración estuviera bajo la coordinación de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (RIACRE), bajo el liderazgo de José Ignacio Barrera y Mauricio Aguilar.

Posterior al Congreso Mundial de Mérida, se conformó un comité de preparación de la reunión fundacional de la Sociedad, dicho comité estuvo integrado por representantes de las redes existentes así como personas naturales reconocidas en el mundo de la restauración de aquellos

Dicho comité trabajó en la elaboración de los estatutos y en la preparación de la asamblea fundacional a realizarse en el marco del III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica de Bogotá-Colombia 2013. A continuación se presentan los temas tratados en la reunión fundacional realizada el día 29 de julio de 2013.

- 1.Llamado a lista y comprobación del Quórum. En total asistieron 27 personas: Por Argentina: Adriana E. Rovere, Daniel Pérez y Gustavo Zuleta; Brazil: Ramiro Camacho, Ricardo Ribeiro Rodríguez, Jammes Griffith y Mauricio Balenciefer; Chile: Cristian Echeverría, Cecilia Smith y Mauro E González; Colombia: José Ignacio Barrera, Liliana Chisacá, Mauricio Aguilar y Orlando Vargas; Costa Rica: Érica Góngora; Cuba: Grecia Montalvo; Ecuador: Nicolay Aguirre; España: Pilar Andrés, Jordi Cortina y Pilar Barraqueta; México: Eliane Cecon, Consuelo Bonfil y Fabiola López Barrera; Perú: Noema Cano; y Venezuela: Daniel Llambi y Marina Mazón.
- 2.Aprobación de los estatutos. Previo a la aprobación final, se realizó una última revisión individual de los estatutos y se realizaron algunas sugerencias. Añadiendo estas sugerencias fueron aprobados los estatutos por unanimidad .
- 3.Nombramiento de la junta directiva. Las personas para desempeñar los respectivos cargos fueron propuestos por los asistentes a la asamblea. Ellos aceptaron la nominación al cargo y fueron sometidos a consideración y votación por parte del presidente a toda la asamblea. Los postulantes a los cargos fueron aprobados por unanimidad para el periodo 2013-2015
- 4.Membresías: tipos y valor. El monto será de \$20 USD para profesionales y \$10 USD para estudiantes y se establece que quien pague durante el Congreso será miembro fundador.
- 5.Definición de fuentes y mecanismos de financiación: membresías, cursos presenciales y en línea, congresos y eventos, y donaciones gestionadas desde cada país.
- 6.Definición de actividades a desarrollar durante los próximos tres años: legalización de SIACRE, definición de nodos de trabajo, cursos, boletín, revista, página web, proyectos y Congreso.
- 7.Se escogió unánimemente a Colombia como sede de SIACRE.
- 8.Se definió unánimemente como sede del IV Congreso a la República de Argentina.

#### REUNIÓN DE CONSTITUCION DE LA RED COLOMBIANA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (REDCRE)

Esta reunión se llevó a cabo el día 30 de julio y su objetivo fue la aprobación de los estatutos, selección de la junta directiva y la definición de actividades para el periodo 2013-2015. A la reunión asistieron 19 personas representantes de diferentes instituciones del país que trabajan en el tema. Primero, los estatutos fueron aprobados por unanimidad, posteriormente se postuló a los miembros para la junta directiva los cuales aceptaron y fueron seleccionados unánimemente por votación como sigue: presidente: Mauricio Aguilar; vicepresidente: Oscar Rojas; secretaria: Jessica Rubio; tesorera: Patricia Velasco y vocales: Francisco Cortés, William Vargas y Yamileth Domínguez. Finalmente se seleccionó a la ciudad de Cali como sede del próximo congreso y como presidente del mismo al señor William Vargas.

## Artículo divulgativo

### DIVERSIDAD GENÉTICA: IMPLICACIONES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Grecia Montalvo Fernández

Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna (ENPFF). Territorio Villa Clara. Cuba

La Restauración Ecológica es una estrategia de conservación mediante la cual se intenta recuperar un ecosistema modificado o degradado, llevándolo a su estado original o hasta uno similar a éste. Para lo anterior es necesario conocer el funcionamiento interno de los ecosistemas y de sus poblaciones, así como su diversidad genética (Windhager 1999, Matos & Ballate 2006). Sin embargo, la mayoría de los proyectos de restauración se enfocan en conocer aspectos como las interacciones planta-planta y planta-animal, la estructura demográfica de las poblaciones, estimados poblacionales, control de plantas invasoras, obtención de posturas para realizar reforzamientos en las poblaciones naturales, en fin, varios aspectos, que sin lugar a dudas son de relevancia para los proyectos de restauración, pero queda relegado el enfoque genético en estos tipos de proyectos (Huenneke 1991).

La diversidad genética es la base de la evolución y adaptación de los seres vivos a diferentes situaciones ambientales, por lo que tiene una gran repercusión en todos los procesos biológicos (Donald *et al.* 2006). Sin embargo, la mayoría de los trabajos publicados sobre diversidad genética versan sobre plantas de interés económico, ya sea agronómico, ornamental o forestal, siendo limitados estos estudios para especies silvestres, que en muchos casos se encuentran en algún estado de amenaza.

La experiencia que existe en Cuba sobre la Restauración Ecológica se remonta al año 1998, liderada por Jesús Matos, pero no fue hasta el año 2009 que se comenzó a incluir en los proyectos el estudio de la diversidad genética de las poblaciones naturales como una herramienta para trazar estrategias de restauración. Lamentablemente en las áreas protegidas de Cuba, así como en la mayor parte de Latinoamérica y el Caribe no existe la infraestructura ni el equipamiento necesario para llevar a cabo este tipo de estudios. Por lo anterior, es importante el apoyo interinstitucional e internacional, fundamentalmente el trabajo conjunto con universidades y centros de investigación, que puedan llevar a cabo este tipo de estudios. En la experiencia de la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y Fauna (ENPFF), ha sido fundamental la colaboración con dos centros de investigación:

1) El Instituto de Biotecnología de las Plantas de Villa Clara, Cuba (IBP), con el cuál hay un convenio de colaboración desde hace varios años y donde se realiza la propagación *in vitro* de especies silvestres amenazadas, que son de difícil manejo por vías tradicionales, para así obtener posturas que se emplearán en la restauración de las poblaciones naturales. Además se realizan extracciones de ADN para futuras investigaciones.

2) El Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, México (CICY) nos permitió, en el 2008, participar en un curso teórico-práctico de capacitación en las técnicas de extracción de ADN y marcadores moleculares, específicamente AFLP (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados) y Microsatélites o SSR (Secuencias Simples Repetidas). Esta oportunidad sirvió también para sentar las bases y planificar de conjunto un estudio de la diversidad genética de poblaciones de plantas cubanas silvestres que se encuentran amenazadas y cuyas poblaciones necesitan ser restauradas. Esta iniciativa se ha materializado a través de una estancia de investigación de seis meses y los lazos de colaboración siguen vigentes para realizar otras estancias y darle continuidad al estudio.

#### Diversidad Genética.

La diversidad genética se define como la variación en la composición genética de los individuos dentro de la especie o entre especies diferentes; esta variación genética es hereditaria dentro de las poblaciones y entre ellas. La variación genética puede ser evaluada en los diferentes niveles jerárquicos dentro (áreas, regiones, poblaciones, sub-poblaciones e individuos) (Vicente & Fulton 2004).

Adicionalmente, de acuerdo con Berovides (2012) la variación genética puede verse afectada por los siguientes factores:

- **Mutación:** es la principal fuente de variación, sin embargo, la tasa de ocurrencia de mutaciones espontáneas es muy baja por lo que por sí sola no conduce a la evolución de las poblaciones y especies.
- **Recombinación:** Es el proceso mediante el cual una célula genera nuevas combinaciones cromosómicas, en comparación con esa célula o con las de sus progenitores. No da origen a diversidad nueva sino que genera nuevas combinaciones de la diversidad existente.
- **Migración:** Es el movimiento de individuos o cualquier forma de introducción de genes de una población a otra. La tasa de migración puede ser considerable, lo que origina cambios importantes en la frecuencia génica de las poblaciones. El efecto inmediato de la migración es aumentar la variabilidad genética de una población y como tal, ayuda a aumentar las posibilidades de una población para soportar los cambios del entorno. También ayuda a integrar poblaciones y a evitar su divergencia.

- **Selección natural:** Es la capacidad heredada que poseen los organismos para sobrevivir y reproducirse. Funciona de tal manera que, con el tiempo, los genotipos mejor adaptados aumentan su frecuencia en la población.
- **Deriva Genética:** Son las fluctuaciones en las frecuencias alélicas que ocurren al azar y tienen mayor efecto en las poblaciones pequeñas ya que disminuye la diversidad dentro de una población porque tiende a causar la pérdida de alelos poco usuales, reduciendo el número total de alelos. Además, provoca un exceso de homocigóticos que puede generar la expresión de genes deletéreos en la población.
- **Sistema de cruzamiento:** La autofecundación y los cruzamientos consanguíneos aumentan la homocigosis y por ende disminuyen la diversidad genética. Los cruzamientos disociativos, por su parte, aumentan la heterocigosis y la panmixia o cruce al azar entre individuos provoca que las poblaciones tiendan a un equilibrio genético.

### Importancia de los estudios de diversidad genética para la Restauración Ecológica

El estudio de la diversidad genética de las poblaciones que conforman los ecosistemas es de gran ayuda para realizar un buen diagnóstico de restauración pues permite responder:

1. ¿Cómo está estructurada la diversidad genética en las poblaciones?

La estructura de las poblaciones consiste en dos partes distintas pero interrelacionadas, por un lado tenemos la estructura demográfica y por el otro la estructura genética. La estructura genética está determinada por los procesos que hemos mencionado anteriormente. Para determinar la estructura genética, es necesario comprender el patrón de variación genética de la especie, es decir, evaluar los genotipos de los diferentes individuos (Slatkin 1994). Esta estructura se ve afectada por varios factores, entre los cuales podemos mencionar los ecológicos y los geográficos provocando que haya diferencias en las frecuencias alélicas y genotípicas de una región a otra. Esto se debe a que las especies o las poblaciones no forman un continuo, ni suelen formar unidades panmicticas, donde los individuos se aparean al azar (Excoffier 2001). Los factores ecológicos y demográficos que afectan la estructuración de las poblaciones son el tamaño, el número y la edad de los individuos que contiene cada población, el sistema reproductivo de la especie así como su capacidad de dispersión (Hartl & Clark 1997).

Cuando una población esta subdividida geográficamente, por lo común presenta diferencias en las frecuencias alélicas y genotípicas en las diferentes subpoblaciones que la conforman.

Dichas diferencias dependen principalmente de los niveles de flujo genético que exista entre las subpoblaciones, es decir, si los niveles de flujo genético son altos la variación genética de las subpoblaciones tendera a homogenizarse. Por el contrario, si los niveles de flujo genético son bajos, la selección natural, la deriva genética y la mutación pueden originar una diferenciación genética mayor entre las subpoblaciones, indicando entonces una marcada estructura genética poblacional (Nei 1987). En este caso cada subpoblación podría ser considerada una unidad de manejo. Esto conlleva a otra pregunta...

2. ¿Restaurar las poblaciones locales o la dotación genética de la especie de forma general?

Ante esta disyuntiva hay dos aproximaciones posibles, la primera sería conservar el potencial evolutivo de la especie y preocuparse menos en las diferencias interpoblacionales, sobre todo porque muchas veces, se desconocen muchos aspectos de la diversidad genética para las poblaciones de especies particulares. La otra aproximación versa sobre la conservación de las expresiones fenotípicas y genéticas de las poblaciones locales de una especie dada, enfatizando en la importancia de adaptaciones a las condiciones específicas de cada sitio ya que las poblaciones pequeñas en condiciones de aislamiento podrían experimentar rápida especiación (Sarrazin & Barbault 1996).

En los proyectos de restauración se pueden presentar las dos aproximaciones y en último caso, la decisión dependerá de las características genéticas de la especie que se trabaje en cuestión. En el caso de que no se conozcan los aspectos genéticos de las poblaciones es recomendable enfocar la restauración a nivel de especie.

3. ¿Cómo seleccionar el material vegetal a propagar para garantizar la diversidad genética de una población reintroducida?

Para el re-establecimiento de poblaciones es de vital importancia la capacidad adaptativa local que tenga la especie. Algunas poblaciones reintroducidas pueden sobrevivir, pero no desarrollan la capacidad para reproducirse en su nuevo ambiente (Millar & Libby 1989). Por esto es importante seleccionar como poblaciones donantes aquellas que estén sometidas a condiciones ambientales similares a donde se hará el re-establecimiento. Es conveniente emplear semillas para la propagación de plantas con vista a la restauración, pues es bien conocido, que las semillas tienen una fuente intrínseca de variación ya que en su proceso de formación ocurre recombinación genética, mediante el *Crossing Over*. La selección de las semillas en la población donante se debe realizar de forma masal procurando tomar frutos de la mayor cantidad de plantas posibles para garantizar la representatividad genética de la población (Quiala *et al.* 2004).

Cuando la población que sirve de fuente a la sub-población reintroducida tiene un limitado *pool* genético, respecto a la especie, la sub-población extraída para la experiencia de reintroducción lleva una muestra genética aún más restringida respecto de la especie. A este fenómeno se le conoce como "efecto fundador", tal efecto puede derivar en cambios evolutivos importantes que diferencien a la nueva población respecto a la parental o aún respecto a la especie (Mayr 1976). Una reducción del pool genético aumenta las probabilidades de homocigosis y por lo tanto, la expresión de genes recesivos deletéreos (endogamia). Esta "carga genética" disminuirá a su vez la probabilidad de establecimiento de la población en el largo plazo (Templeton 1986, Leberg 1993). El desafío será entonces el de preservar la variación genética necesaria en las poblaciones reintroducidas para evitar la expresión de tales genes deletéreos que atentan contra la capacidad de responder a perturbaciones antropogénicas y no-antropogénicas.

Los estudios de diversidad genética además son importantes para delimitar áreas de manejo, identificar y caracterizar accesiones en los bancos de germoplasma, hacer inferencias sobre la biología reproductiva de las especies, y, para especies de poblaciones fragmentadas, saber cuáles subpoblaciones son más promisorias desde el punto de vista genético.

#### **Iniciativa de RIACRE para fomentar estos proyectos**

En el marco del II Congreso de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (RIACRE), celebrado en Mérida, México en el 2011; surge, de manera muy informal, la idea del Dr. Francisco A. Comín (del Instituto Pirenaico de Ecología en España) de organizar un simposio sobre Diversidad Genética en el siguiente Congreso de la Red. El objetivo era intercambiar criterios, exponer cuáles son las implicaciones que tienen este tipo de estudios para la Restauración Ecológica y potenciar la inclusión de esta temática en los proyectos. Esta idea se materializó dos años más tarde en Colombia, donde dentro de los 26 simposios que se celebraron en el III Congreso de RIACRE, se realizó el de Diversidad Genética.

#### **Simposio de Diversidad Genética en el III Congreso de RIACRE. Colombia 2013.**

El formato del simposio fue de tipo 1, con una duración de una hora y treinta minutos, distribuidos en cuatro ponencias de 15 minutos de exposición y cinco de preguntas cada una. Los ponentes previstos provenían de Colombia, La India y Cuba. A pesar de que el tema de diversidad genética no era uno de los más seguidos en el Congreso, fue un placer para nosotros tener una buena audiencia, sobre todo de jóvenes que están poniendo en práctica proyectos de Restauración y que pretenden incluir estudios genéticos en los mismos.

#### **Ponencias**

La primera ponencia estuvo a cargo de la Dra. Yecenia Morillo Coronado de la Universidad Nacional de Colombia quién presentó el trabajo titulado "Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) en Estudios de Diversidad Genética Vegetal". El trabajo versó sobre la importancia de los marcadores Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) en estudios de diversidad genética en los bancos de germoplasmas de algunas especies como mora (*Rubus* spp.), uchuva (*Physalis peruviana*), guayaba (*Psidium guajava*) y heliconias (*Heliconia* spp.). Como se sabe los bancos de germoplasma son una herramienta importante para los proyectos de restauración porque proporciona el material vegetal, adecuadamente identificado y caracterizado, para reforzar o re-establecer poblaciones. En este caso se trabajó con especies cultivadas.

En el género *Rubus* se lograron identificar tres especies, se detectaron duplicados y se encontró alta variabilidad genética en *R. glaucus*, la especie más importante de las estudiadas. En *Physalis* se encontró alta diversidad y dos accesiones de fruto rojo que se diferenciaron genéticamente de las amarillas y una región geográfica con alta variabilidad. En *Psidium* los cebadores fueron altamente polimórficos y se encontró alta variabilidad en el Valle del Cauca. En *Heliconia* y especies relacionadas se diferenciaron las familias del orden Zingiberales, algunos subgéneros y variaciones en la especie.

Este trabajo demuestra la eficiencia de los marcadores Microsatélites Amplificados al Azar para la caracterización de las accesiones en los bancos de germoplasma así como la detección de duplicados que aumentan los costos de los bancos de germoplasma y entorpecen el trabajo.

La segunda ponencia fue la experiencia del grupo de trabajo de la ENPFF que, como se había mencionado anteriormente, se realizó gracias a la colaboración con el IBP y el CICY. En esta oportunidad se propuso emplear como modelo la especie *Rhodogeron coronopifolius* Griseb. (Asteraceae), que se encuentra en peligro crítico de extinción (Peña *et al.* 1998) y solo tiene cinco poblaciones naturales dentro de una Reserva Florística Manejada, en la provincia de Villa Clara, Cuba. Son plantas herbáceas, perennes, que crecen formando colonias o clones dispersos a la orilla de los ríos. Según Borhidi & Muñiz (1983) ésta es una especie extremadamente rara, una de las 44 especies de plantas con flores más amenazadas de Cuba (Herrera-Oliver *et al.* 1999), (Figura 1), y habita en el matorral xeromorfo subespinoso sobre serpiente (Berzaín 2006).

Por las razones expuestas anteriormente, esta especie es uno de los objetos focales de conservación de la Reserva, donde se desarrolla un proyecto que incluye el estudio *in situ* de las poblaciones para determinar el número de individuos, área de ocupación, extensión de presencia, listado de la flora asociada y la determinación de los factores que afectan la calidad del hábitat de esta especie.



**Figura 1.** *Rhodogeron coronopifolius*

El proyecto también incluye la caracterización morfológica de las poblaciones, estudios de biología reproductiva y diversidad genética.

Los resultados obtenidos fueron muy alentadores y contrastantes con la hipótesis planteada antes de comenzar el estudio. Teniendo en cuenta que esta planta tiene un hábitat muy restringido, fragmentado y que tiene una reproducción parcialmente clonal, era factible pensar que las poblaciones tendrían una baja diversidad genética lo cual se refutó con el estudio genético. Por otro lado, existía otra hipótesis sobre la ocurrencia de un elevado flujo genético entre las sub-poblaciones que se basaba en las cortas distancias geográficas entre éstas y en su sistema de dispersión por anemocoría, la hipótesis sí estuvo en concordancia con los resultados arrojados por los estudios genéticos, al medir el número de migrantes en cada sub-población ( $Nm$ ). Este elevado flujo genético evita que haya diferenciación entre las sub-poblaciones y que por ende se esté en presencia de una metapoblación, en la que cada sub-población puede ser considerada como una unidad de manejo a la que se le debe aplicar similar tratamiento.

Otra presentación del grupo de la ENPFF fue "Cultivo *in vitro* una herramienta para la Restauración Ecológica" donde se abordaron las principales diferencias entre propagar *in vitro* una especie comercial y la propagación *in vitro* de plantas silvestres con vista a restaurar poblaciones. En este último caso es necesario tener en cuenta que para comenzar la propagación se debe coleccionar de la mayor cantidad de plantas posibles en la población donante, utilizar siempre que sea posible semillas, evitar al máximo el uso de reguladores de crecimiento en los medios de cultivo o en su defecto realizar cortes que estimulen la proliferación de los explantes. Es recomendable además, que al material vegetal no se le apliquen numerosos sub-cultivos ya que esto estimula la aparición de variaciones somaclonales (Quiala *et al.* 2004).

### **Debate**

La otra ponencia que estaba prevista no pudo realizarse por lo que propusimos emplear este tiempo para realizar un debate sobre los tres trabajos presentados.

Hubo participación de la audiencia y sobre todo muchas preguntas que contribuyeron a que se desarrollara un buen debate. Se abordaron preguntas como:

-¿Teniendo en cuenta las ventajas que brinda el cultivo *in vitro*, entonces es siempre justificable su empleo para las plantas amenazadas?

La respuesta fue No. Aunque las ventajas del cultivo *in vitro* están más que justificadas, es válido aclarar que no siempre es factible su empleo. Muchas especies son recalcitrantes en este sentido; una de las causas puede ser la hipersensibilidad al cloro empleado para realizar la desinfección de los explantes (Montalvo *et al.* 2010) o la poca respuesta morfogenética, lo que se traduce en un pobre desarrollo de los explantes durante el cultivo *in vitro* (Pérez 1998). Incluso, aún cuando es posible obtener las posturas, a veces son difíciles de adaptar en el invernadero bajo condiciones semicontroladas (Quiala *et al.* 2004a). Es por esto que se debe hacer una valoración para cada especie en cuestión y sobre todo acudir al cultivo *in vitro* solo cuando los sistemas tradicionales no resulten eficientes.

-¿Es siempre favorable el reforzamiento de poblaciones naturales?

El reforzamiento se realiza cuando queda un relicto de la población original y la idea es añadir efectivos demográficos para aumentar el tamaño poblacional. En teoría, al aumentar el número de individuos aumentará la diversidad genética de la población "híbrida", lo cual se espera sea favorable. La idea es buena y muchas veces resulta, solo que es necesario hacer estudios básicos para ver el efecto que tiene esa adición de nuevos individuos en la población. En ocasiones, el aumento de la diversidad genética NO SE TRADUCE en un aumento de las ventajas adaptativas sino que produce una disminución en la fertilidad y/o viabilidad de los híbridos y sus descendientes. Este fenómeno conocido como depresión exogámica o *outbreeding*, se debe a la expresión de genes recesivos que se expresan al mezclarse la población original con los nuevos efectivos (Templeton 1986).



**Figura 2.** Exposición de la Dra. Yecenia Morillo Coronado. Universidad Nacional de Colombia. Simposio de Diversidad Genética. III Congreso RIACRE, Colombia, 2013

## Preocupaciones

Las principales preocupaciones de la audiencia versaron sobre los mecanismos para acceder a las áreas protegidas donde se encuentran los recursos naturales de interés. Es cierto que muchas veces los trámites son engorrosos y requieren de mucho tiempo, lo que limita en ocasiones el trabajo que se pretende realizar en sí, por lo que las alianzas entre instituciones y el apoyo de los decisores pudieran atenuar esto.

Otra preocupación fue el elevado costo que tiene este tipo de estudios y que, sin lugar a dudas, se requiere de una infraestructura y equipamiento especializado. Ante esto, se hace imperioso el apoyo interinstitucional e internacional. Si en un área protegida cualquiera que se pretenda realizar estudios genéticos se intentara partir de cero, comenzar a construir infraestructura y comprar equipamiento, será mucho más difícil dados los elevados costos sin contar el tiempo que tomará. Sin embargo, si se logran realizar convenios y proyectos de conjunto con universidades y centros de investigación donde haya laboratorios que ya tengan esta infraestructura creada, se habrá adelantado mucho. Es cuestión de negociar entre ambas partes los intereses comunes.

También se comentó sobre la necesidad de capacitar a los técnicos y especialistas de áreas protegidas para que puedan emprender este tipo de proyectos. Es importante contar en las áreas protegidas y parques nacionales con personas preparadas para insertarse en un laboratorio y realizar estos estudios de conjunto con profesores e investigadores.

## Conclusiones

Una vez concluido el Simposio, quedó claro que, de los proyectos de Restauración Ecológica que se están ejecutando muy pocos incluyen estudios genéticos, por lo que constituye uno de los vacíos de la Restauración Ecológica en Latinoamérica. Este tipo de proyectos son de vital importancia para conocer el funcionamiento de las poblaciones y determinar cuál es el efecto de las acciones como restauradores en su diversidad genética y la viabilidad a largo plazo de las especies.

A su vez, me he llevado la impresión de que cada día se hace más conciencia de la necesidad de llevar a cabo estos proyectos y así lo demuestra la recién fundada SIACRE, la cual tiene entre sus objetivos continuar fomentando la implementación de estos estudios en los proyectos de Restauración Ecológica y crear en cada congreso un marco para el intercambio de experiencias y aunar metodologías al respecto.

La SIACRE te invita a buscar otra arista a tu proyecto.

## Referencias citadas

- Berovides V. 2012. Curso de Genética Poblacional. Jardín Botánico de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.
- Borhidi, A & Muñiz, O. 1983. Catálogo de plantas cubanas amenazadas o extinguidas. Editorial Academia, Habana. 85 pp.
- Donald A. Falk, C. M. Richards, A.M. Montalvo & E.E. Knapp (Eds.). 2006. Foundations of Restoration Ecology. Chapter 2. Population and Ecological Genetics in Restoration Ecology. Island Press, p. 14-41.
- Excoffier L. 2001. Analysis of population subdivision. In: Balding D. J., M. Bishop & C. Cannings (Eds.). Handbook of Statistical Genetics. John Wiley & Sons Ltd.
- Harlt D. L. & A. G. Clark. 1997. Principles of population genetics. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Herrera-Oliver P.P, M. L. Prede-Rodríguez & F. Cejas-Rodríguez. 1999. Evaluación del estado de conservación de la familia Asteraceae en Cuba. Acta Bot Cub 130:1-16.
- Huenneke, L. F. 1991. Ecological Implications of Genetic Variations in Plant Populations, p. 31-44 in: D. A. Falk & K. E. Holsinger (Eds.). *Genetics and Conservation in Rare Plants*. Oxford University Press, New York.
- Leberg P. L. 1993. Strategies for Population Reintroduction: Effects of Genetic Variability on Population Growth and Size. *Conservation Biology* 7: 194-199.
- Matos J. & D. Ballate. 2006. ABC de la Restauración Ecológica. Editorial Feijóo. Universidad Central "Marta Abreu de las Villas".
- Mayr E. 1976. Change of Genetic Environment and Evolution. In: E. Mayr (Ed). *Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays*. Belknap Press, Cambridge, Mass.
- Millar C. I., & W. J. Libby. 1989. Disneyland or Native Ecosystem: Genetics and the Restorationist. *Restoration & Management Notes* 7: 18-24.
- Peña García E., P. I. López García, J. Lazcano Lara, A. T. Laiva Sánchez & U. S. Seal (Eds.). 1998. Memorias del Primer Taller para la Conservación y Manejo Planificado de Plantas Silvestres Cubanas, 13-15 de abril. UICN/SSC. Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN, Ciudad de La Habana. Cuba.
- Pérez Ponce, J., Jiménez, E. & Agramante, D. 1998. Aumento de la eficiencia en la micropropagación, p. 179-191 En: Pérez Ponce, J. (Ed). Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología. IBP, Santa Clara.
- Quijala E., G. Montalvo, M. de Feria, J. Matos, M. Chávez & R. Mederos. 2004a. Establecimiento in vitro de *Eugenia squarrosa*: una especie endémica de Santa Clara (Cuba) en peligro de extinción. *Revista Biotecnología Vegetal* 4 (1): 49-53.
- Quijala E., G. Montalvo & J. Matos. 2004. Uso de la Biotecnología vegetal para la propagación de cactáceas amenazadas. *Revista de Biotecnología Vegetal* 4(4).
- Berazaín Iturralde, R. 2006. Comentarios sobre los géneros endémicos cubanos. *Revista del Botánico Nacional* 27: 23-31.
- Sarrazin F. & R. Barbault. 1996. Reintroduction: Challenges and lessons for basic ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 11: 474-478.
- Slatkin M. 1994. Gene Flow and Population Structure. *Ecological Genetics*. L. A. Real. New Jersey, Princeton University Press, p. 4-17.
- Templeton A. R. 1986. Coadaptation and Outbreeding Depression. In: Soule M. E. (Ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Vicente M.C. & T. Fulton (Eds.). 2004. Tecnologías de Marcadores Moleculares para Estudios de Diversidad Genética de Plantas: Módulo de Aprendizaje. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) Roma, Italia.
- Windhager S. 1999. Restauración Ecológica y Evolución. Ciencias Biológicas.

## Artículo divulgativo

### ESPECIES VEGETALES ÚTILES PARA FITORREMIAR SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO: UN APOYO PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

José Guadalupe Chan-Quijano<sup>1</sup>, Aarón Jarquín-Sánchez<sup>1</sup>, Susana Ochoa-Gaona<sup>2</sup>, Francisco Bautista-Zúñiga<sup>3</sup>, Pablo Martínez-Zurimendi<sup>1</sup> y Mariana Yadira López-Chávez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, Tabasco. <sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, Campeche. <sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Morelia, <sup>4</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas. México

**E**n México, las actividades industriales han provocado serios daños al medio ambiente afectando casi la totalidad de los ecosistemas (Fernández-Linares *et al.* 2006). Por ello, es necesario buscar la manera más eficaz de preservar el medio ambiente y restaurar los daños causados (Guzmán-Morales *et al.* 2007).

Una forma para ayudar en la recuperación de los ecosistemas contaminados, es mediante el uso de la biorremediación y la fitorremediación. Estas alternativas emplean organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, entre otros), para remover (extraer), degradar (biodegradar) y/o transformar (biotransformar) compuestos orgánicos tóxicos en productos metabólicos menos tóxicos o inocuos (Van Deuren *et al.* 1997; Velasco-Trejo y Volke-Sepúlveda 2003). Las tecnologías para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos son procesos relativamente sencillos de implementar y desarrollar, pero requieren del conocimiento de los factores biológicos, ecológicos, físicos y químicos involucrados. Para esto, es necesaria la incorporación de equipos multidisciplinarios de trabajo integrados por microbiólogos, manejadores de recursos naturales, biotecnólogos, químicos, edafólogos, ingenieros, entre otros. En el marco del desarrollo sustentable, el proceso de la fitorremediación presenta importantes perspectivas para resolver muchos de los problemas de contaminación de los suelos en México (Velasco-Trejo y Volke-Sepúlveda 2003).

Si no se toman acciones en las próximas décadas el problema de contaminación de los suelos será cada vez más grave. Por otro lado, el resolver problemas de contaminación en México, ya es una necesidad importante para el país. Es por ello que se presenta esta revisión con el objetivo de dar a conocer la diversidad de familias botánicas existentes que son promisorias para el saneamiento y restauración de suelos contaminados por el petróleo.

#### Materiales y métodos

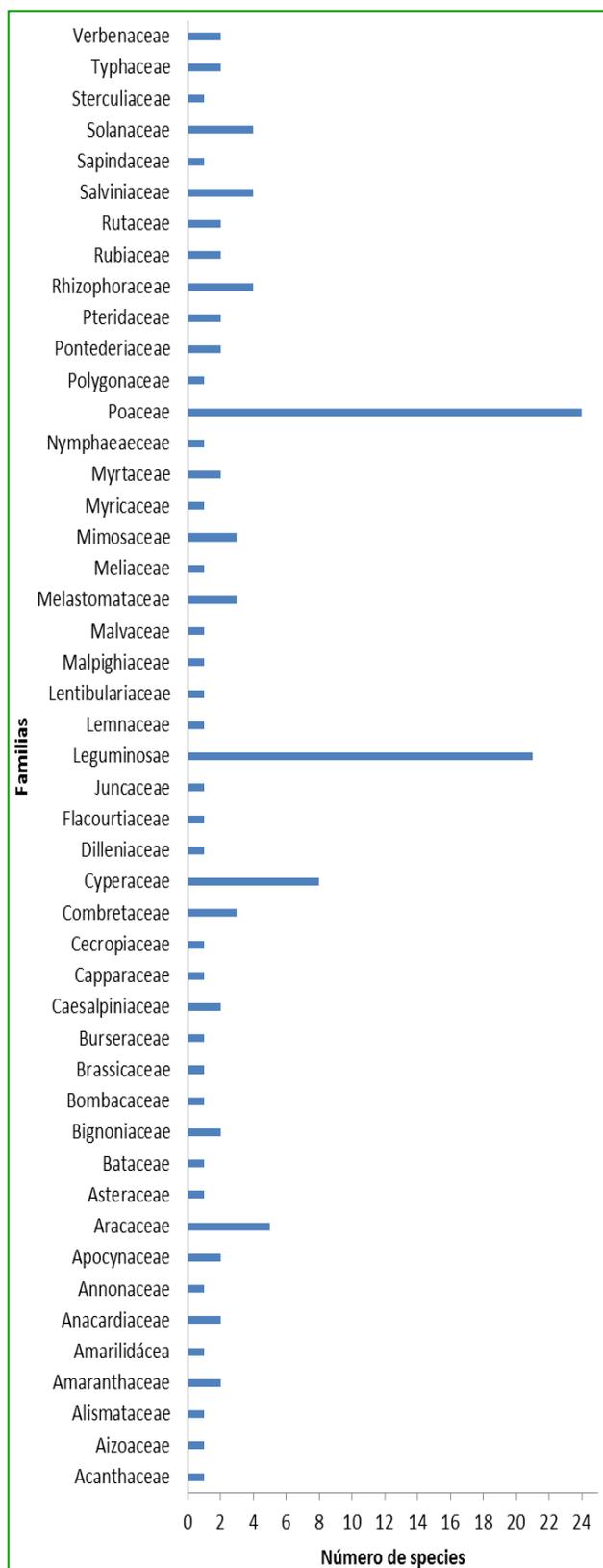
Se realizó una revisión bibliográfica extensa sobre estudios en suelos contaminados por hidrocarburos en México, así como su saneamiento y restauración ecológica, para la recuperación de estos ecosistemas: Ederra (1997), Rivera-Cruz *et al.* (2002), Adam y Duncan (2003), Manios *et al.* (2003), Velasco-Trejo y Volke-Sepúlveda (2003), Guerrero-Zúñiga *et al.* (2005),

Rivera-Cruz *et al.* (2005), Zavala-Cruz *et al.* (2005), Cortón y Viale (2006), Ferrera-Cerrato *et al.* (2006), García-López *et al.* (2006), Rivera-Cruz *et al.* (2006), Sangabriel *et al.* (2006), Olguín *et al.* (2007), Guzmán-Morales *et al.* (2007), López-Martínez (2008), Adams *et al.* (2008), Casado-Izquierdo *et al.* (2008), Cruz-Landero (2010), Maldonado-Chávez *et al.* (2010), Rivera-Casado *et al.* (2010), Vázquez-Luna *et al.* (2010), Ochoa-Gaona *et al.* (2011), Chan-Quijano *et al.* (2012), Labra-Cardón *et al.* (2012), Pérez-Hernández *et al.* (2013).

#### Resultados

De acuerdo a la revisión se encontraron 129 especies de plantas, pertenecientes a 47 familias botánicas (Figura 1) que crecen y se desarrollan en suelos contaminados con hidrocarburos. Las especies evaluadas apoyan a la degradación de hidrocarburos, ya que la fitorremediación se sustenta en el uso de plantas superiores y de microorganismos que viven en la zona radical de las plantas (Schnoor *et al.* 1995, Rivera-Cruz *et al.* 2005), lugar donde se desarrolla una actividad microbiológica intensa entre la microflora de la rizosfera y las plantas. Las familias con mayor número de especies reportadas son Poaceae (24 especies), Leguminosae (21 especies) y Cyperaceae (8 especies). Cabe destacar que la mayoría de las especies son plantas herbáceas.

Dentro de las especies utilizadas como cultivos (maderables o frutales, ya sean comerciales o en huertos para uso familiar) se destacan *Annona reticulata*, *Byrsonima crassifolia*, *Cedrela odorata*, *Cicer arietinum*, *Citrus aurantium*, *Citrus limon*, *Clitoria ternatea*, *Cocos nucifera*, *Crataeva tapia*, *Dolichos lablab*, *Galega orientalis*, *Glycine max*, *Gossypium herbaceum*, *Hordeum vulgare*, *Inga inicuil*, *Inga laurina*, *Nicotina tabacum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Psidium guajava*, *Sorghum vulgare*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Triticum aestivum* y *Zea mays*. Aunque la capacidad de estas especies de acumular hidrocarburos en sus tejidos no se ha evaluado, si se fomenta la degradación con la estimulación de los microorganismos.



**Figura 1.** Familia botánica y el número de especies reportadas como biodegradadoras

## Discusión

Antes de considerar el uso de una tecnología de remediación para un sitio en particular, es indispensable contar con información del sitio y llevar a cabo su caracterización, así como la del contaminante a tratar. Posteriormente, la tecnología puede elegirse con base en sus costos y en la disponibilidad de materiales y equipo para realizar el tratamiento (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo 2002). Por lo tanto, las especies vegetales que se presentan en este trabajo son útiles para actividades de fitorremediación y biorremediación. Con esto, además de ofrecer una alternativa productiva a las comunidades rurales de las zonas contaminadas, se favorece la restauración de áreas contaminadas por hidrocarburos y algunos metales pesados, y con ello indirectamente se favorece la conservación por parte de la flora y fauna regional.

## Plantas que se desarrollan en áreas contaminadas por hidrocarburos

Dentro de las técnicas de restauración de suelos afectados por la contaminación, se han utilizado plantas herbáceas, mayormente gramíneas, buscando tratar de incidir en el funcionamiento de los ecosistemas. La investigación con especies vegetales leñosas nativas ha sido muy escasa, por ello es necesaria la búsqueda de aquellas con capacidad para crecer en zonas profundamente alteradas con hidrocarburos y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, que favorezcan un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales, el restablecimiento de al menos parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios (Vázquez-Yanes *et al.* 1999), y la generación de productos con valor económico que mejore la calidad de vida de los productores.

Ederra (1997) y Manios *et al.* (2003) han considerado que el escobillo (*Eugenia capuli*) es una planta que forma comunidades casi puras en suelos con derrames de petróleo viejos de hasta 10 años. Específicamente, varias especies de plantas que poseen un sistema de raíces fibrosas que provee una gran superficie para los microorganismos de la rizósfera, se han probado para fitorremediar y biorremediar agua y suelos contaminados de los cuales destacan *Sorghum vulgare*, *Andropogon gerandi*, *Panicum virgatum*, *Lolium perenne*, *Echinochloa polystachya*, *Paspalum fasciculatum*, *Eichhornia crassipes*, etc.

En este sentido, García-López *et al.* (2006) realizaron un estudio en una zona contaminada con derrames de petróleo (Cinco Presidentes, Rodador y La Venta, Tabasco) e identificaron 87 especies vegetales, 33 de las cuales se encontraron sobre sitios contaminados, el resto en áreas aledañas; algunas, en su mayoría arbustos y árboles, presentaron daños visibles, como clorosis y necrosis, en zonas de afectación reciente. Las plantas que reportan son pioneras en suelos contaminados con hidrocarburos y pudieran ayudar en la fitorremediación de los mismos.

Por otra parte, en una investigación realizada por Ochoa-Gaona *et al.* (2011), se realizó un inventario florístico en zonas contaminadas por hidrocarburos que habían sido impactadas por derrames de petróleo entre los años 1960 y 2005 en Cárdenas y Huimanguillo (Tabasco). En estas áreas se identificaron 646 individuos pertenecientes a 23 familias botánicas y 45 especies, la mayor parte de ellas árboles, arbustos y algunas especies de palmas. Dado que estas especies se encuentran establecidas en estos sitios, se considera que tienen tolerancia a los hidrocarburos.

Es así como Pérez-Hernández *et al.* (2013) mencionan que las especies arbóreas van a tener una respuesta diferente a los suelos contaminados con hidrocarburos, ya que realizaron estudios con *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Haematoxylum campechianum* y *Tabebuia rosea*. Notaron que la germinación de las semillas de estas especies no se ve afectada. Pero la altura y la biomasa de las cuatro especies evaluadas se redujeron en el suelo contaminado con el petróleo crudo (pesado). Por otro lado, *S. macrophylla* y *H. campechianum* tuvieron una tasa de supervivencia igual en el suelo con o sin petróleo, sin embargo, sufrieron efectos significativos en lo que respecta a la acumulación de biomasa y la altura de la planta. En el análisis de las plántulas de *C. odorata* y *T. rosea* se observó una tendencia a menor supervivencia en los suelos contaminados. Pérez-Hernández y colaboradores (2013) recomiendan a *S. macrophylla* para degradar hidrocarburos en suelos contaminados ya que resultó ser la especie más tolerante a las concentraciones y el tipo de petróleo probado.

## Conclusiones

- En la actualidad, se desarrollan métodos para valorar la diversidad botánica de los ambientes contaminados, es por ello que las especies reportadas en la literatura podrán ser utilizadas para medidas de fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, así como la restauración ecológica en los ecosistemas naturales.
- Aun son necesarios los estudios sobre las especies vegetales que pueden crecer en el agua y en suelos contaminados, ya que la aplicación de la fitorremediación está limitada entre otros factores por las características físicas y químicas del suelo o del agua.
- Es necesaria la información sobre las concentraciones de elementos (porcentaje de hidrocarburos que absorben) que puedan acumular algunas especies y cuáles serían sus mecanismos de adaptación (ya que estos datos siguen siendo escasos).
- Es importante probar con especies arbóreas las técnicas de remediación de suelos contaminados, ya que son de larga vida, tienen más biomasa a comparación de otras especies y las raíces profundas pueden penetrar a grandes profundidades en los suelos a comparación de los pastos. Aparte contribuyen con beneficios socioambientales y socioeconómicos (cuando se trabaja con especies maderables), al igual el efecto rizosfera

## Referencias citadas

- Adam, G. y H. Duncan. 2003. The effect of diesel fuel on common vetch (*Vicia faba* L.) plants. *Environmental Geochemistry Health* 25: 123-130.
- Adams, R.H., J. Zavala-Cruz y F.A. Morales-García. 2008. Concentración residual de hidrocarburos en suelo del trópico. II: afectación a la fertilidad y su recuperación. *Interciencia* 7: 483-489.
- Casado-Izquierdo, J.M., M. Hernández-Juárez, M.A. Ortiz-Pérez, O. Oropeza-Orozco, J.A. Quintero-Pérez, T. Sánchez-Salazar e I. Sommer-Cervantes. 2008. *Validación en campo de variables e índices de vulnerabilidad en sitios ambientalmente sensibles a derrames de hidrocarburos en la región de Coatzacoalcos*. Informe final. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía UNAM. 119 p.
- Chan-Quijano, J.G., S. Ochoa-Gaona, I. Pérez-Hernández, M.A. Gutiérrez-Aguirre y J. Saragos-Méndez. 2012. Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Teoría y Praxis* 12: 102-119.
- Cortón, E. y A. Viale. 2006. Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación. *Ecosistemas* 15: 148-157.
- Cruz-Landero, N. de la C. 2010. Especies de leguminosas como fitorremediadoras en suelos contaminados. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 122 p.
- Ederra I., A. 1997. Botánica ambiental aplicada, las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra. Universidad de Navarra. Pamplona, España. 205 p.
- Fernández-Linares, L.C., N.G. Rojas-Avelizapa, T.G. Roldán-Carrillo, M.E. Ramírez-Islas, H.G. Zegarra-Martínez, R. Uribe-Hernández, R.J. Reyes-Ávila, D. Flores-Hernández y J.M. Arce-Ortega. 2006. *Manual de técnicas de análisis de suelo aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 179 P.
- Ferrera-Cerrato, R., N.G. Rojas-Avelizapa, H.M. Poggi-Varaldo, A. Alarcón y R.O. Cañizares-Villanueva. 2006. Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 48: 179-187.
- García-López, E., J. Zavala-Cruz y D.J. Palma-López. 2006. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *TERRA Latinoamericana* 24 (1): 17-26.
- Guerrero-Zúñiga, L.A., A.M. Rodríguez-Dorantes, M.A. Gasca-Rodríguez y R.A. Benítez-Ibarra. 2005. Comparación de la capacidad de remoción de fenantreno y la actividad enzimática radical superficial de cultivos radicales (*in toto e in vitro*) de *Cyperus elegans*. *Polibotánica* 20: 31-45.
- Guzmán-Morales, A.R., S. Sánchez-Elías y E. García-Nieblas. 2007. Efecto de los residuos de una industria cerámica sobre la contaminación del suelo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 16(4):46-52.
- Labra-Cardón, D., L.A. Guerrero-Zúñiga, A.V. Rodríguez-Tovar, S. Montes-Villafán, S. Pérez-Jiménez y A. Rodríguez-Dorantes. 2012. Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus laxus* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28 (1): 7-16.
- López-Martínez, S. 2008. Expresión de la actividad enzimática de citocromo p450 en una planta (*Cyperus laxus*) fitorremediadora de suelos contaminados por hidrocarburos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. México, D.F. 61 p.

- Maldonado-Chávez, E., M.C. Rivera-Cruz, F. Izquierdo-Reyes y D.J. Palma-López. 2010. Efectos de rizosfera, microorganismos y fertilización en la biorremediación y fitorremediación de suelos con petróleos crudo nuevo e intemperizado. *Universidad y Ciencia* 26 (2): 121-136.
- Manios, T., E.I. Stentiford y P. Millner. 2003. Removal of heavy metals from a metaliferous water solution by *Typha latifolia* plants and sewage sludge compost. *Chemosphere* 53: 487-494.
- Ochoa-Gaona, S. I. Pérez-Hernández, J.A. Frías-Hernández, A. Jarquín-Sánchez y A. Méndez-Valencia. 2011. Estudio prospectivo de especies arbóreas promisorias para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 144 p.
- Olguín, E. J., M.E. Hernández y G. Sánchez-Galván. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23 (3): 139-154.
- Pérez-Hernández, I., S. Ochoa-Gaona, R.H. Adams-Schroeder, M.C. Rivera-Cruz y V. Geissen. 2013. Tolerance of four tropical tree species to heavy petroleum contamination. *Water Air & Soil Pollution* 224: 1637.
- Rivera-Casado, N.A., M. del C. Montes-Horcasitas, F.J. Esparza-García, A. Ariza-Castolo, O. Gómez-Guzmán, J. Pérez-Vargas, G. Calva-Calva. 2010. Fitotratamiento de suelos impactados por derrames de petróleo: interacción entre hidrocarburos poliaromáticos, fenoles y enzimas oxidativas. *Revista CENIC. Ciencias Químicas* 41: 1-11.
- Rivera-Cruz M. del C., A. Trujillo-Narcía, C.M.A. de la Miranda, C.E. Maldonado. 2005. Evaluación toxicológica de suelos contaminados con petróleos nuevo e intemperizado mediante ensayos con leguminosas. *Interciencia* 30: 326-331.
- Rivera-Cruz, M. del C., A. Trujillo-Narcía, R. Ferrera-Cerrato, R. Rodríguez-Vázquez, V. Volke-Haller, P. Sánchez-García y L. Fernández-Linares. 2006. Fitorremediación de suelos con benzo(a) pireno mediante microorganismos autóctonos y pasto alemán (*Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchc.). *Universidad y Ciencia* 22 (1): 1-12.
- Rivera-Cruz, M. del C., R. Ferrera-Cerrato, V. Volke-Haller, R. Rodríguez-Vázquez y L. Fernández-Linares. 2002. Adaptación y selección de microorganismos autóctonos en medios de cultivos enriquecidos con petróleo crudo. *TERRA Latinoamericana* 20: 423-434.
- Sangabriel, W., R. Ferrera-Cerrato, D. Trejo-Aguilar, M.R. Mendoza-López, J.S. Cruz-Sánchez, C. López-Ortiz, J. Delgadillo-Martínez y A. Alarcón. 2006. Tolerancia y capacidad de fitorremediación de combustóleo en el suelo por seis especies vegetales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 22 (2): 63-73.
- Schnoor J.L., L.A. Licht, S.C. McCutcheon, N.L. Wolfe, L.H. Carreira. 1995. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science Technology* 29: 318-323.
- Van-Deuren, J., Z. Wang y J. Ledbetter. 1997. *Remediation technologies screening matrix and reference guide*, [en línea]. Tercera Edición. Technology Innovation Office, EPA. <http://www.epa.gov/tio/remes.htm> [2012, 22 de enero].
- Vázquez-Luna, D., M. Castelán-Estrada, M. del C. Rivera-Cruz, A.I. Ortiz-Ceballos y F. Izquierdo-I. 2010. *Crotalaria incana* L. y *Leucaena leucocephala* Lam. (Leguminosae): especies indicadoras de toxicidad por hidrocarburos de petróleo en el suelo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 26 (3): 183-191.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis-Muñoz, M. I. Alcocer-Silva, M. Gual-Díaz y C. Sánchez-Dirzo. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. México, D.F. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) – Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 311 p.
- Velasco-Trejo. J.A. y T.L. Volke-Sepúlveda. 2003. El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. *Gaceta Ecológica* 66: 41-53.
- Volke-Sepúlveda, T. y J.A. Velasco-Trejo. 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 60 p.
- Zavala-Cruz, J., F. Gavi-Reyes, R.H. Adams-Schroeder, R. Ferrera-Cerrato, D.J. Palma-López, H. Vaquera-Huerta, J.M. Domínguez-Ezquivel. 2005. Derrames de petróleo en suelos y adaptación de pastos tropicales en el Activo Cinco Presidentes, Tabasco, México. *TERRA Latinoamericana* 23 (3): 293-302.

## Reseña

### SOIL MICROBIAL COMMUNITY SUCCESSIONAL PATTERNS DURING FOREST ECOSYSTEM RESTORATION

Natasha C. Banning, Deirdre B. Gleeson, Andrew H. Grigg, Carl D. Grant, Gary L. Andersen, Eoin L. Brodie & D. V. Murphy  
Applied and Environmental Microbiology Vol. 77, No. 17

La caracterización de comunidades microbianas edáficas es una herramienta cada vez mas utilizada para determinar la respuesta de los suelos ante disturbios de origen antrópico; o bien para evaluar la sostenibilidad de los ecosistemas. Sin embargo, hay poca evidencia experimental que indique patrones predictivos en la estructura o composición de las comunidades microbianas durante la sucesión secundaria o restauración de los ecosistemas.

Los autores identifican varias propiedades del suelo como factores determinantes en la estructura y composición de las comunidades microbianas edáficas como: pH, calidad, cantidad y disponibilidad de carbono orgánico y Nitrógeno, humedad del suelo, textura y mineralogía, los cuales pueden producir efectos de interacción y retroalimentación; por lo tanto, la evaluación de la estructura de dichas comunidades podría ser conceptualizada como una evaluación integrada de las características del suelo y del ecosistema. Sin embargo, la enorme diversidad microbiana en el suelo dificulta la caracterización exhaustiva de esta comunidad en procesos completos de restauración de ecosistemas.

## Reseña

La investigación se realizó en la zona forestal Jarrah del suroeste de Australia, donde la minería de bauxita en bosques de Jarrah (*Eucalyptus marginata*) ha creado un paisaje mosaico de rehabilitación forestal en varios estados de sucesión junto a bosques no intervenidos. Con una superficie de 13.000 has. restauradas hasta la fecha y un historial de 40 años de gestión ambiental en las zonas se pudo realizar un diseño de cronosecuencia (sustitución espacio-tiempo). Las dos hipótesis centrales en este estudio fueron: (i) los disturbios por la minería cambian la estructura de la comunidad microbiana del suelo y (ii) la estructura de la comunidad se recuperara con el paso del tiempo y recuperar las condiciones de los suelos forestales no intervenidos.

Fueron seleccionados 30 sitios de muestreo, en donde se hicieron cinco réplicas de cada una de las cuatro edades de restauración post-minería (0, 6, 14 y 18 años) y cinco réplicas de dos sitios con vegetación característica de bosque de Jarrah.

Tanto Las características e historial de manejo como las características el suelo fueron descritas previamente.

La diversidad microbiana se calculó usando el Automated ribosomal intergenic spacer analysis (ARISA) mientras que en la identificación taxonómica se empleó la técnica del PhyloChip microarray.

En las zonas de rehabilitación se tomaron muestras separadas tanto de valles como de pendientes, a una profundidad de 5 cm, la cual, según estudios previos concentra la mayor cantidad de nutrientes en estos suelos.

La investigación demostró que las áreas disturbadas en proceso de restauración mostraron alteraciones en su estructura en comparación con las zonas no disturbadas; mientras que en la correlación entre zonas disturbadas y no disturbadas se observó que las poblaciones microbianas, tanto fúngicas como bacterianas, de sitios con mayor edad de restauración son más similares a las zonas no disturbadas, confirmando la importancia del factor de la edad de restauración en la dinámica de dichas comunidades.

La biomasa microbiana total fue menor en suelos con menor edad de restauración en comparación con los suelos no disturbados confirmando la primera hipótesis de la investigación, posiblemente debido a múltiples factores que genera la minería en los suelos como incremento de la temperatura, desecación, pérdida de estructura del suelo, pérdida de materia orgánica y otros factores que limitan el soporte de las comunidades microbianas.

Finalmente se encontró que los cambios en la estructura de las comunidades microbianas están altamente relacionados con numerosas variables edáficas como el pH, las cantidades de C, N y P y la Capacidad de Intercambio Catiónico.

**Reseñado por:**

Diego A. Sáenz. Escuela de Restauración Ecológica

**Da a conocer tu libro, publicación o evento.**

**También puedes recomendar un artículo**

**o un trabajo de interés**

**Solo envía una reseña del contenido y una foto al correo**

**electrónico: [boletinriacre@gmail.com](mailto:boletinriacre@gmail.com)**

## Reseña

### IMPACT OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCES ON RIPARIAN FOREST ECOLOGY AND ECOSYSTEM SERVICES IN SOUTHERN INDIA

C. Sunil, R.K. Somashekar and B.C. Nagaraja. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management Vol 7, No.4, December 2011

Los bosques riparios o de ribera son los bosques más diversos y productivos en la naturaleza gracias a su alta riqueza de especies y vegetación que proporciona importantes servicios ambientales. Sin embargo a nivel mundial se consideran los ecosistemas más amenazados por el hombre, debido al uso intensivo de sus tierras, la contaminación de los ríos, la tala de árboles, etc. Tal es el caso del Santuario de Vida Silvestre de Cauvery (CWS), ubicado en la península de la India. En los últimos años ésta área protegida se ha visto afectada por la actividad antropogénica ya que las zonas ribereñas son empleadas para fines turísticos y religiosos, lo que ha generado una presión negativa sobre las mismas. Por lo tanto, los autores vieron la necesidad de documentar el estado actual de los bosques de ribera en el CWS para así determinar el impacto de las actividades antropogénicas sobre su estructura y la diversidad.

Los investigadores establecieron el CWS (526.96 km<sup>2</sup>) como área de estudio. Con el fin de evaluar el tipo de perturbaciones antropogénicas, en los diferentes sitios del bosque ripario, se les asignó una puntuación siguiendo el método de Mani and Parthasarathy (2006) y de acuerdo a esto se clasificaron como raras, ocasionales y frecuentes. Finalmente, los sitios fueron diferenciados como de alta perturbación y de baja perturbación.

Para el estudio de los árboles, se trazaron 6 transectos de 100m x 50m en los sitios de baja perturbación y 5 en los de alta. Se tomaron muestras de plantas con flores mayores a 10 cm. Los datos fueron analizados por el método de Curtis and McIntosh (1951) y se calculó el índice de diversidad y uniformidad Shannon & Wiener. Se realizó una correlación entre los diferentes puntajes y el porcentaje de especies exóticas y nativas empleando el Software estadístico Megastat.

En la investigación realizada, el análisis comparativo entre los sitios de alta y baja perturbación mostró que los sitios de baja perturbación albergan más especies y tienen los valores más altos de diversidad. Sin embargo, la uniformidad de especies no presentó mucha diferencia, mientras que la distribución de especies de árboles si presentó una variación significativa entre las dos categorías. Las especies no nativas dominaron en los sitios más alterados a diferencia de las nativas que presentaron una regeneración inadecuada, afectando la fuente de hojas, ramas, frutos e insectos.

Para concluir, vale la pena hacer énfasis en que los bosques riparios son sensibles a los cambios ambientales y sobre todo a las alteraciones antropogénicas. Por tal razón, debemos concientizarnos de la importancia de éstos ecosistemas y procurar su protección y conservación.

**Reseñado por:** Diana Santos. Escuela de Restauración Ecológica

## Eventos

### MONITORAMENTO AMBIENTAL EM PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

**Mauricio Balensiefer. Presidente SOBRADE.**

O Seminário sobre Monitoramento Ambiental em Programas de Recuperação de Áreas Degradadas constituiu mais um evento da série que a SOBRADE ([www.sobrade.com.br](http://www.sobrade.com.br)) vem realizando desde o ano de 1992, em várias cidades do Brasil, paralelamente aos seus já tradicionais Simpósios temáticos. Partindo da premissa de que acompanhar ou monitorar PRADs é tão ou mais importante que planejar, preparar o local ou implantar projetos, reuniram-se na cidade de Foz do Iguaçu, de 11 a 12 de novembro, especialistas desta área de conhecimento para debater o tema.





O ponto relevante do evento consistiu na troca de informações de elevado nível técnico-científico durante os debates através de conferencias e apresentação de trabalhos voluntários. A partir das avaliações do Seminário efetuadas pelos presentes, os organizadores consideram de grande valia a sua realização. Tanto os temas apresentados, como a organização geral e tempo de duração do evento foram aprovados e novas sugestões de temas foram apresentadas, as quais deverão compor futuras edições. Tudo isto serve de alento e incentivo para propiciar novas oportunidades de realização de eventos similares em outras regiões do Brasil, possibilitando desta forma ampliar o leque de público participante. Por fim, tanto por parte de pesquisadores, como de empresas e instituições públicas, há unanimidade no pensamento de que ainda temos muito a aprender para atender a crescente demanda nesta importante tarefa de recuperar ambientes degradados.

## Eventos

### ALLÍ ESTUVIMOS

Consuelo Bonfil<sup>1</sup> y Gustavo Zuleta<sup>2,3</sup>

- 1- Dpto. de Ecología y Recursos Naturales Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF.  
2- Dpto. de Ecología y Ciencias Ambientales, CEBBAD, Universidad Maimónides, Buenos Aires, Argentina.  
3- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

**D**el 6 al 11 de octubre de 2013 se llevó a cabo en la hermosa ciudad de Madison (Wisconsin, USA) la 5ta Conferencia Mundial en Restauración Ecológica (RE) con unos 1200 participantes (20% más que en el 4to congreso en México 2011) pertenecientes a 54 países (16% menos que en Mérida). Latinoamérica y el Caribe fue la segunda región más representada con el 9% de los asistentes, luego de los locales (USA-Canadá) que lógicamente fueron mayoría (60%). Se destacó la participación de los colegas de Brazil y México, no solo en número sino en protagonismo: coordinación de simposios, talleres y sesiones orales.



La reunión se llevó a cabo en el Centro de Convenciones de Monona, un edificio muy elegante y funcional, con agradables espacios recreativos y una gran vista al bello lago homónimo, que fue diseñado por el famoso arquitecto estadounidense Frank Lloyd Wright. En él se presentaron 185 murales y 690 contribuciones orales distribuidos en 141 eventos (66 sesiones, 61 simposios y 14 talleres). Hubo ocho conferencias plenarias con las que se iniciaba el día durante las jornadas netas de actividad académica (lunes 6 al jueves 10). Los trabajos presentados abarcaron prácticamente todos los aspectos y dimensiones de la restauración ecológica si bien, y como es habitual, hubo sesgos por la localidad (mayores experiencias en ecosistemas templado-fríos, menor en ambientes áridos y tropicales). El libro de resúmenes ya está disponible en la web: <http://www.ser2013.org/wp-content/uploads/2013/10/SER2013-Book-of-Abstracts.pdf>.

Al igual que en otras ocasiones, este V Congreso tuvo una orientación científico-técnica mayoritaria, pero también hubo una importante participación de los sectores gubernamental y privado. Un aspecto interesante de esta reunión es que se discutieron temas importantes pero que rara vez se abordan en reuniones científicas, como las relaciones entre el arte y la restauración ecológica, o conceptos novedosos y en construcción, como la restauración holística.

Destacamos algunas sesiones y presentaciones individuales.

- Margaret Palmer (National Socio-Environmental Synthesis Center, University of Maryland, USA) brindó un detallado e interesante resumen de la historia de la disciplina en el marco de la celebración oficial de los 25 años de la SER. Resaltó los significativos avances en modelos teóricos-conceptuales aplicados a la RE (investigación) y la importancia de los sistemas de valoración (dimensión social). Explicó cómo funcionan los servicios ecosistémicos para lograr la RE. "El lenguaje no es neutro" fue el título de una de las principales diapositivas que utilizó para realizar un planteamiento crítico al uso de ciertos términos que están generando debate y controversia (por ejemplo "novel ecosystems", "new normal").

- Por su parte, Mgbore Obasi (*Alvan Ikoku Federal College of Education, Nigeria*) expuso una realidad contrastante: la creciente degradación ambiental y social en su país (delta del río Níger en particular) como consecuencia del desarrollo petrolero fomentado por países altamente industrializados. Mostró cómo aumentaron en los últimos 10-20 años la contaminación, la pobreza e incluso los crímenes, a pesar de los altos beneficios económicos (40% del GDP nacional en 2007) que está generando la explotación de hidrocarburos. Planteó claramente el “modelo de degradación” e hizo un llamado público para revertirlo, no sólo en la región africana. Explicó la connivencia entre políticos y dirigentes locales con las corporaciones económicas y los organismos internacionales.



- David Ostergren (*Goshen College, Institute for Ecological Regeneration, USA*) rescató los conceptos TEK (conocimiento ecológico tradicional, por sus siglas en inglés) y los principios SER (Primer 2004) ya que ignorarlos representa un riesgo de realizar pobremente tanto investigación como manejo en RE.

- Varios colegas vinculados a UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza), y en distintas sesiones, actualizaron los objetivos y aplicaciones del programa de Listas Rojas de Ecosistemas (RLE), en particular para las Américas. Una interesante herramienta para prevenir la degradación a múltiples escalas (local-regional), establecer prioridades y umbrales, planificar el uso del territorio y restaurar ecosistemas. Las RLEs se basan en modelos de resiliencia y riesgos que abarcan, a su vez, otros marcos conceptuales tanto de ciencias naturales como sociales (modelos de estado y transición, ecología de disturbios, manejo de recursos, gobernanza).

- Ecosistemas de referencia: en una sesión especial, la más concurrida, se re-planteó si este concepto sigue siendo la “piedra angular” de la RE o es un “nostálgico anacronismo”. Claramente el debate se basa en consideraciones e influencias político-ideológicas y por lo tanto subjetivas. Los panelistas, incluyendo a James Aronson (Centre d’Ecologie Fonctionnelle et Evolutive-CNRS, Francia), presentaron diversas ventajas y desventajas (o limitaciones) del uso de este concepto. En nuestra opinión, este concepto no puede desecharse ni reemplazarse fácilmente, y el desuso del término implicaría un retroceso y un significativo cambio conceptual. Nos parece que, bajo ciertas circunstancias, no tendría sentido restaurar especies y ecosistemas sin tener en cuenta los niveles históricos o al menos las condiciones pre-disturbio.

- Bernardo Strassburg (Instituto Internacional para Sustentabilidad; Brazil) planteó las necesidades de un cambio de paradigma en la RE de modo que se incluyan los beneficios económicos asociados a los servicios ecosistémicos percibidos por la sociedad, y que la restauración no sea considerada sólo como un costo. Presentó resultados muy interesantes de planificación territorial a escala regional proyectando mapas a 30-40 años de productividad, restauración y conflictos por usos del suelo.

- Vera Engel (Universidade de São Paulo-UNESP; Brazil), representante en la SER-Internacional por América Latina, presentó varios trabajos valiosos combinando dimensiones económicas, sociales y ambientales, en particular con estudios de casos de los esfuerzos de RE en ecosistemas tropicales. Enfatizó la estrategia de re-conciliar la RE con las buenas prácticas productivas, en particular agroforestales.

- RE en ambientes urbanos: varios colegas pertenecientes a diversas instituciones resumieron las experiencias (exitosas) de RE en el área metropolitana de Chicago. El programa incluye una combinación de acciones e iniciativas sociales interesantes como la red de monitoreo social, que promueve una intensa participación pública, análisis etnográficos (percepción) y sociológicos (encuestas), planificación territorial y, como modelo integral, mapas de responsabilidad ambiental.

- Se discutió activamente en varios simposios sobre la necesidad y/o conveniencia de diseñar ecosistemas para el futuro, tema íntimamente ligado al de los llamados “novel ecosystems”, que genera mucho debate. Mientras que algunos autores destacan la necesidad imperiosa de enfrentar esta tarea frente a fenómenos como el cambio climático, otros ponen una nota de cautela y apelan al uso de una gran dosis de cuidado, recurriendo a una especie de principio precautorio en la RE y a mantener siempre un ojo en el pasado al hacer planes a futuro. Tal fue la posición de la investigadora Joy Zedler, experta en restauración de humedales de la Universidad de Wisconsin. En todos los casos se destacan los desafíos éticos e incertidumbres que implica la creación de nuevos ecosistemas.

## El Boletín RIACRE informa

Llegaron tiempos de cambio para la restauración ecológica en Iberoamérica y el Caribe. Durante estos últimos ocho años la región se ha caracterizado por la organización de diversos grupos y redes de investigadores, técnicos e interesados en la restauración ecológica. Dichos grupos y redes han sido de vital importancia para el desarrollo de la ecología de la restauración y la restauración ecológica en Iberoamérica y el Caribe, pues han venido ofreciendo espacios adecuados para el aprendizaje, reflexión, discusión y puesta en práctica tanto a nivel científico como técnico. También, mediante estos espacios han facilitado el intercambio, el planteamiento y la utilización de estrategias y técnicas que posibilitan el restablecimiento de diferentes áreas degradadas, dañadas o destruidas.

En el marco del IV Congreso Mundial de Restauración Ecológica llevado a cabo en Mérida - México, en el año 2011, nos reunimos la mayoría de Grupos y Redes de Iberoamérica y el Caribe, y vimos la necesidad de constituir una agrupación que abarcara a todos los investigadores, instituciones y redes de la región. Entonces surgió la idea de crear la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica-SIACRE. Para dar cumplimiento a este propósito la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica, lideró la redacción de los estatutos de la Sociedad y organizó la reunión fundacional para constitución de SIACRE, la cual se llevó a cabo el 29 de julio de 2013 durante el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, desarrollado en Bogotá-Colombia.

En la reunión de constitución participaron delegados de cada país de Iberoamérica y el Caribe, así como representantes de RIACRE, SOBRADE, REDCRE, REDLAN y REPARA. Se aprobaron los estatutos, se nombró la Junta Directiva y se propusieron las actividades a realizar durante los próximos tres años. También se seleccionó la sede para el próximo congreso y se decidió finalizar con los procesos de REDLAN y RIACRE, quienes desde esa fecha actuarán bajo el nombre de la Sociedad.

Por tal motivo, con este número el Boletín RIACRE terminará su publicación trimestral para dar paso al Boletín de SIACRE, el cual circulara a partir de marzo del 2014. El Boletín RIACRE inició su circulación en el año 2007 y hasta la fecha se han realizado 26 entregas. Hasta el año 2011 la edición y circulación del Boletín estuvo a cargo de Jesús Matos Maderos y del Grupo Cubano de Restauración. En el año 2011 se creó un nuevo comité editorial, con el cual se mejoró la visualización del boletín, amplió su difusión directa a 2000 personas y creo un correo electrónico como canal único de comunicación con los miembros de RIACRE, editores y las diferentes personas que han venido enviando sus experiencias de restauración, reseñas, noticias y eventos. Con este comité se publicaron los ocho últimos números.

Queremos aprovechar la oportunidad para agradecer y reconocer el esfuerzo de Jesús Matos y el Grupo Cubano de Restauración por la creación y liderazgo del boletín durante casi cinco años. También queremos agradecer a los diferentes grupos editoriales del boletín: Consuelo Bonfil (México), Francisca Acosta (Bolivia), Felipe Montoya Greenheck (Costa Rica), Alberto Torres Bilbao (Cuba), Sandra Patricia Montoya (Colombia), Fernando Bustos (Chile), Orlando Vargas (Colombia), José Báez Ureña (República Dominicana), Mauricio Balensiefer (Brazil), José Ignacio Barrera (Colombia), Daniel Pérez (Argentina), Mauricio Aguilar-Garavito (Colombia), María Esmeralda Guerrero (México), Sandra Contreras Rodríguez (Colombia) y Diana Rondón (Colombia).

Los invitamos a continuar trabajando en Red desde SIACRE y a que continúen enviando sus contribuciones para el nuevo Boletín. Para lo anterior continuaremos funcionando hasta nueva orden con la guía de autores y con el correo electrónico de este boletín.



### Miembros fundadores de SIACRE:

De izquierda a derecha: Jordi Cortina, Mauricio Aguilar, Pilar Barraqueta, Érica Góngora, Pilar Andrés, Adriana Rovere, Noema Cano, Cristian Echeverría, Marina Mazón, Mauro González, Consuelo Bonfil, José Ignacio Barrera, Gustavo Zuleta, Elieane Ceccon, Grecia Montalvo, Daniel Pérez, Mauricio Balensiefer, Ricardo Ribeiro Rodríguez, Jammes Griffith. Sentados de izquierda a derecha: Fabiola López, Cecilia Smith, Nicolay Aguirre, Liliana Chisacá, Daniel Llambi y Orlando Vargas.

## *Normas generales para la presentación de contribuciones al Boletín SIACRE*

**P**ueden ser enviadas noticias, anuncios de eventos, cursos, talleres, resúmenes de proyectos, resultados de esfuerzos de restauración ecológica, artículos científicos o divulgativos, iniciativas, opiniones, reseñas de artículos publicados, etc.

Los artículos no debe exceder de tres páginas tamaño carta escritas con letra tipo Verdana 8, incluyendo tablas y gráficos con un máximo de cuatro fotos. Los mismos deben contener: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y bibliografía citada, además de la categoría científica o académica y filiación del autor principal y su correo electrónico.

Los resúmenes de proyectos no deben exceder de una página y solo se permitirán dos fotos. La reseñas y noticias no deben exceder las 500 palabras. Se debe incluir el título original y los autores. Para las noticias incluir una imagen. Todas las imágenes, gráficos y fotos deben tener pie de imagen y deberán ser enviadas en un documento aparte en formato JPG. Se recomienda consultar las normas específicas, para ello enviar la solicitud al correo del boletín.

### *Junta Coordinadora de SIACRE*

José Ignacio Barrera– Cataño (Colombia) [barreraj@javeriana.edu.co](mailto:barreraj@javeriana.edu.co)

Gustavo Zuleta (Argentina) [ecología@maimonides.edu](mailto:ecología@maimonides.edu)

Mauricio Aguilar-Garavito (Colombia) [mauricioaguil@gmail.com](mailto:mauricioaguil@gmail.com)

Liliana Chisacá (Colombia) [ddeneuquen@yahoo.com](mailto:ddeneuquen@yahoo.com)

Cristian Echeverría (Chile) [criatian.echeverria@udec.cl](mailto:criatian.echeverria@udec.cl)

Consuelo Bonfil (México) [cbonfil@ciencias.unam.mx](mailto:cbonfil@ciencias.unam.mx)

Grecia Montalvo (Cuba) [jeonsusmatos@cesam.vcl.cu](mailto:jeonsusmatos@cesam.vcl.cu)

Maurício Balensiefer (Brazil) [mauricio@sobrade.com.br](mailto:mauricio@sobrade.com.br)

Adriana Rovere (Argentina) [drirovere@gmail.com](mailto:drirovere@gmail.com)

**Primer número del Boletín SIACRE:  
marzo 2014**

**Plazo máximo para enviar aportes  
al boletín: febrero 30 de 2014**

**¡ATENCIÓN! Desde julio de 2013, RIACRE  
se unió a las otras redes de restauración  
Latinoméricas para conformar la Sociedad  
Iberoamericana y del Caribe de Restauración  
Ecológica-SIACRE-**

**SE APROXIMAN NUEVOS TIEMPOS**