

Universidad de Guanajuato  
Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad  
Calzada de Guadalupe S/N, Zona Centro, CP 36000, Guanajuato, Gto.  
Tel. (473) 7320006 ext. 3031 y 3029  
3,000 ejemplares



# Natura **lee**za

Gaceta Ambiental Cuatrimestral

Gaceta No. 22 | Septiembre-Diciembre | 2012

## Número 25: Educación Ambiental en condiciones de Cambio Climático

Fecha límite para la recepción de colaboraciones:  
22 de febrero de 2013



## Energías Renovables



Título: Problema y Solución  
Autora: Marisol Palapa Cruz  
Fotografía Ganadora del Concurso "Enfriando al planeta: Propuestas desde mi lente"



Universidad de Guanajuato

Dr. José Manuel Cabrera Sixto  
Rector General

Dr. Manuel Vidaurri Aréchiga  
Secretario General

Mtra. Rosa Alicia Pérez Luque  
Secretaria Académica

Mtro. Bulmaro Valdés Pérez Gasga  
Secretario de Gestión y Desarrollo

Dra. Shafia Súcar Súccar  
Directora  
Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad

Los artículos aquí publicados son responsabilidad del autor. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite la fuente.

Año 2012 Gaceta No. 22



Consejo Editorial

Mtra. Adriana Aguilera Arrieta  
Departamento de Economía y Finanzas  
División de Ciencias Económico-Administrativas  
Campus Guanajuato

Dra. Maricruz Romero Ugalde  
Departamento de Estudios Sociales  
División de Ciencias Sociales y Humanidades  
Campus León

Dr. Eduardo Salazar Solís  
Departamento de Agronomía  
División de Ciencias de la Vida  
Campus Irapuato-Salamanca

Dr. José de Jesús Bernal Alvarado  
Departamento de Ingeniería Física  
División de Ciencias e Ingenierías  
Campus León

Dr. Guillermo Mendoza Díaz  
Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica  
División de Ciencias e Ingenierías  
Campus León

Lic. Abigail Mendiola Amador  
Educatora Ambiental y Consultora  
Invitada Externa

Diseño Editorial

Lic. María Magdalena Sandoval Torres  
Departamento de Educación Ambiental  
Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad

Mtra. Pilar Alejandra González Vázquez  
Coordinación de Difusión y Comunicación Ambiental  
Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad

Contenido

Abejas trabajando

- Fotografías ganadoras del concurso “Enfriando el Planeta: propuestas desde mi lente”

Para leer, conocer y reflexionar

- Estudio de los bioproductos obtenidos en la deslignificación de residuos lignocelulósicos dentro del esquema de biorrefinería para la obtención de biocombustibles
- Nuevos materiales para el aprovechamiento de la energía solar
- La Historia Socioecológica del petróleo en México

Los grandes temas de Guanajuato

- Cultura en la Sierra Gorda
- Historia del Paisaje de la Sierra Gorda
- Asentamientos prehispánicos en León

Charlando con

- Dr. Jesús Martínez Patiño, coordinador del Proyecto institucional de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en la UG
- Dr. Víctor Hugo Rangel Hernández, Director General del Centro Mexicano de Energías Renovables S. C.

Convocatorias

- Número 25 de la Gaceta: Educación Ambiental en condiciones de Cambio Climático

Universidad de Guanajuato



CONCURSO DE FOTOGRAFÍA

Enfriando al planeta: Propuestas desde mi lente

Presentación

El Cambio Climático implica importantes riesgos para la comunidad de la vida, lo que representa un gran reto para renovar nuestra forma de pensar, así como nuestras habilidades y actitudes, con el fin de generar propuestas que convoquen a la organización y acción colectivas, que favorezcan la mitigación y adaptación a los efectos de este fenómeno global.

En este contexto, la Universidad de Guanajuato, a través de la Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad, y el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, convocaron a la sociedad guanajuatense, en octubre de 2011, al concurso de fotografía “Enfriando al Planeta: propuestas desde mi lente”.

El objetivo del concurso fue brindar un espacio para ampliar la sensibilización, la reflexión y la creatividad con relación a la complejidad e incertidumbre que el Cambio

Climático plantea a la humanidad, a través de propuestas y acciones de la sociedad guanajuatense, y que éstas fueran reflejadas en imágenes.

En este espacio, se presentan algunas de las fotografías más sobresalientes, y los tres primeros lugares, acompañados de los textos alusivos a las imágenes, escritos por los autores de las fotografías, que transmiten reflexiones y propuestas de acción en el ámbito local, que buscan favorecer la mitigación y adaptación al Cambio Climático.

Los textos y las imágenes aquí presentes buscan inspirar a jóvenes y adultos, para que desde nuestros hogares, trabajo, escuela, colonia y comunidad, emprendamos acciones que promuevan el respeto y cuidado de nuestro entorno.

Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad







### Problema y Solución

Primer Lugar  
Autora: Marisol Palapa Cruz  
León, Gto.

Un oso polar aferrándose a un pedazo de hielo, lo que queda de su hogar, un pedazo de hielo que le dé esperanzas de supervivencia. Esta es la metáfora que quise representar en mi fotografía: la esperanza de vida para muchas especies y para nosotros mismos es algo que está en nuestras manos. Realizar acciones sencillas como utilizar focos ahorradores representa una señal de vida, de esperanza, de mirar hacia el futuro, de preocuparnos y ocuparnos en cuidar el Planeta.

El título lo dice: “problema y solución”, ya que considero que pensar las cosas de la forma más sencilla ayuda a la comprensión de las ideas. Pensar que la acción de cambiar

un foco convencional por una lámpara ahorradora puede darle esperanzas de supervivencia a una criatura como un oso polar, es algo que motiva, y es una decisión fácil de tomar. Es como ponerle rostro a un problema y plantear soluciones que están en nuestras manos, ya que muchas veces, sumergidos en la comodidad, la desidia o la desinformación, terminamos desarrollando actitudes que forman parte del problema del calentamiento global.

Acciones cotidianas como aprovechar al máximo la luz natural, desconectar nuestros aparatos eléctricos, cerrar la regadera mientras nos enjabonamos, separar los residuos que generamos, etc., son cosas sencillas que no requieren gran esfuerzo. Si nos detenemos a pensar, llegaremos a la conclusión de que no cuesta mucho y vale la pena hacerlo, el problema es que pocas veces nos detenemos a pensar en lo que hacemos por el ritmo acelerado en el que vivimos.

Realizar acciones de cuidado hacia el medio ambiente para que los osos polares no pierdan su hábitat es solo una forma de ejemplificarlo; pues si seguimos por esa línea de razonamiento, nos daremos cuenta de otras situaciones: nosotros mismos sufriendo por temperaturas extremas, sequías o lluvias intensas. En realidad lo que está en juego es la vida de todos los seres que habitamos el Planeta.

No nos detengamos aquí, sigamos pensando y veremos que vale la pena informarse más, entonces sabremos que hay más cosas que podemos hacer, como practicar un consumo responsable, elegir productos que sean amigables con el ambiente, exigir políticas públicas que contribuyan a detener el problema del calentamiento global, y apoyar a las organizaciones de la sociedad civil que luchan por hacer real la esperanza de un futuro mejor para el Planeta Tierra.

Ella es Pamela Valtierra, artista visual. Lleva su vocación en la sangre. Su abuela Elba, pintora, tiene su casa de campo en Santa Rosa de Lima, Guanajuato, la diseñó de tal manera que fuera lo más sustentable posible. Cada muro, cada esquina, cada detalle lleva su toque personal. Entre el adobe de las escaleras, las paredes y los pasillos encontrarás fragmentos de cerámica, máscaras, duendes pintados, botellas de vidrio, ¡hasta la mano de un maniquí y un teclado de computadora! Es un lugar innegablemente mágico en medio de la naturaleza y alejado del bullicio comercial. Elba, aparte de pintar sus fantasías en el bastidor, imparte clases de pintura en piezas de cerámica a adultos invidentes. Es una mujer que además de ser hermosa es admirable.

La construcción sustentable es una manera de evitar la compra de aparatos electrónicos que afectan el equilibrio ambiental y fomentan la indolencia. Implica la práctica del reuso, las compras verdes y la eficiencia energética.

La fotografía fue tomada en la casa de campo de Elba. Pamela usa un vestuario que hice para ella con pantimedias rotas y recortes de papel albanene, que alguna vez fue parte de una tarea de dibujo técnico. La moda también puede ser sustentable.

La imagen muestra la presencia de una mascota que recibe el cariño que merece. Un animal que puede correr en el espacio que necesita, y no es un adorno encerrado en una azotea o en un balcón, como es costumbre en algunos callejones guanajuatenses para “asustar” a cada persona que pasa frente a su territorio. Tener una mascota es tener un miembro más en la familia.

La anfitriona, la modelo y la fotógrafa creemos que la situación es crítica pero no imposible de transformar. El respeto por los demás seres vivos y la convivencia con ellos son más naturales y benéficos para la mayoría, y no la conveniencia política o económica de solamente unos cuantos. El aprovechamiento responsable de los recursos



### Sin título

Segundo Lugar  
Autora: Nubya Edith Zamora Contreras  
Santa Rosa de Lima, Guanajuato, Gto.

(y no su desperdicio disfrazado con enganches publicitarios que prometen sin actuar) es todo un estilo de vida que además de generar beneficios económicos, es necesario. Es preciso enfriar al planeta, combatir su calentamiento con soluciones prácticas que aprovechen y no derrochen los recursos. No solamente se trata de enfriarlo físicamente, también hay que hacerlo emocional y sentimentalmente. Dejar de lado las presiones, la ira, el fastidio, la impaciencia y todo el cúmulo de sensaciones negativas también forma parte de la solución.

A actuar, que está en nuestras manos, en nuestro presente.





*¡Yo también quiero un futuro verde!*

Tercer Lugar  
Autora: Lucía García Aispuro  
Guanajuato, Gto.

04 La Tierra en la que nacemos es realmente bella y es nuestra. Por ello, es necesario que conservemos y cuidemos el entorno: los árboles, las plantas y todos los seres vivos que forman parte de nuestro Planeta. Nuestros abuelos y padres nos han enseñado a valorar y querer el lugar donde vivimos, ahora nos corresponde a nosotros enseñar a los más pequeños a amar y respetar la vida.

La Tierra, el lugar donde vivimos, es nuestro patrimonio y será en un futuro el de nuestros hijos, por eso es importante que en este momento cuidemos del lugar al que pertenecemos, para que cuando llegue el momento de entregárselo a las nuevas generaciones, les podamos dar un mundo hermoso y sano.

En la fotografía busco mostrar la necesidad de inculcar en nuestros pequeños la importancia de proteger a las plantas, que son un elemento importante en nuestra vida, pues son el clima y la vegetación los que además de formar un mundo colorido y deslumbrante, nos proporcionan vida.

Me parece realmente valioso e importante enseñar a los pequeños que el utilizar los recursos en forma desmedida y sin velar por su preservación, y el sentirnos dueños de la naturaleza, sin ser conscientes de que nosotros también formamos parte de ella, nos afectará en el futuro. Ya

hemos perdido muchas cosas y hemos atentado en contra de la naturaleza, por eso es tiempo de hacer un alto, de recuperar valores y realizar acciones que contrarresten todos los daños que le hemos causado al lugar en el que vivimos, al que pertenecemos y del que formamos parte: la Tierra.

Para ello es necesario trabajar en equipo, necesitamos nuevas estrategias, y éstas nos las pueden dar personitas jóvenes, esos pequeños que en su momento llegarán a ser quienes tengan no sólo la responsabilidad, sino también el gusto por preservar la VIDA.

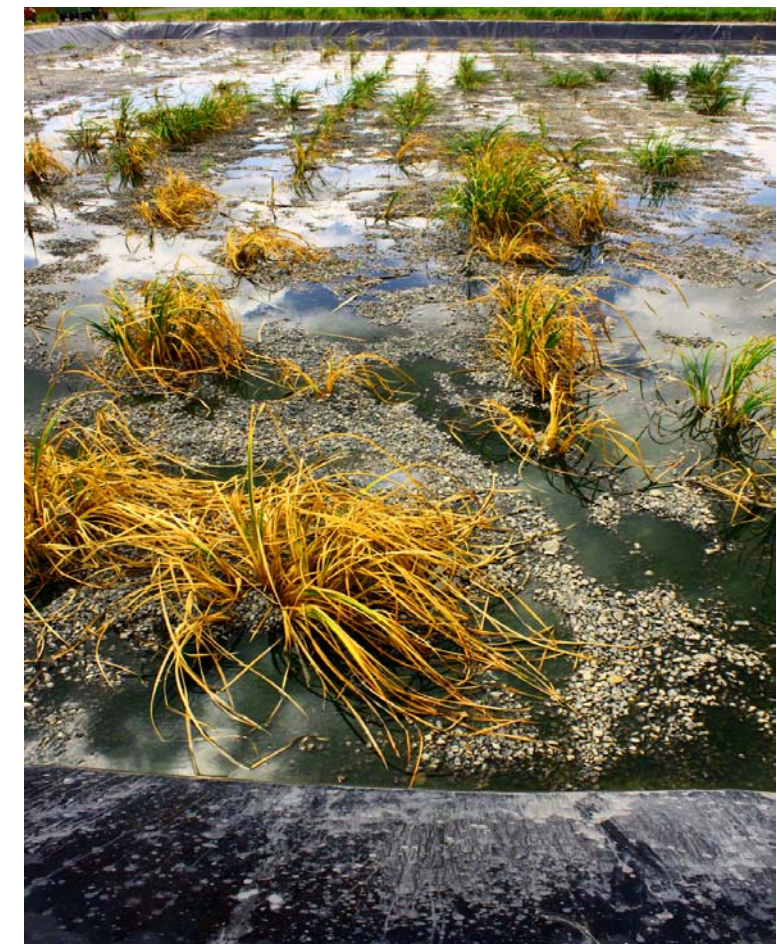
Ya no esperemos más y enseñemos a nuestros niños a querer, cuidar, proteger y respetar lo que nuestros ancestros tanto han cuidado. Un mundo sin plantas, colores, texturas y olores no es lo que deseamos. Queremos vivir en un lugar agradable y también buscamos que quienes vivirán aquí en el futuro tengan la dicha de disfrutar de un lugar maravilloso, de poder respirar un aire limpio y fresco, de ver un cielo azul y de conocer una gran variedad de especies, pero eso sólo lo lograremos con el apoyo de nuestros niños, pues de ellos y para ellos es el Planeta.



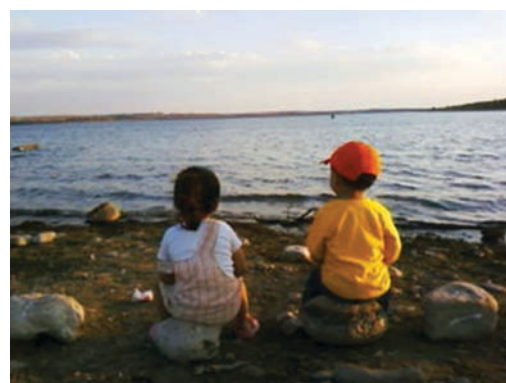
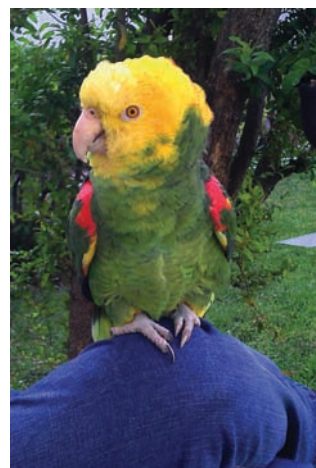
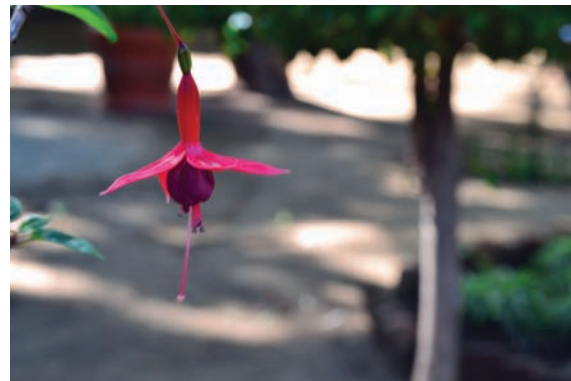
*El poder del reciclaje y la sustentabilidad*  
Jorge Arturo Robledo Rodríguez



Humedales  
Jorge Flores Melchor







## Fotografías Participantes



## Estudio de los Bioproductos

Obtenidos en la Deslignificación de residuos Lignocelulósicos dentro del esquema de Biorrefinería para la obtención de Biocombustibles

Manuel Alejandro Méndez Vázquez\*, Carmen Cano Canchola\*, Aurelio Álvarez Vargas\*, Alma Hortensia Serafín-Muñoz\*\*, Oscar Coreño Alonso\*\* y José de Jesús Cruz Rivera\*\*\*

**Palabras Clave:** Pretratamiento, celulosa, hemicelulosa, lignina y bioetanol.

### Introducción

La bioenergía es una de las fuentes de energía renovables que puede ser una alternativa viable para reemplazar en parte la utilización de los combustibles fósiles (Demirbas, 2010). En México, al igual que en varios países, debe considerarse el reto de afrontar y solucionar las difíciles problemáticas en el ámbito económico, energético y de salud pública ligadas con los problemas ambientales. La calidad del aire está en constante deterioro debido a las múltiples actividades humanas, generando graves problemas de salud. Aunado a ello, el petróleo mexicano, que es la fuente primaria de energía más importante del país, es un recurso no renovable que dentro de algunos años no será suficiente. En este sentido, la bioenergía es la alternativa sustentable a seguir. Ésta se genera a partir de biomasa, es decir, de la materia orgánica, como son los productos o subproductos agrícolas, forestales y pesqueros, los residuos orgánicos municipales, los cultivos energéticos, las grasas y aceites, y excremento de animales (United Nations Environmental Programme [UNEP], 2009). La energía se puede obtener aprovechando la materia orgánica y a través de diferentes procesos obteniendo productos de alto valor, como los biocombustibles líquidos, entre los que se encuentran el biodiesel y el bioetanol, y los gaseosos, como el hidrógeno y el metano (Mousdale, 2008).

En países como Estados Unidos y Brasil, se produce bioetanol de primera generación, a partir de alimentos como el maíz y la caña de azúcar. Sin embargo, esto no es una alternativa viable para México, ya que en primer lugar, pondría en riesgo la precaria estabilidad alimentaria, y en segundo lugar, porque el precio del azúcar está por arriba del

precio internacional, y esto no la hace costeable (Ludena, 2007). Una alternativa viable para nuestro país es producir bioetanol de segunda generación a partir del tratamiento de los residuos sólidos agrícolas (RSA), propiciando impactos positivos en los ámbitos económico, ambiental y de salud pública. En el estado de Guanajuato se producen anualmente un promedio de 850 mil toneladas de paja, de las cuales aproximadamente el 35% se quema de forma intencional, el resto se comercializa o se realiza la siembra directa (Secretaría de Desarrollo Agropecuario [SDA], 2008). Por ende, la quema de RSA conlleva múltiples consecuencias negativas, entre las que se encuentran principalmente:

- La pérdida de microfauna del suelo, vital para los procesos que intervienen en la estructura y nutrientes del mismo, esto incrementa la erosión y la pérdida de fertilidad del suelo a largo plazo.
- La reducción de la capacidad de retención de agua y la destrucción de un recurso (la paja), que puede utilizarse como alimento para el ganado, o en otras actividades agrícolas, ganaderas o industriales.
- El uso excesivo de fertilizantes artificiales, que reducen significativamente la rentabilidad de las cosechas y que contaminan las aguas subterráneas.
- Contaminación de la atmósfera por el humo de las quemas, agravando el efecto invernadero; ello altera el ciclo hidrológico (de las lluvias), y es causa de accidentes automovilísticos por la escasa visibilidad (Sistema Estatal de Información de Calidad del Aire [SEICA], 2012).

Dentro de este marco, en la Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, se lleva a cabo el proyecto de desarrollo sustentable referente al tratamiento de residuos sólidos agrícolas (RSA),

bajo el esquema conceptual de la implementación de una biorrefinería, enfocado en la evaluación de productos de alto valor agregado a partir de los diferentes procesos involucrados; como bioetanol, biometanol y biogás, entre otros (Mousdale, 2008).

El tratamiento de los RSA realizado por nuestro grupo de trabajo conlleva las tres primeras etapas de las cuatro necesarias para producir bioetanol:

**Etapla 1.** Deslignificación por el método oxidativo con peróxido de hidrógeno, en el cual se tienen estudios avanzados de optimización,

**Etapla 2.** Sacarificación o hidrólisis, que corresponde a la producción de los monosacáridos libres (azúcares reductores y fermentables),

**Etapla 3.** Fermentación, etapa donde se prueban distintas cepas de microorganismos silvestres de la región y mutantes, bajo diferentes condiciones, para la obtención de etanol y productos derivados de su metabolismo.

En este trabajo se presenta el proceso de la deslignificación alcalino oxidativa de paja de trigo, junto con el posterior aislamiento de celulosa, hemicelulosa y lignina; y la caracterización de estos bioproductos por diversas técnicas analíticas. También se realizó la hidrólisis ácida de bagazo de Agave tequilana, la fermentación de los hidrolizados y la cuantificación de etanol como bioproducto (Saucedo, 2010).

### Materiales y métodos

La paja de trigo y el bagazo de agave fueron obtenidos de municipios agrícolas del estado de Guanajuato. Ambos materiales lignocelulósicos fueron secados en un horno a 60°C por 48 horas, molidos (molino de martillos, tamaño de partícula tamiz No. 30) y almacenados a temperatura ambiente (en bolsas de plástico selladas) hasta su posterior uso. Todos los reactivos químicos fueron de la casa comercial SIGMA. Tanto las soluciones ácidas, como las alcalinas fueron valoradas por triplicado.

**1. Deslignificación de paja de trigo.** 60 g de paja seca fueron mezclados con 950 ml de agua desionizada, tras 30 minutos de homogenizado, se añadieron gota a gota 30.0 ± 3.8 ml de solución al 50% p/v de hidróxido de sodio (NaOH 10N) hasta alcanzar un pH de 11.5. La solución final tuvo una concentración

final de NaOH de 1.5% p/v. Inmediatamente se añadieron 20 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 50% p/v en un periodo de dosificación no mayor a 1 minuto.

La reacción tuvo una duración de 5 horas. El pH se monitoreó y se mantuvo constante a un valor de 11.5 todo el tiempo de reacción. El experimento se realizó por triplicado. Se obtuvieron muestras de paja a lo largo del periodo de reacción para su posterior análisis.

**Aislamiento de celulosa:** Terminado el periodo de reacción se separó el sólido del líquido (licor madre) por filtración en malla de polietileno, se lavó dos veces con 1 L de agua destilada y finalmente se ajustó el sólido a pH de 5.

**Aislamiento de Hemicelulosa:** Al licor madre se le agregó etanol de 96° en una relación 3:1 v/v y se llevó a pH de 5 con ácido clorhídrico (HCl 5N) dosificado en gotas. El precipitado se lavó con etanol ácido. El licor con etanol ácido fue usado para el aislamiento de lignina.

**Aislamiento de lignina:** El licor resultante del aislamiento de hemicelulosa se evaporó mediante periodos de calentamiento de 6 h a 60°C y 18 h a temperatura ambiente durante 7 días.

**2. Hidrólisis ácida del bagazo de agave.** Primera hidrólisis ácida. 5 g de bagazo fueron mezclados con 50 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 2% p/v y calentados a 90°C; el periodo de reacción fue de 15 minutos. El sólido fue separado por filtración al vacío en embudo Buchner de poro < 0.2 mm. La fracción líquida (hidrolizado 1) se separó y almacenó a 4°C. El sólido recuperado fue sometido a una segunda hidrólisis en las mismas condiciones, por 30 minutos. De nuevo se filtró y el líquido (hidrolizado 2) se almacenó a 4°C. El sólido se lavó con agua destilada hasta obtener un pH de 7, se dejó secar a 60°C y se registró la pérdida de peso por solubilización. La hidrólisis ácida se llevó a cabo por triplicado.

Todos los hidrolizados se llevaron hasta pH de 9 con NaOH (10N) para detoxificación (Saucedo, 2010), y se formó un precipitado que se separó al centrifugar a 3,000 rpm (revoluciones por minuto) durante 10 minutos. Los azúcares reductores presentes en los hidrolizados detoxificados se cuantificaron mediante la técnica del ácido dinitrosalicílico (DNS) (Harisha, 2007), con una curva de calibración de glucosa 0.1 a 5 mg / ml.

\* División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

\*\* División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

\*\*\* Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.



**3. Fermentación.** Los hidrolizados se inocularon con 5 ml de solución del microorganismo *S. cerevisiae* (levadura de pan) crecido en medio YPD, que contenía 3X107 cel/ml en fase de crecimiento exponencial. Cada 24 horas durante 72, se tomó una muestra y se monitoreó la producción de etanol espectrofotométricamente mediante la reacción con dicromato de potasio en medio ácido (Jones, 2004). La fermentación de los licores se realizó por duplicado.

**Caracterización de los bioproductos:** Todos los sólidos fueron caracterizados por espectrofotometría de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR) utilizando el dispositivo de reflexión total atenuada (ATR); a los espectros se les realizó corrección de línea base automática y normalización con factor de 0.5.

Las muestras de paja sin tratar, la paja deslignificada y los estándares de celulosa fueron observadas por microscopía electrónica de barrido (SEM) y por microscopio óptico estereoscópico (OEM), por sus siglas en inglés.

10

| Tabla 1. Composición de los bioproductos obtenidos a partir de 60 g de paja de trigo. | Composición |              |            |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------------|-------|
|                                                                                       | Celulosa    | Hemicelulosa | Lignina    | Otros |
| % Experimental                                                                        | 42.0        | 10.0         | 28.0       | N.D.  |
| % Teórico (Mousdale,2008)                                                             | 37.0        | 33.0         | 15.0       | 15.0  |
| Componente Recuperado(g)                                                              | 25.3 ± 0.1  | 10.2 ± 0.2   | 16.8 ± 0.1 | N.D.  |
| Composición Teórica (g) (Mousdale, 2008)                                              | 22.2        | 19.8         | 9          | 9     |
| % de recuperación                                                                     | 113.5       | 30.3         | 108        | N.D.  |

| Tabla 2. Producción de bioproductos a partir de 5 g de bagazo de agave. | Carbohidratos Totales (Celulosa + Hemicelulosa) | Biomasa Hidrolizada | 1er Hidrólisis 15 min     | 2da Hidrólisis 30 min     | g EtOH (48h)/ g de Bagazo |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                                         |                                                 |                     | Azúcares Reductores (g/L) | Azúcares Reductores (g/L) |                           |
| % Experimental                                                          | N.D.                                            | 43.2                | 28.56                     | 10.60                     |                           |
| % según Saucedo y colaboradores (Saucedo, 2010)                         | 62                                              | 32.6                | 37.64                     | 21.00                     |                           |
| (g) Experimental                                                        |                                                 | 2.2 ± 0.2           | 20.4 ± 0.1                | 7.6 ± 0.9                 | 0.05                      |
| (g) según Saucedo y colaboradores (Saucedo, 2010)                       |                                                 | 1.4                 | 26.9                      | 15                        | 0.18                      |
| % de Conversión*                                                        |                                                 |                     | 32.9                      | 12.3                      |                           |

\*El porcentaje de conversión de polisacáridos a azúcares reductores considera una cantidad total de 62 g de carbohidratos por cada 100 g de bagazo de agave.

Resultados

**Composición de bioproductos:** En la Tabla 1, se muestra la composición de los diferentes bioproductos obtenidos a partir de la paja de trigo tras la reacción de deslignificación. Los gramos teóricos fueron calculados. El porcentaje experimental se calculó con respecto al total de biomasa (paja) utilizada, mientras que el porcentaje de rendimiento, es la relación entre el porcentaje experimental y el teórico.

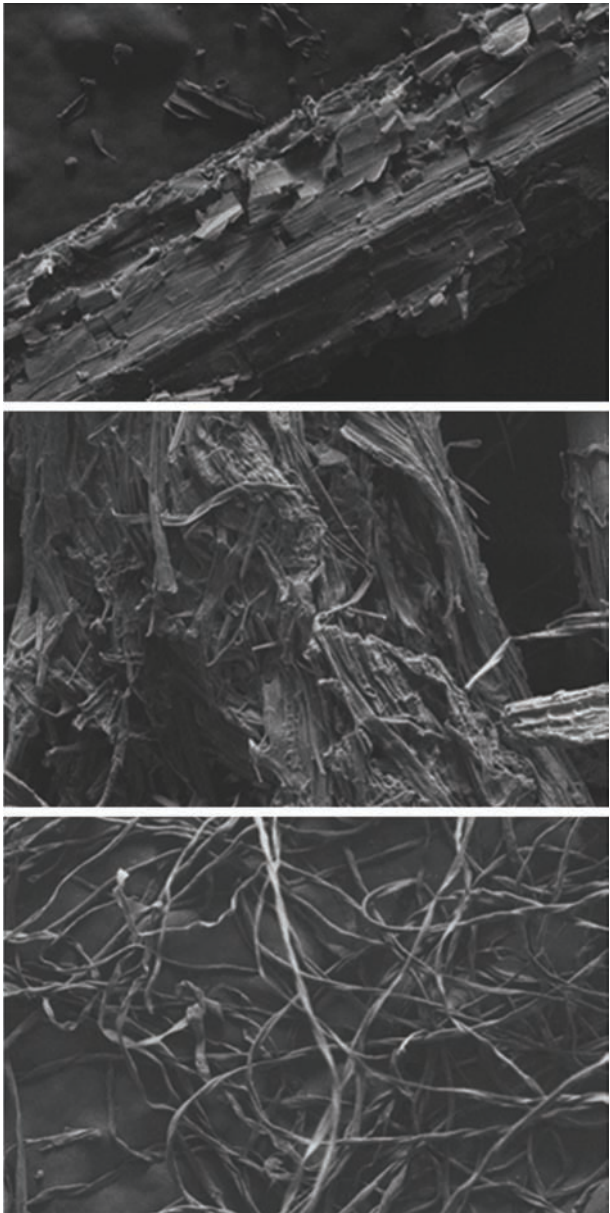
En la Tabla 2 se muestra la cantidad de bioproductos obtenidos a partir de la serie de hidrólisis ácidas realizadas al bagazo de agave. La curva de calibración de azúcares reductores mediante la técnica de DNS se expresa con la ecuación (1) y presenta una R2 de 0.9994. Mientras que la curva de calibración de etanol medido por dicromato ácido se expresa con la ecuación (2) y presenta una R2 de 0.9995.

ABS = 0.5907 [azúcares reductores] – 0.0407 (ecuación 1)

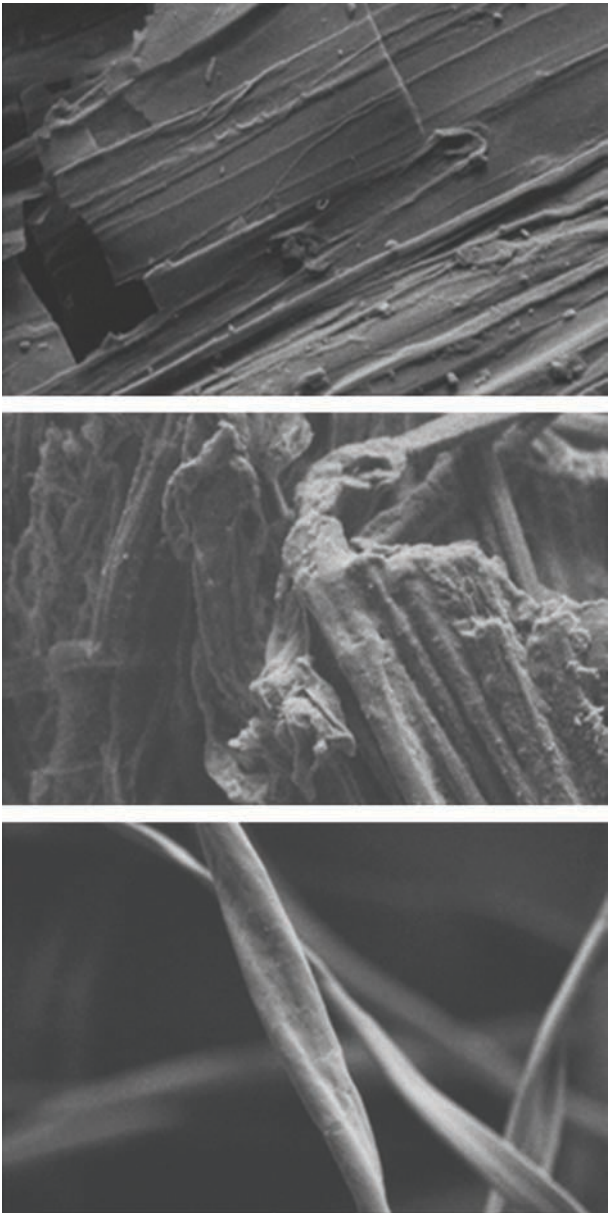
ABS = 1.2148[EtOH] – 0.0053 (ecuación 2)

**Caracterización de los bioproductos:** En la Figura 1 se muestra una serie de imágenes de SEM que elucidan el aislamiento de celulosa a partir de la paja y su comparación con celulosa pura de algodón a diferentes escalas. En la Figura 2 se observa una serie de imágenes de OEM que elucidan el rompimiento estratégico de la paja de trigo para liberar la celulosa en función del tiempo de deslignificación, así como los propios bioproductos obtenidos a partir de la paja de trigo. En la Figura 3 se muestran los espectros de infrarrojo de la celulosa aislada después del pretratamiento, comparada con celulosa cristalina, así como de la hemicelulosa y de la lignina aisladas. En la Tabla 3 se asignan las bandas a los diferentes grupos funcionales.

Serie A



Serie B



11

Figura 1. Comparación entre paja sin tratar, celulosa recuperada tras la deslignificación y celulosa cristalina de algodón. Serie A con 100X de aumento y serie B con 800X de aumento.



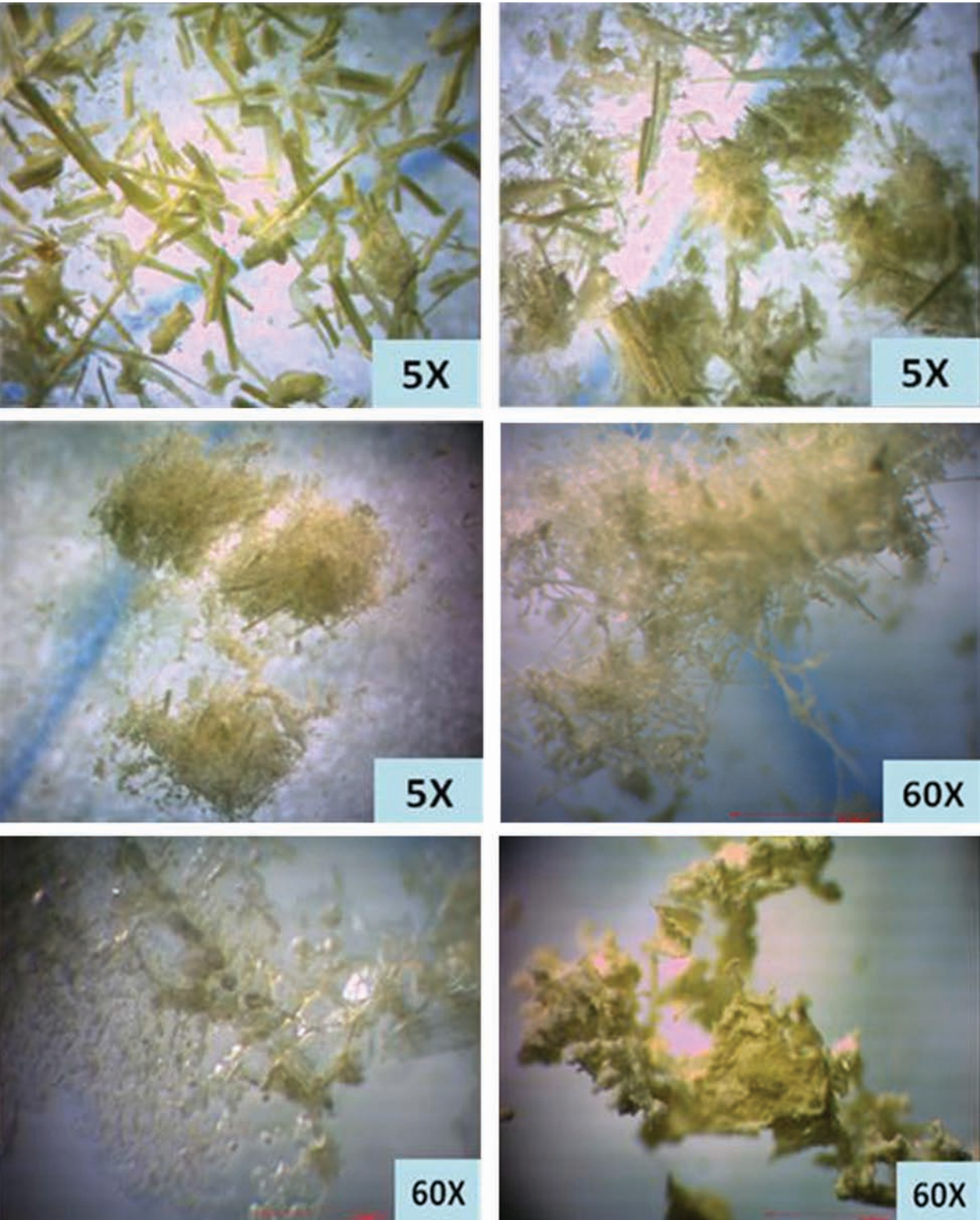


Figura 2. Formación de celulosa a las 1, 3 y 5 horas de reacción de designificación (superior), y bioproductos obtenidos a partir de paja de trigo (inferior).

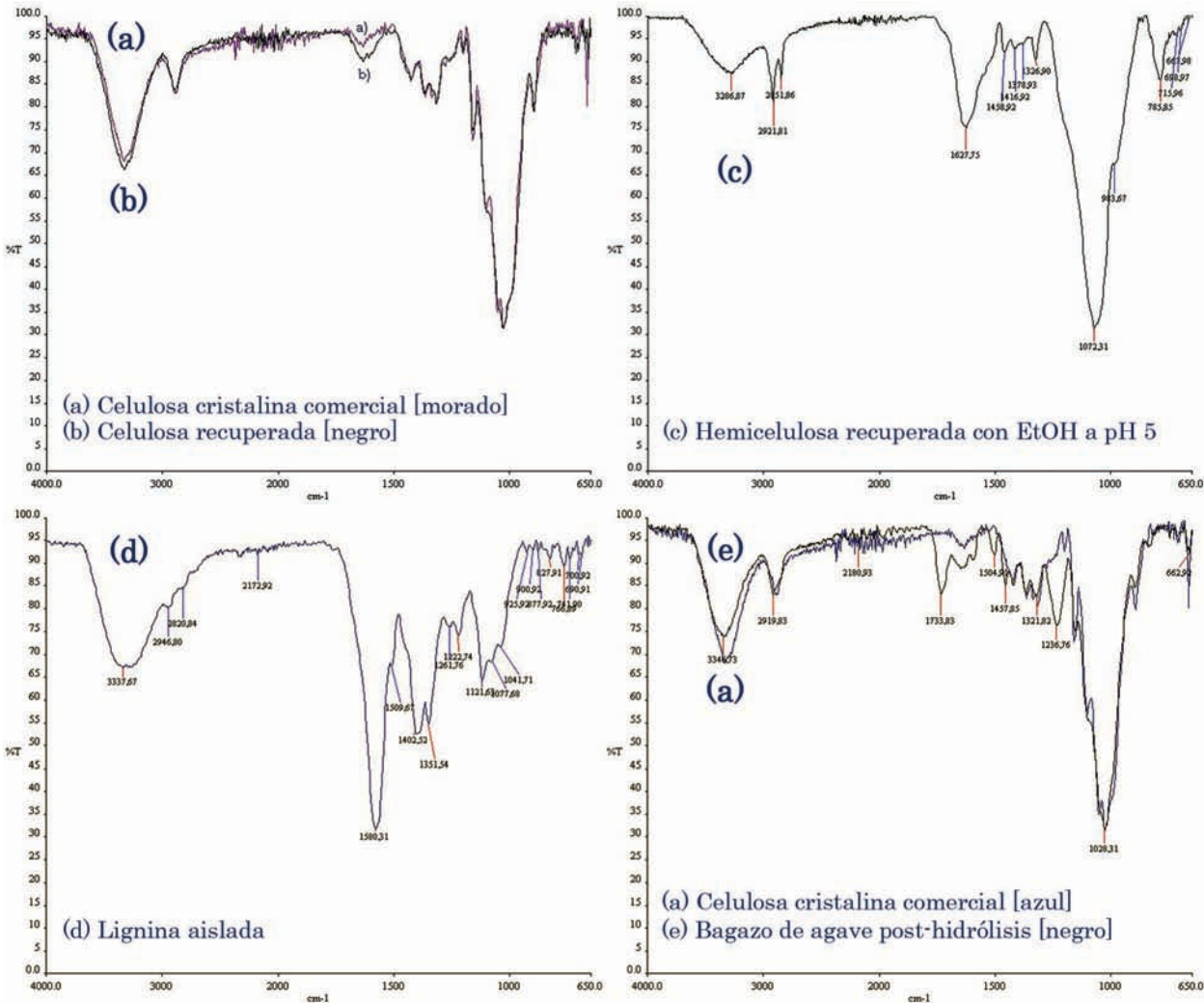


Figura 3. Espectros de FT-IR de los diferentes bioproductos obtenidos a partir de la paja de trigo. Celulosa cristalina comercial (a), celulosa recuperada (b), hemicelulosa (c), lignina (d) y bagazo post-hidrólisis (e).

| a) Celulosa comercial [Kataoka, 1998] |                                                                        |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| cm <sup>-1</sup>                      | Asignación                                                             |
| 3333 vs                               | O-H al. enlace intramolecular de H                                     |
| 2898 m                                | C-H al. metileno acíclico                                              |
| 1650-40                               | Agua asociada con celulosa                                             |
| 1428 w                                | C-H de metileno adyacente a hidroxilo, vib. de def. de tijereteo       |
| 1362 sh                               | C-H def. simétrica                                                     |
| 1335 w                                | C-H def. asimétrica                                                    |
| 1317 w                                | C-H2 def. de sacudimiento                                              |
| 1201                                  | O-H def. en el plano                                                   |
| 1160                                  | C-O-C al. asimétrico (glucosa es un heterociclo: α-D-glucopiranososa)  |
| 1089 sh                               | C-O de def. de grupo anillo-CH <sub>2</sub> OH                         |
| 1027 sh                               | Vib. de al. de C-O unido a anillo (enlace glucosídico entre piranosas) |



| b) Celulosa recuperada [Dworzanski, 1986]                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| cm <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                 | Asignación                                                                         |
| 3294 vs                                                                                                                                                                                                                                                          | O-H al. y enlace intramolecular de H                                               |
| 2918 m                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H, vib. de al. CH <sub>3</sub> y CH <sub>2</sub>                                 |
| 1731 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | C=O vib, de al. cetona no conjugada                                                |
| 1621 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | C=O y C=C vib. de al. conjugado a anillo.                                          |
| 1650-40                                                                                                                                                                                                                                                          | Agua asociada con celulosa                                                         |
| 1504 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | Vib. de al. asimétrico de anillo arilo                                             |
| 1375-65 v                                                                                                                                                                                                                                                        | C-H de doblamiento                                                                 |
| 1362 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | O-CH <sub>3</sub> , C-H def. simétrica                                             |
| 1421 m                                                                                                                                                                                                                                                           | Vibración aromática esqueletal combinada con def. de C-H en el plano               |
| 1243 m                                                                                                                                                                                                                                                           | C-C, C-O y C=O vib. de al.                                                         |
| 1032 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | Vib. de al. de C-O unido a arilo de lignina                                        |
| 1204                                                                                                                                                                                                                                                             | O-H def. en el plano                                                               |
| 1091 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | C-O de def. de grupo anillo-CH <sub>2</sub> OH                                     |
| 1047-04                                                                                                                                                                                                                                                          | C-O de al. en celulosa                                                             |
| 898 sh                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H de def. fuera del plano de anillo arilo                                        |
| 739 vw                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. esqueletal de anillo arilo                                                    |
| c) Hemielulosa aislada con EtOH:ácido [Sun, 2010]                                                                                                                                                                                                                |                                                                                    |
| cm <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                 | Asignación                                                                         |
| 3286 vs                                                                                                                                                                                                                                                          | O-H al. y enlace intramolecular de H                                               |
| 2921 m                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H, vib. de al. CH <sub>2</sub>                                                   |
| 1627 s                                                                                                                                                                                                                                                           | Carbonilo de aldehído aromático                                                    |
| 1426 w                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H de CH <sub>2</sub> adyacente a hidroxilo, vib de def. tijereteo                |
| 1378 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | C-H def. simétrica                                                                 |
| 1326 w                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H <sub>2</sub> def. de sacudimiento                                              |
| 1198                                                                                                                                                                                                                                                             | CH <sub>2</sub> -O-H def. en el plano                                              |
| 1155                                                                                                                                                                                                                                                             | C-O-C al. simétrico. Piranosas (pentosas) y Furanosas (hexosas)                    |
| 1029                                                                                                                                                                                                                                                             | Vib. de al. de C-O unido a anillo (enlace glucosídico entre furanosas y piranosas) |
| 785 w                                                                                                                                                                                                                                                            | Vib. esqueletal de anillo aromático (lignina residual)                             |
| d) Lignina recuperada [Heitner, 2010]                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                    |
| cm <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                 | Asignación                                                                         |
| 3337 vs                                                                                                                                                                                                                                                          | O-H al. y enlace intramolecular de H                                               |
| 2946 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | C-H vib. de al. de CH <sub>3</sub> y CH <sub>2</sub>                               |
| 2820 m                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H Vib. de al. en O-CH <sub>3</sub>                                               |
| 1351 s                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. esqueletal de aromático con def. C-H                                          |
| 1509 s                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. de al. de anillo de arilo                                                     |
| 1402 s                                                                                                                                                                                                                                                           | C-H Vib. de def. simétrica en O-CH <sub>3</sub>                                    |
| 1580 vs                                                                                                                                                                                                                                                          | C=O conjugada al anillo                                                            |
| 1261 sh                                                                                                                                                                                                                                                          | Vib. de def. de anillo arilo con al. de C=O                                        |
| 1077 w                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. de def. de C-O de alcohol secundario y de éter alifático                      |
| 1121 m                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. de def. en el plano de C-H aromático                                          |
| 1222 w                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. de al. de C-C, C-O y C=O                                                      |
| 1041 w                                                                                                                                                                                                                                                           | Vib. de def. en el plano de C-H aromático                                          |
| 827, 741, 700                                                                                                                                                                                                                                                    | Vib. de def. fuera del plano de C-H de anillo arilo                                |
| *Vs.: <i>very strong</i> , muy fuerte; s: <i>strong</i> , fuerte; sh: <i>shoulder</i> , hombro; m: <i>medium</i> , medio; w: <i>weak</i> , débil; vw: <i>very weak</i> , muy débil; v: <i>variable</i> ; vib.: vibración; al.: alargamiento y def.: deformación. |                                                                                    |

Tabla 3. Asignación de bandas de infrarrojo para la hemielulosa y la lignina recuperadas.

Discusión

Obtención de bioproductos a partir de paja de trigo. La composición teórica de la paja de trigo es de 37% de celulosa, 33% de hemicelulosa y 15% de lignina (Gould, 1985); con base en esta composición (Tabla 1) se recuperó el 113% de la celulosa, lo cual indica que una porción de la hemicelulosa y/o de la lignina permanece adherida. Además, se recuperó un 30% de la hemicelulosa, esto pudo deberse al poco tiempo que duró la deslignificación (Sun, 2010). Así mismo, se recuperó un 108% de la lignina, esto pudo deberse a las diferentes reacciones que transformaron a la lignina durante la deslignificación, es decir, la lignina no tratada es una macromolécula de muy alto peso molecular, y como consecuencia del pretratamiento la lignina se oxida y se rompe en unidades de menor peso molecular (Gould, 1985), sin embargo, cada unidad sumó a su peso molecular el del oxígeno enlazado (Heitner, 2010). Las señales en el infrarrojo de enlaces tipo éter (C-O-C) a 1,077 cm-1 y la alta intensidad del pico de carbonilo (C=O) a 1,580 cm-1 corroboran que la lignina obtenida es una mezcla de fragmentos oxidados de menor peso molecular que la molécula original, pues las uniones tipo éter entre las unidades formadoras de lignina fueron rotas por oxidación para formar carbonilos. Por su parte, las imágenes del OEM muestran cómo la paja tiene una degradación estructural macroscópica, lo que ocasiona que durante la reacción se forme una pasta homogénea muy similar a una pulpa, más fácilmente mezclable que la paja sin tratar. Las imágenes del SEM muestran que conforme avanza la deslignificación, la paja se transforma en fibras parcialmente aisladas y con una superficie amorfa, menos compacta y más fibrosa.

Respecto a la hidrólisis ácida de bagazo de agave, se tuvo una pérdida en peso del 43.2 ± 0.3%, un 10.6% más que lo reportado en los trabajos de Saucedo y colaboradores (Saucedo, 2010). En la formación de azúcares reductores se obtuvieron 20.41 ± 0.04 y 7.57 ± 0.90 g/L en cada una de las dos hidrólisis consecutivas, lo que corresponde a un 45.12% de conversión de polisacáridos a azúcares reductores. Sin embargo, este resultado es un 19.5% menor que lo obtenido por Saucedo y colaboradores (Saucedo, 2010). Esto pudo deberse al control de la temperatura en el proceso, pues debido al sistema donde se llevó a cabo la reacción la temperatura de reflujo

fue de 90 °C y no de 120 °C, temperatura empleada por dichos autores. Según el espectro de infrarrojo del bagazo de agave pretratado (Figura 3), éste tiene una composición química distinta a la original, similar a la celulosa con presencia de hemicelulosa (1,733 cm-1) y lignina residual (1,504 cm-1). La producción de etanol fue de 14.89 g de EtOH/g de bagazo de agave, un 26% menor que lo obtenido por Saucedo y colaboradores (Saucedo, 2010). La razón es que el microorganismo utilizado fue *S. cerevisiae*, que fermenta exclusivamente hexosas (glucosa) y no la cepa UM-5 de *Pichia caribbica*, capaz de fermentar tanto hexosas como pentosas (glucosa y xilosa) (Saucedo, 2010). Por ello, es necesario realizar una caracterización de los monómeros de azúcar producidos previo a la fermentación, a fin de seleccionar el microorganismo adecuado. La producción de etanol a las 72 horas es un 2% mayor al valor obtenido a las 48 horas, por lo que se recomienda no llevar el proceso más allá de este periodo de tiempo.

Conclusiones

De la paja de trigo se obtuvieron 25.3 g de celulosa, lo correspondiente a 113% de rendimiento teórico. De acuerdo con el análisis de infrarrojo, esta celulosa aislada aún tiene hemicelulosa y lignina, en al menos un 13% de su composición en masa. En su estructura microscópica se aprecian fibras parcialmente aisladas y con secciones amorfas, lo cual favorecerá una futura hidrólisis enzimática para obtener azúcares reductores, mientras que la estructura macroscópica es de hebras. Seguidamente, se obtuvieron 10.2 g de hemicelulosa, correspondiente a un 51% de rendimiento. Finalmente, se obtuvieron 16.8 g de lignina, lo que representa un rendimiento de 108%. Este porcentaje corresponde a la suma de todos los fragmentos oxidados provenientes de la lignina original, siendo el oxígeno unido químicamente lo que provocó este aumento en masa. El espectro de infrarrojo de la lignina muestra una baja intensidad del pico correspondiente a enlaces tipo éter (1,077 cm-1) y la alta intensidad del pico de carbonilo (1,580 cm-1), indicando el rompimiento de enlaces tipo éter por oxidación y la formación de grupos carbonilo. Esta lignina oxidada será punto de partida para posteriores investigaciones con el fin de darle valor agregado como materia prima de otros procesos.



En la hidrólisis ácida de bagazo de agave, el primer hidrolizado tuvo 20.41 g/L de azúcares reductores mientras que el segundo presentó 7.57 g/L, que en total corresponden a un 45% de conversión de polisacáridos a azúcares reductores. El resultado de la hidrólisis ácida fue la solubilización del 43% de la masa original. Como lo muestra el espectro de IR, el bagazo remanente del pretratamiento ha sido modificado estructural y químicamente, por lo que una subsecuente hidrólisis enzimática aumentaría el total de azúcares reductores. La variación en la producción de etanol respecto a los trabajos de Saucedo y colaboradores, se debió a la presencia de pentosas en el total de azúcares reductores, además del uso del microorganismo *S. cerevisiae* incapaz de fermentarlas, pues en las referencias se utilizó *P. caribbica*, que fermenta tanto pentosas como hexosas. La cantidad de etanol producido por gramo de bagazo (0.047g) servirá como punto de comparación con otras materias primas y otros pretratamientos destinados a la producción de bioetanol, a fin de elegir el mejor pretratamiento en función del tipo de residuo lignocelulósico. ✱

## 16 Glosario

- **Celulosa.** Es un homopolisacárido formado por moléculas de  $\beta$ -glucosa (desde cientos hasta varios miles de unidades), de estructura rígida e insoluble en agua.
- **Hemicelulosa.** Es un heteropolisacárido (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero) formado por un conjunto heterogéneo de polisacáridos que a su vez contienen en cadena lineal ramificada un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces  $\beta$  (1-4) fundamentalmente xilosa, arabinosa, galactosa, manosa y glucosa.
- **Lignina.** Es un polímero presente en las paredes celulares de organismos del reino Plantae y también en las Dinophytas del reino Chromalveolata. La palabra lignina proviene del término latino lignum, que significa 'madera'; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas.
- **Bioetanol.** El bioetanol tiene las mismas características y composición química que el etanol, ya que se trata del mismo compuesto. La diferencia radica en su proceso de producción. El bioetanol es obtenido a partir de la biomasa.

## Referencias

- Demirbas, A., 2010. Biorefineries for Biomass Upgrading Facilities. Springer-Verlag.
- Dworzanski, J., Buchanan, R., Chapman, J., y Meuzelaar, L., 1986. Characterization of Lignocellulosic Materials and Model Compounds by Combined TG/(GC)/FTIR/MS. The University of Utah, Center for Micro Analysis and Reaction Chemistry research, 725-732.
- Gould, M., 1985. Studies on the Mechanism of Alkaline Peroxide Delignification of Agricultural Residues. Biotechnology and Bioengineering, 27, 225-231.
- Harisha, S., 2007. Biotechnology Procedures and Experiments Handbook. Infinity Science.
- Heitner, C., 2010. Lignin and Lignans Advances in Chemistry, CRC Press.
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2012. Sistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA). <[www.ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/aire-limpio](http://www.ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/aire-limpio)>
- Jones, L., y Markow, P., 2004. Determining the Alcohol Content of Beer and Wine. CER Modular Laboratory Program in Chemistry. Brooks/Cole Thomson Learning. ANAL 756, 3-8.
- Kataoka, Y., y Kondo, T., 1998. FT-IR Microscopic Analysis of Changing Cellulose Crystalline Structure during Wood Cell Wall Formation. Macromolecules, 31 (3), 760-764.
- Mabee, W., 2007. Policy options to support biofuel production. Adv Biochem Eng, Biotechnol, 108, 329-357.
- Martínez, A., 2009. Etanol Carburante. Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioenergía A.C., 13 (3), 79-99.
- Mousdale, D., 2008. BIOFUELS Biotechnology, Chemistry, and Sustainable Development. CRC Press.
- Saucedo, J., Castro, A., Martínez, M., Sosa, C., y Campos, J., 2010. Efficient chemical and enzymatic saccharification of the lignocellulosic residue from Agave tequilana bagasse to produce ethanol by *Pichia caribbica*. J Ind Microbiol Biotechnol, Online Version. Doi: 10.1007/s10295-010-0853-z.
- Saucedo, J., Castro, A., Rico, J., y García, J., 2010. Optimization of Acid Hydrolysis of Bagasse from Agave tequilana Weber. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 9 (1), 91-97.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Guanajuato (SDA). [en línea]. Ver. Producción del año 2008 de los principales granos en el estado de Guanajuato. <<http://sda.guanajuato.gob.mx/agricultura.html>> [Consulta: 15 julio 2011]
- Sun, R., 2010. Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels, Elsevier.
- United Nations Environmental Programme [UNEP], Division of Technology, Industry and Economics, 2009. Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource, Compendium of Technologies. United Nations.
- Ludena, C., Razo, C., y Saucedo, A., 2007. Biofuels Potential in Latin America and the Caribbean: Quantitative Considerations and Policy Implications for the Agricultural Sector. American Association of Agricultural Economics Annual Meeting, Portland, OR.

## Nuevos materiales para el aprovechamiento de la energía solar

José de Jesús Ibarra-Sánchez\*, Álvaro Daniel Romero Borja\* y Ma. Guadalupe de la Rosa Álvarez\*\*

### Resumen

Las demandas energéticas actuales requieren del uso de fuentes de energía alternativas que sean renovables, no contaminantes y económicas. La mayor fuente de energía disponible en nuestro planeta es aquella proveniente del sol. El aprovechamiento de esta energía se realiza mediante diferentes formas, principalmente la fototérmica y la fotovoltaica; en el caso del proceso fotovoltaico se convierte la energía solar directamente en eléctrica mediante dispositivos llamados celdas solares. Para la fabricación de las celdas solares se utilizan diversos materiales. En el presente artículo se describe el desarrollo de nuevos materiales que muestran potencial para eficientar y bajar los costos de producción de diversos dispositivos fotovoltaicos. Se presenta un caso de estudio para la producción de nanopartículas mediante métodos ambientalmente amigables.

**Palabras clave:** Celdas fotovoltaicas, celdas orgánicas, nanopartículas de plata, métodos verdes.

### Introducción

Con la creciente demanda energética, cada vez son más los esfuerzos dirigidos a mejorar la eficiencia en los procesos de aprovechamiento de las energías renovables. La mayor fuente de energía disponible en nuestro planeta es aquella proveniente del sol. Esta energía es transmitida mediante ondas electromagnéticas que se encuentran en los rayos solares, generadas y emitidas continuamente hacia el espacio y percibidas en forma de luz y calor. La potencia de la radiación depende de la ubicación, condiciones atmosféricas y del momento del día. Puede suponerse bajo condiciones óptimas un valor de irradiación de 1,000 W/m<sup>2</sup> (W= watts). El aprovechamiento de la energía solar se realiza mediante diferentes formas, principalmente la

fototérmica y la fotovoltaica. La primera de éstas utiliza la energía solar para el calentamiento de fluidos mediante colectores y/o concentradores solares. Por otra parte, el proceso fotovoltaico convierte la energía solar directamente en eléctrica mediante dispositivos llamados celdas solares.

El desarrollo de las celdas solares basadas en silicio comenzó en 1953 (Sun y Sariciftci, 2005). Estas primeras celdas eran capaces de convertir tan solo el 5% de la energía del sol, produciendo 5 mW (mili Watts) de potencia eléctrica. Hoy en día, estas celdas pueden operar con eficiencias de conversión de potencia superiores al 20%. Sin embargo, la producción de este tipo de celdas fotovoltaicas basadas en semiconductores inorgánicos, en particular de silicio, es costosa, ya que requiere de condiciones especializadas de fabricación y las celdas tienen la dificultad técnica de carecer de flexibilidad dada la naturaleza del silicio. Lo anterior dificulta su introducción al mercado y limita enormemente su amplio uso como fuente de energía alternativa.

El presente trabajo describe el desarrollo de nuevos materiales que muestran potencial para eficientar y bajar los costos de producción de diversos dispositivos fotovoltaicos. Se presenta un caso de estudio para la producción de nanopartículas mediante métodos ambientalmente amigables.

### Celdas Orgánicas Fotovoltaicas

Las celdas orgánicas fotovoltaicas (OPVs, por sus siglas en inglés), basadas en pequeñas moléculas o materiales poliméricos, han captado la atención de una gran cantidad de grupos de investigación debido al potencial que ofrecen como dispositivos de conversión de energía solar para resolver las dificultades técnicas y económicas en un futuro relativamente cercano, lo que las hace sumamente atractivas para su estudio (Brabec y col., 2001).

\* Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

\*\* Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato.



Durante las últimas décadas, la eficiencia de las celdas OPVs ha mejorado de manera continua. Las eficiencias que se han reportado van desde el 0.001% (Tang y col., 1995) hasta el 9% (Green y col., 2011). A partir del descubrimiento de la transferencia foto-inducida de electrones en las moléculas de fulereno<sup>1</sup>, y la posterior introducción del concepto de heterounión de bulto, que se refiere a la mezcla de especies orgánicas receptoras (fulerenos y recientemente grafeno) y donantes (polímeros semiconductores) de electrones, dicha combinación de materiales ha sido estudiada ampliamente para el desarrollo de celdas solares orgánicas (Yu y col., 1995).

Recientemente, se ha observado que el grafeno<sup>2</sup> tiene buenas propiedades de transporte de electrones y ha sido utilizado con éxito como receptor de electrones en dispositivos fotovoltaicos (Liu y col., 2008). Además, puede reemplazar al ITO (electrodo

de Indio y Óxido de Titanio) como electrodo transparente (Eda y col., 2008); sin embargo, la eficiencia de estos dispositivos es significativamente menor comparada con aquellos basados en fulerenos. Existe una gran variedad de polímeros semiconductores que pueden ser empleados con el fin de reducir costos de manufactura, y cuyas propiedades pueden optimizarse mediante la ingeniería química molecular o bien al combinar distintas moléculas y polímeros orgánicos cada uno de ellos con funciones específicas.

Actualmente, la mayoría de las celdas OPVs están basadas en la arquitectura de heterounión de bulto descrita en 1995 (Yu y col., 1995). En este tipo de celdas solares, el material donador (típicamente un polímero semiconductor) es mezclado con un aceptor (fulereno soluble) en un disolvente orgánico y después se deposita en un sustrato de óxido de estaño-indio sobre vidrio. Después de evaporar el

solvente y otros tratamientos, se deposita encima un electrodo metálico.

La heterounión de bulto es importante debido a que se crea una gran área interfacial entre los materiales donadores y aceptores, en la cual la separación de cargas tiene lugar. La absorción de fotones conduce a la creación de excitones (pares de electrón-hueco) en lugar de cargas libres. Estos excitones transportan energía pero no carga neta que puede difundirse en los sitios de disociación donde sus cargas pueden separarse. Las cargas separadas necesitan moverse a los electrodos respectivos del dispositivo, huecos hacia el ánodo y electrones hacia el cátodo, para generar un voltaje y de esta manera estar disponibles para viajar hacia un circuito externo. En la Figura 1 se muestra el esquema de las etapas de conversión las cuales pueden ser optimizadas para aumentar la eficiencia de las celdas OPVs. Estas etapas son:

1. Absorción de fotones y generación de excitones. Para una recolección eficiente de fotones, el espectro de absorción de la capa orgánica fotoactiva debe coincidir con el espectro de emisión solar, y la capa debe ser lo suficientemente gruesa para absorber la mayor parte de la luz incidente.
2. Difusión de excitones. Idealmente, todos los excitones formados en la etapa anterior deben de llegar a un sitio de disociación para formar portadores de carga libres.
3. Separación de cargas. La separación de cargas es una de las etapas clave en la conversión de energía solar a energía eléctrica. En esta etapa, un electrón es transferido desde un material donador (D) hacia un material aceptor (A). En la interfase D/A se crean las cargas separadas que consisten en huecos (h<sup>+</sup>) y electrones (e<sup>-</sup>).
4. Transporte de cargas. El transporte de cargas se ve afectado por la recombinación durante el viaje hacia los electrodos, particularmente si el mismo material sirve como un medio de transporte para ambos portadores de carga, electrones y huecos.
5. Colección de Cargas. La colección de portadores de cargas se logra mediante un óxido conductor transparente, por un lado, como el ITO, y por un metal conductor, por el otro lado. Para obtener mejores desempeños en las celdas OPVs, se ha utilizado PEDOT:PSS, el cual es un polímero que promueve la conducción de cargas.

18

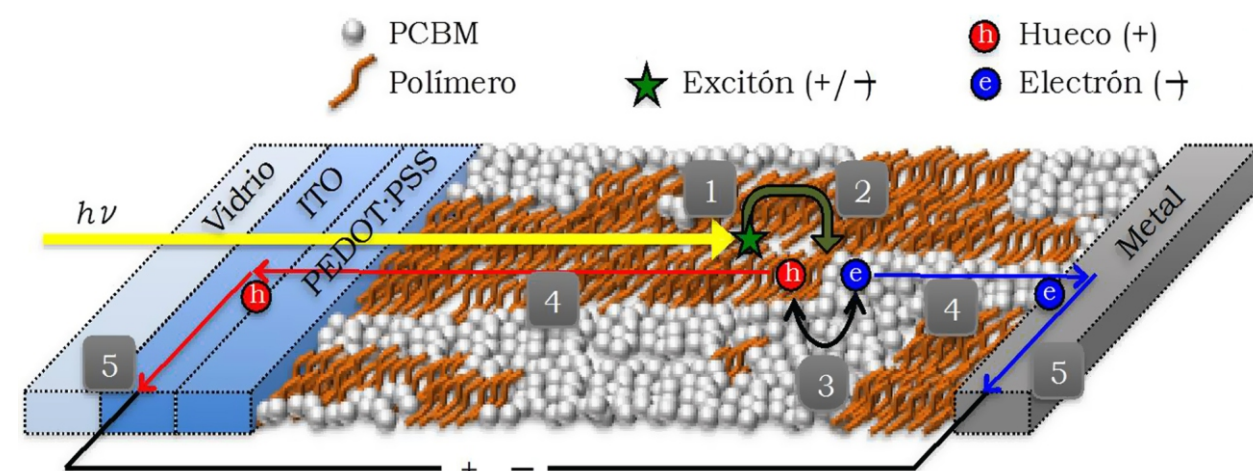


Figura 1. Esquema de las etapas de conversión de energía solar en una celda OPV con estructura de heterounión de bulto.

<sup>2</sup> El carbono es un elemento curioso. Se presenta en formas y colores diversos. Quizá los más comunes son sólidos negros (coque, grafito) pero también se puede presentar como el cristalino y duro diamante. En 1985 se descubrió una familia entera de nuevas formas de carbono. El primer miembro de esta familia y el mejor conocido es una forma con estructura esférica, compuesta por 60 átomos de carbono, que se conoce también como "buckminsterfullerene" o simplemente fulereno, en honor del ingeniero americano R. Buckminster Fuller. Es un asombroso conjunto de 60 átomos de carbono, todos ellos equivalentes, indistinguibles, cada uno enlazado a otros tres carbonos, como en el grafito, pero con una topología peculiar, formando parte de dos hexágonos y un pentágono que da lugar a una estructura cerrada.

Fuente: [www.cienciateca.com/ctshotmol.html](http://www.cienciateca.com/ctshotmol.html)

<sup>3</sup> El grafeno es un material bidimensional, alótropo del carbono (propiedad de algunos elementos químicos de poseer estructuras químicas diferentes), un teselado hexagonal plano (como panal de abeja) formado por átomos de carbono y enlaces covalentes. Es uno de los materiales más finos, flexibles, fuertes y con mayor conductividad que existen. Fue aislado por primera vez en 2004 por Kostya Novoselov y Andre Geim, quienes recibieron por ello el Premio Nobel de Física en 2010. Novoselov explica que el grafeno tiene el potencial suficiente para revolucionar (de nuevo) la industria de la telefonía móvil, las telecomunicaciones o la fabricación de chips, y también para redefinir la forma de elaborar fármacos contra el cáncer.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>

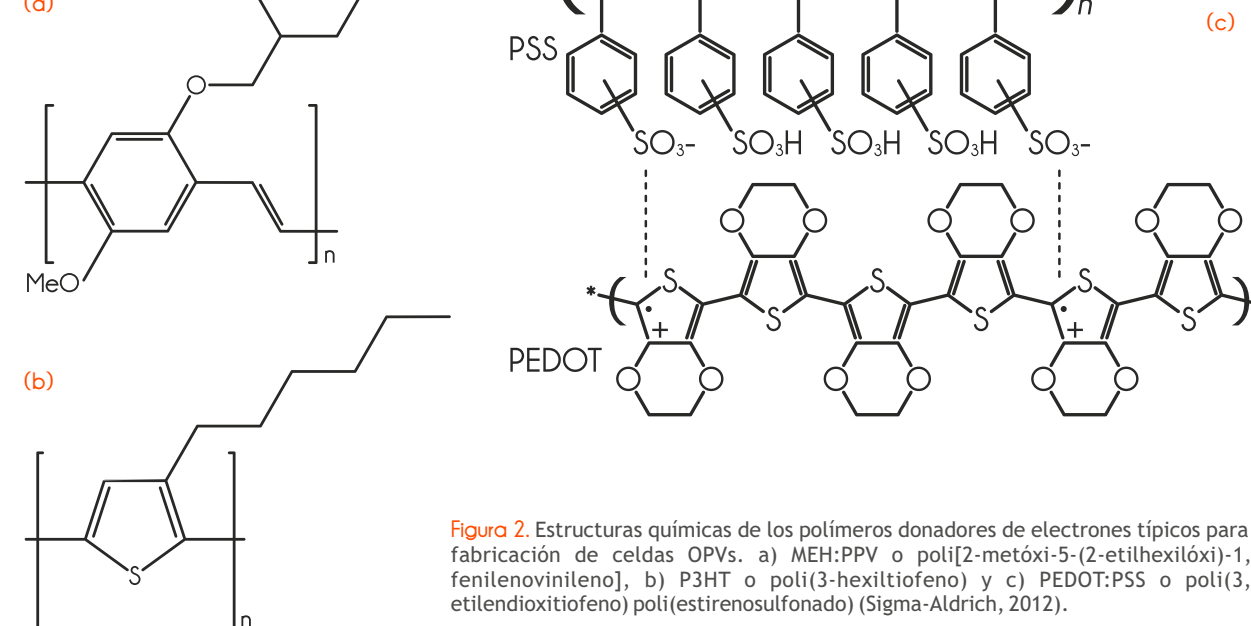


Figura 2. Estructuras químicas de los polímeros donadores de electrones típicos para la fabricación de celdas OPVs. a) MEH:PPV o poli[2-metóxi-5-(2-etilhexilóxi)-1,4-fenilenovinileno], b) P3HT o poli(3-hexiltiofeno) y c) PEDOT:PSS o poli(3,4-etilendioxitiofeno) poli(estirenosulfonado) (Sigma-Aldrich, 2012).

19



## Polímeros donadores

Gran parte de los polímeros conjugados comunes han sido probados como materiales donadores en celdas solares, pero en particular, dos clases de ellos han tenido especial atención. El poli[2-metóxi-5-(2-etilhexilóxi)-1,4-fenilenovinileno] (MEH-PPV), derivado de fenil-vinilenos, y el poli(3-hexiltiofeno) (P3HT), derivado de cadenas de tiofenos. El uso de los PPVs es complicado debido a su insolubilidad, sin embargo, algunas modificaciones permiten que se vuelva soluble en algunos disolventes orgánicos como el cloroformo o el clorobenceno.

Recientemente, el P3HT se ha convertido en el material más utilizado (Salinas y col., 2011; Salto y col., 2011), con el que se han alcanzado eficiencias cercanas al 5% (Li y col., 2005; Ma y col., 2005). Otro material que ha sido utilizado es el PEDOT:PSS o poli(3,4-etilendioxitiofeno) poli(estirenosulfonado), tratándose de un polímero conductor de huecos que se deposita directamente encima del electrodo de ITO (Figura 2).

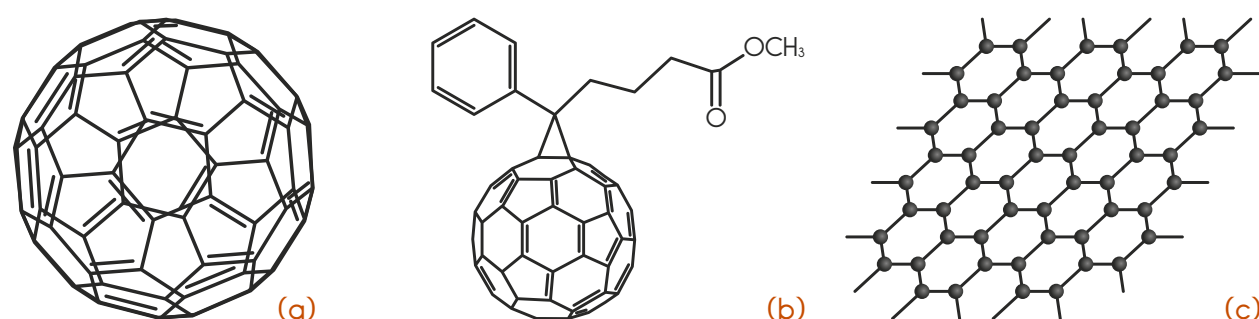


Figura 3. Estructura química de las moléculas aceptoras de electrones empleadas para la fabricación de celdas OPVs. a) Fulereno (C60), b) PC61BM y c) Grafeno (Sigma-Aldrich, 2012).

20

## Materiales aceptores

Los materiales orgánicos con alta afinidad de electrones son especies más raras. Uno de los pocos materiales conductores de electrones es el fullereno y sus derivados. Los fullerenos son materiales bastante insolubles, sin embargo su derivado PC61BM ([6,6]-fenil-C61-ácido butírico metil ester) es un material soluble y comercialmente disponible (Sun y Sariciftci, 2005; Brabec, 2001). La capa orgánica activa en la construcción de las celdas OPVs está formada comunmente de un polímero y estos derivados del fullereno, formando la llamada heterounión de bulto. A raíz de su reciente síntesis en el 2004 (Novoselov, 2004), el grafeno es un candidato de estudio como material aceptor de electrones, aunque también puede ser empleado como donador, debido a sus características electrónicas inusuales. En la Figura 3 se muestra la estructura de estas moléculas.

## Nanomateriales en celdas solares

Es claro que los nanomateriales (NMs) juegan en la actualidad un papel sumamente relevante en diversos aspectos de la innovación tecnológica, y por ende, la inversión en este campo se ha incrementado de manera interesante en los últimos años. De acuerdo al "Project on emerging nanotechnologies" (2012), en el 2007 el mercado global de bienes basados en nanotecnología ascendió a los 147 mil millones de dólares, y se espera que esta cifra llegue a los 3.1 billones de dólares en el 2015. Por otro lado, en la oficina de patentes de Estados Unidos de América (USPTO), en diciembre del 2007 se estimó que existían cientos de patentes que describían diferentes métodos para sintetizar nanopartículas (NPs). En el 27° reporte de la Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP, 2008) se estimó que para el 2014 más del 15% de los productos en el mercado global tendrán algún tipo de material nanométrico (Bystrzejewska y col., 2009).

En el caso específico de la energía solar, se ha encontrado que algunos NMs integrados a celdas solares

prometen mejorar la eficiencia de éstas (Photiphat y col., 2011). Más aún, al parecer los costos de estas nuevas celdas son incluso menores al de las originales fabricadas con silicio (Richards, 2009). A este respecto, en los años 90 O'Regan y Grätzel (1991) publicaron por primera vez la fabricación de una celda fotovoltaica constituida por NPs de dióxido de titanio y un colorante orgánico, la cual mostró una excelente conversión de energía solar en energía eléctrica. En los últimos años, las NPs de plata también han sido exploradas para su uso en este tipo de dispositivos (Photiphat y col., 2011).

Por supuesto que para la fabricación, en este caso de las celdas solares, es necesario primero producir los componentes. En lo que concierne a las NPs, hasta ahora, los métodos más utilizados involucran usualmente una síntesis química, en donde regularmente se utilizan compuestos y disolventes tóxicos para la salud humana y ambiental. Así, Guzmán y col. (2008) reportan la reducción de nitrato de plata utilizando hidrato de hidracina para la producción de dichas NPs. Este último es altamente tóxico y su hoja de seguridad indica que es corrosivo e irritante, y causa daños severos a los pulmones (MSDS, 2012a). Otro compuesto que se utiliza para este fin es el formaldehído (Szczepanowicz y col., 2010), el cual está reportado como un posible teratogénico y carcinogénico, además de producir efectos neurotóxicos (MSDS, 2012b). En otros casos se utilizan emulsiones para lo que se adicionan componentes como el dodecano (Zhang y col., 2006), el cual está reportado como irritante, tóxico en pulmones y sistema nervioso central, y en exposiciones prolongadas puede causar la muerte (MSDS, 2012c).

Como se puede observar, el uso de los compuestos mencionados representa un peligro potencial para la salud humana y ambiental. Diversos investigadores han propuesto rutas biosintéticas para la producción de NPs que reduzcan significativamente la generación de residuos peligrosos. Dichas rutas incluyen el uso de plantas como la alfalfa (Gardea-Torresdey et al., 2002), el maíz (De la Rosa et al., 2009), extractos biológicos de alfalfa, canela (Sathishkumar et al., 2009; Montes-Castillo, 2010; Ibarra-Sánchez y col., 2012), el uso de extractos conjuntamente con la aplicación de microondas (Saifuddin et al., 2009), o bien microorganismos (Rajakumar et al., 2012). Gran parte de la literatura refiere la biosíntesis de NPs metálicas tales como

oro (Au) (Gardea-Torresdey et al., 2002; De la Rosa et al., 2009; Montes-Castillo, 2010), plata (Ag) (Gopinath et al., 2012) y paladio (Pd) (Jia et al., 2009), entre otros. Sin embargo, para el caso del óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), los métodos que se reportan involucran más bien la síntesis química. Recientemente, Rajakumar et al. (2012) lograron la biosíntesis de NPs de TiO<sub>2</sub> utilizando *Aspergillus flavus*. Sin embargo, el uso de extractos de biomasa representa una ventaja sobre el uso de organismos vivos como plantas o microorganismos, debido a que el mantenimiento en el primer caso es más sencillo que en el segundo, además de que extraer las NPs de los organismos representa un paso adicional que puede incrementar los costos de producción.

## Caso de estudio:

### Síntesis de NPs de plata mediante un método ambientalmente amigable

Con el objeto de explorar opciones amigables con el medio ambiente que apliquen principios de química verde, se presenta la síntesis de NPs de plata empleando reductores extraídos de alfalfa (compuestos flavanoides como queratina y compuestos fenólicos). Se seleccionó la alfalfa (Figura 4) debido a que en la región del bajío se cultiva ampliamente, además de ser económica, y usualmente empleada como alimento para ganado. En este trabajo, se estudió particularmente el efecto que tiene la concentración inicial de plata sobre el tamaño de partícula, así como su distribución de tamaño.



Figura 4. Parcela de la cual se recolectó la alfalfa (*Medicago Sativa*), ubicada en la zona sur de la ciudad de León, Guanajuato.

21



## Materiales y métodos

### Obtención de los extractos

La extracción de los reductores se llevó a cabo con base en lo reportado por Montes y col. (2010), utilizando alfalfa recolectada en la ciudad de León. Los disolventes utilizados fueron agua, isopropanol y metanol en diferentes proporciones. Los extractos fueron conservados para realizar las síntesis de NPs de plata.

### Preparación de NPs de plata

Las NPs de plata fueron preparadas a partir de la reducción de la plata, siguiendo trabajos previamente reportados. Se mezclaron extractos con diferentes concentraciones de nitrato de plata a diversos pH y se dejaron en agitación. Luego de la reacción, las NPs se lavaron con agua destilada para eliminar el ambiente reductor. Se realizó una centrifugación para separar las NPs, las cuales al final del proceso fueron resuspendidas en agua destilada.

### Caracterización

En todos los casos, el tamaño y forma de las partículas fueron estudiados mediante TEM (Transmission Electron Microscopy, o Microscopio de Transmisión de Electrones) de 100 keV JEOL-1000 FXII. Las muestras para su observación fueron preparadas colocando una gota de suspensión diluida de NP de plata en una rejilla de cobre recubierta con carbón, posteriormente se evaporó el disolvente de la rejilla lentamente a temperatura ambiente. El tamaño promedio de partícula (DTEM) se determinó midiendo al menos 30 partículas y posteriormente las mediciones fueron graficadas en un histograma y fueron ajustadas a un modelo del tipo log-normal, obteniendo la desviación estándar ( $\sigma$ ) y el DTEM. En todos los casos se colocó una suspensión diluida de NP de plata para su análisis.

22

## Resultados y discusión

En la Figura 5 se muestra la coloración de las soluciones obtenidas a diferentes concentraciones iniciales de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), donde se observa de izquierda a derecha que la tonalidad aumenta. La primera solución es  $\text{AgNO}_3$  10 mM, y las siguientes muestras son soluciones de NPs de plata que fueron sintetizadas empleando soluciones de 10 mM, 5.5 mM y 1 mM de  $\text{AgNO}_3$ . Las diferentes coloraciones pueden deberse a la diferencia en el tamaño y forma de las NPs, sin embargo, análisis detallados posteriores nos darán información al respecto.

La Figura 6 muestra microfotografías de algunas NPs de plata sintetizadas en diferentes condiciones de pH y en diferentes proporciones de los disolventes utilizados. Se puede observar que existen diferencias en los tamaños y formas de las NPs. Análisis estadísticos posteriores darán información sobre la dispersión de los tamaños, con lo cual se podrán determinar las mejores condiciones para obtener NPs con menor variación de tamaño, entre otras características. Adicionalmente, los análisis ayudarán a determinar la repetibilidad en la producción de las NPs.

## Conclusiones

Los resultados muestran que a mayor concentración de iones de plata, el tamaño de partícula aumenta. Sin embargo, la polidispersidad de las NPs aumenta también, y a menor concentración de iones de plata, el tamaño de partícula disminuye, disminuyendo también su polidispersidad. Esto significa que la concentración de iones de plata, el tamaño de partícula y la polidispersidad son directamente proporcionales en la síntesis de NPs de plata, mediante extractos obtenidos de alfalfa, manteniendo el tiempo de reacción y el pH constantes en todos los casos. El presente trabajo muestra

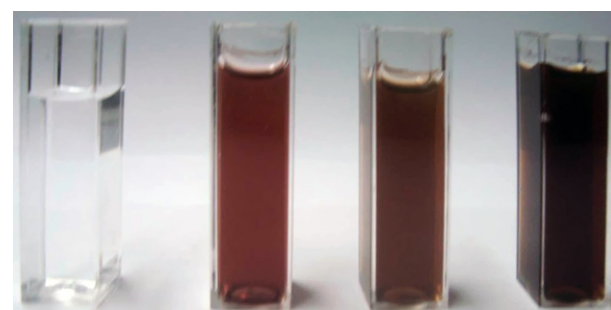


Figura 5. Coloración de las distintas soluciones de NPs de plata sintetizadas a diferentes concentraciones de  $\text{AgNO}_3$ .

ventajas considerables sobre métodos químicos tradicionales, tanto en el aspecto ambiental como el económico. Esto se debe a que los métodos tradicionales de síntesis de NPs usualmente involucran el uso y la generación de compuestos tóxicos. Por otro lado, al utilizar residuos agrícolas, se espera que los costos económicos de producción sean considerablemente menores en comparación con los métodos ya mencionados.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) con IDCA 9219 y clave de proyecto UGTO-CA-132. Agradecemos a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado (DAIP) UG-051/11, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de tesis.

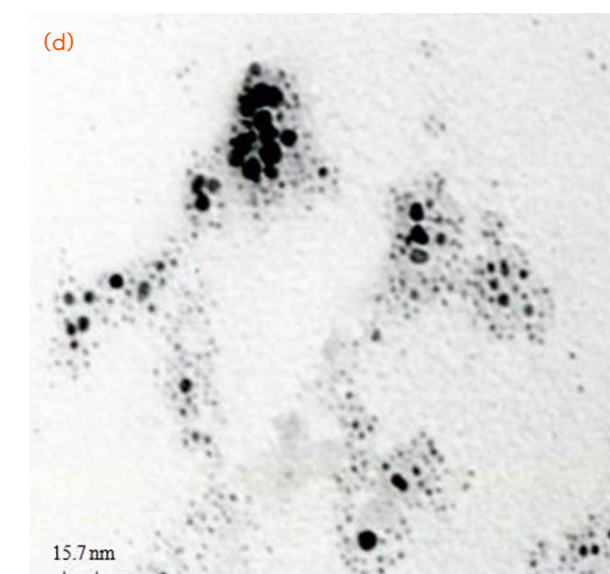
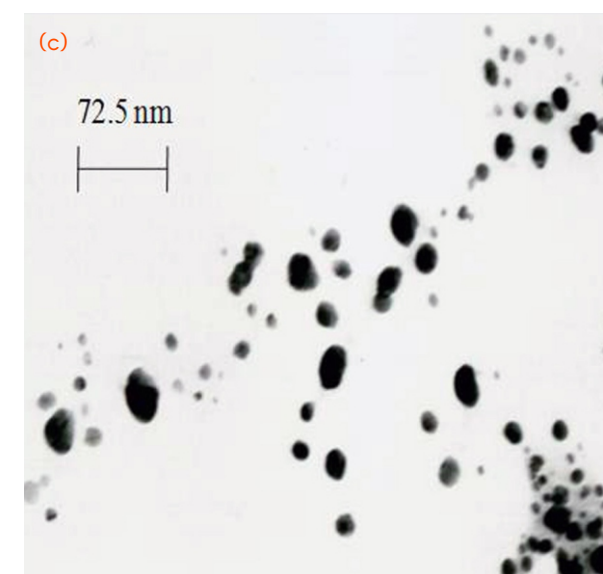
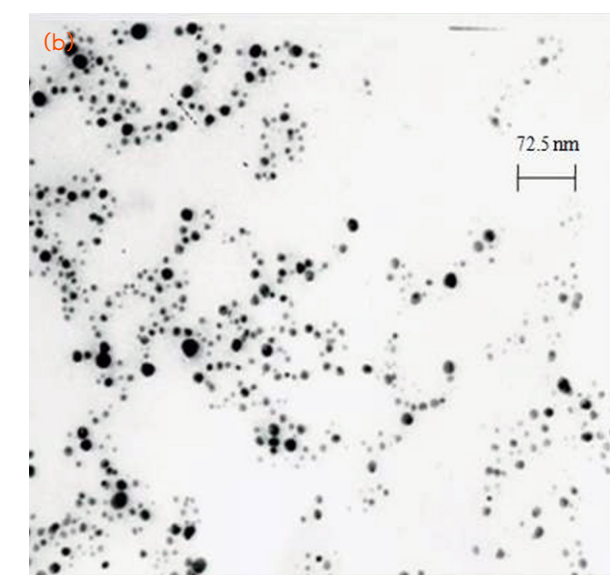
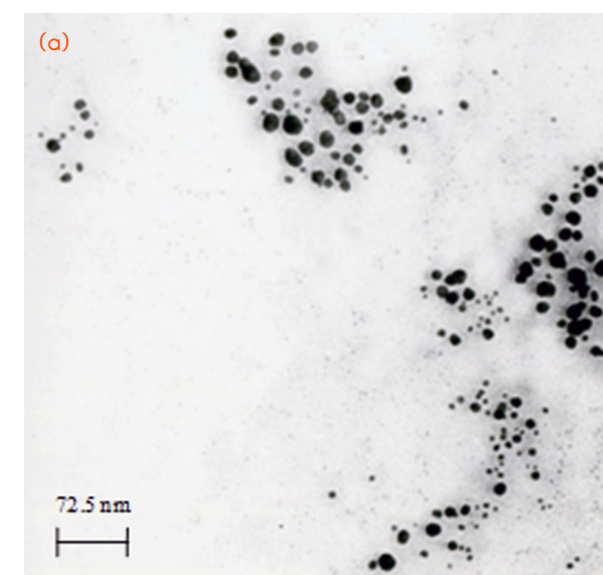


Figura 6. Imágenes de TEM de NPs de plata sintetizadas en diferentes condiciones de pH y bajo diferentes proporciones de agua, metanol e isopropanol: a) pH = 7,  $[\text{Ag}^+] = 0.001 \text{ M}$  en Isopropanol-agua. b) pH = 7,  $[\text{Ag}^+] = 0.005 \text{ M}$  en Isopropanol-agua. c) pH = 7,  $[\text{Ag}^+] = 0.01 \text{ M}$  en agua. d) pH = 7,  $[\text{Ag}^+] = 0.001 \text{ M}$  en agua.

23



## Referencias

- Brabec, C. J. Sariciftci, N. S. Hummelen, J. C., 2001. Plastic Solar Cells. *Adv. Funct. Mater.* 11: 15-21.
- Brian O'Regan, Brian; Grätzel, Michael, 1991. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films, *Nature* 353, 737-740.
- Bystrzejewska-Piotrowska, G., Golimowski, J., Urban, P., 2009. Nanoparticles: Their potential toxicity, waste and environmental management. *Waste Management*. 29, 2587-2595.
- Eda, G. Lin, Y. Miller, S. Chen, C. Su, W. Chhowalla, M., 2008. Transparent and Conducting Electrodes for Organic Electronics from Reduced Graphene Oxide. *Appl. Phys. Lett.* 92: 233305.
- Green, M. A. Emery, K. Hishikawa, Y. Warta, W., 2011. Solar cell efficiency tables (version 37). *Prog. Photovoltaics* 19: 84-92.
- Guzmán, Maribel G.; Dille, Jean; Godet, Stephan, 2008. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 43, 357-364.
- Li, G. Sharotriya, V. Huang, J. Yao, Y. Moriarty, T. Emery, K. and Yang, Y., 2005. High-efficiency solution processable polymer photovoltaic cells by selforganization of polymer blends. *Nat. Mater.* 4: 864-868.
- Liu, Z. F. Liu, Q. Huang, Y. Ma, Y. F. Yin, S. G. Zhang, X. Y. Sun, W. Chen, Y. S., 2008. Organic Photovoltaic Devices Based on a Novel Acceptor Material: Graphene. *Adv. Mater.* 20: 3924-3930.
- Ma, W. Yang, C. Gong, X. Lee, K. and Heeger, A. J., 2005. Thermally stable, efficient polymer solar cells with nanoscale control of the interpenetrating network morphology. *Adv. Funct. Mater.* 15: 1617-1622.
- Montes-Castillo, M., 2010. A new green chemistry method based on plant extracts to synthesize gold nanoparticles: microscopic and spectroscopic characterization. Ph.D. Thesis. The University of Texas at El Paso.
- MSDS, Material Safety Data Sheet, 2012a. Hidrato de hidracina. [www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924280](http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924280)
- MSDS, Material Safety Data Sheet, 2012b. Formaldehído. [www.sesric.org/imgs/news/image/671-a-3.pdf](http://www.sesric.org/imgs/news/image/671-a-3.pdf)
- MSDS, Material Safety Data Sheet, 2012c. Dodecano. [www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927527](http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927527)
- Novoselov, K. S. Geim, A. K. Morozov, S. V. Jiang, D. Zhang, Y. Dubonos, S. V. Grigorieva, I. V. Firsov, A., 2004. A. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science* 306: 666-669.
- Photiphat, C., Rakkwamsuk, P., Muthitamongkol, P., Sae-Kung, C., and Chanchana Thanachayanont, C., 2011. Effect of Silver Nanoparticle Size on Efficiency Enhancement of Dye-Sensitized Solar Cells, *International Journal of Photoenergy*, Article ID 258635, 8 pages.
- Project on Emerging Nanotechnologies, 2012. [www.nanotechproject.org/](http://www.nanotechproject.org/) consultado el 22 de julio 2012
- Richards, Carl. (2009), Nanoparticles inspire plasmonic solar cells. *Optics and Lasers Europe*, 21-23.
- Salinas, J. F. Maldonado, J. L. Ramos-Ortiz, G. Rodríguez, M. Meneses-Nava, M. A. Barbosa-García, O. Santillán, R. and Farfán, N. On the use of Woods metal for fabricating and testing polymeric organic solar cells: an easy and fast method. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 95: 595-601, 2011.
- Salto, C. Salinas, J. F. Maldonado, J. L. Ramos-Ortiz, G. Rodríguez, M. Meneses-Nava, M. A. Barbosa-García, O. Del Oso, J. A. Ortiz-Gutiérrez, M., 2011. Performance of OPVs cells with the eutectic alloy Wood's metal used as cathode and P3HT:PC61BM blend as active layer. *Synthetic Metals* 161: 2412-2416.
- Sigma-Aldrich, 2012. Hojas de Seguridad. [www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/536512?lang=es&region=MX](http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/536512?lang=es&region=MX)
- Sun, S-S. and Sariciftci, N. S., 2005. *Organic Photovoltaics, Mechanisms, Materials, and Devices*. USA, CRC Press Taylor and Francis Group.
- Szczepanowicz, Krzysztof; Stefańska, Joanna; Socha, Robert P; Warszyński, Piotr., 2010. Preparation of silver nanoparticles via chemical reduction and their antimicrobial activity, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 45, 85-98.
- Tang, C. W. Albrecht, A. C., 1975. Photovoltaic effects of metal-chlorophyll-a-metal sandwich cells. *J. Chem. Phys.* 62: 2139-2149.
- Yu, G. Gao, J. Hummelen, J. C. Wudl, F. Heeger, A. J., 1995. Polymer Photovoltaic Cells: Enhanced Efficiencies via a Network of Internal Donor-Acceptor Heterojunctions. *Science* 270: 1789-1791.
- Zhang, W., Qiao, X., Chen, J., 2006. Synthesis and characterization of silver nanoparticles in AOT microemulsion system, *Chemical Physics* 330, 495-500.

24

## El patrimonio de la Sierra Gorda de Guanajuato

Felipe Macías Gloria\*, Patricia Campos Rodríguez\*, Shafia Súccar Súcar\*\*, Hilda Cristina Nieto Lanuza\*  
Manuel Rangel Chávez\*\*\*, Víctor Hugo Ramírez Aguayo\*\*\*, Julio César Martínez Arredondo\*\*\*

### El Patrimonio Natural y Cultural

La expresión sobre la riqueza del patrimonio natural y cultural de la Sierra Gorda de Guanajuato se basa en el recorrido de campo que se ha realizado con un equipo multidisciplinario de trabajo para elaborar la propuesta del Subprograma de Cultura para la capacitación de las comunidades, con el propósito de integrarlo al "Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera", ya que dentro del polígono protegido quedó incluida una parte del territorio de cada uno de los siguientes municipios: Xichú, San Luis de la Paz, Victoria, Santa Catarina y Atarjea. De ahí la necesidad de recurrir a la memoria colectiva para contextualizar el patrimonio natural y cultural del territorio en el tiempo y el espacio.

El concepto de patrimonio, que incluye el natural y el cultural como un todo, engloba tanto el bien común como el individual. Por lo que corresponde al entorno físico, la Organización de las Naciones

Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) lo reconoce y define como el acervo natural de los paisajes y lugares extraordinarios que la Madre Naturaleza ha transformado a lo largo de su existencia en formaciones geológicas, relieves que por su singularidad y belleza se pueden considerar monumentos únicos y extraordinarios.

Esta riqueza se conforma y queda incluida en las reservas de la biosfera, los parques, los monumentos o los santuarios naturales. También, es necesario incorporar los espacios simbólicos y sagrados que pueblos originarios o grupos sociales que, en un territorio como el norte de Guanajuato, tienen como referentes en su cosmovisión de la vida cotidiana y del mundo.

Desde la noche de los tiempos, los pueblos originarios de ayer como los de hoy en el territorio mexicano, han establecido un diálogo permanente con la

25



\* Departamento de Estudios de Cultura y Sociedad de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

\*\* Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad, Universidad de Guanajuato.

\*\*\* Maestría en Ciencias del Agua, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

<sup>1</sup> El equipo se conformó con dos miembros del cuerpo académico de Desarrollo Regional y Sustentabilidad del Departamento de Estudios de Cultura y Sociedad de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, un miembro del Departamento de Farmacia de la División de Ciencias Naturales y Exactas, tres alumnos de la Maestría en Ciencias del Agua y una alumna de la Maestría en Arte, todos del Campus Guanajuato.

<sup>2</sup> El patrimonio cultural se divide en tangible e intangible. Es el patrimonio que se hereda de los ancestros a través de la memoria colectiva, los saberes, los conocimientos, las tecnologías, las técnicas, la visión del mundo y la manera de ser.

El patrimonio de la Sierra Gorda de Guanajuato  
Macías, Campos, Súccar, Nieto, Rangel, Ramírez, Martínez  
pp. 1/7



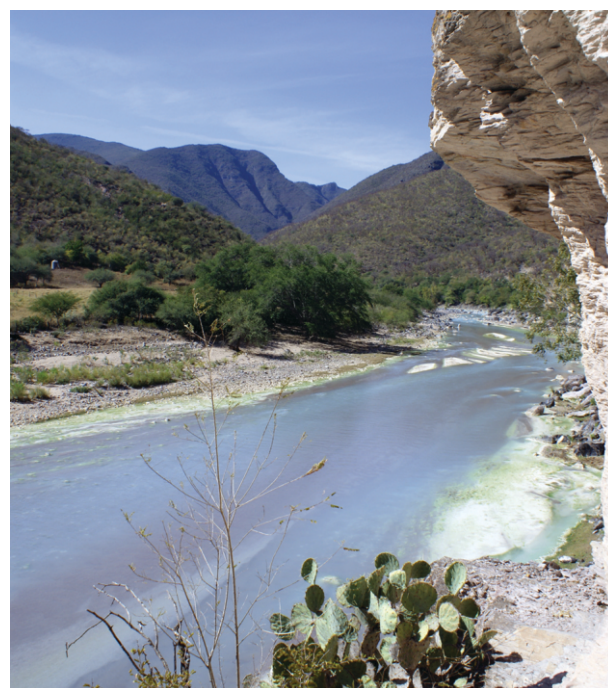


Madre Naturaleza, al grado que los elementos del entorno como los manantiales, el cielo, las montañas, los árboles, los animales, los cerros y los suelos, cuentan con un nombre en la lengua materna que transmite un conocimiento, un significado mítico o religioso, una historia o leyenda que se hace y se rehace en el devenir sin perder su esencia de una generación a otra.

El paisaje de la Sierra Gorda ha sido la morada de los ancestros desde hace más de 10,000 años a. d. n. e., como da constancia el arte rupestre en diferentes municipios de la región. Sin duda alguna, desde que el ser humano hizo suya la región ha propiciado la coexistencia de culturas diferentes. Durante el México antiguo convivieron las culturas nómada, seminómada y sedentaria.

De hecho, el territorio de la Sierra Gorda ha sido un espacio de convergencia donde el intercambio cultural, comercial y de ideas fueron el eje del desarrollo entre las tres culturas. Algunas de las aportaciones de las culturas fueron los conocimientos sobre la agricultura y los asentamientos urbanos, sobre las plantas comestibles y medicinales, sobre la bóveda celeste y las arcillas, así como sobre el manejo y control del cinabrio o sulfuro rojo de

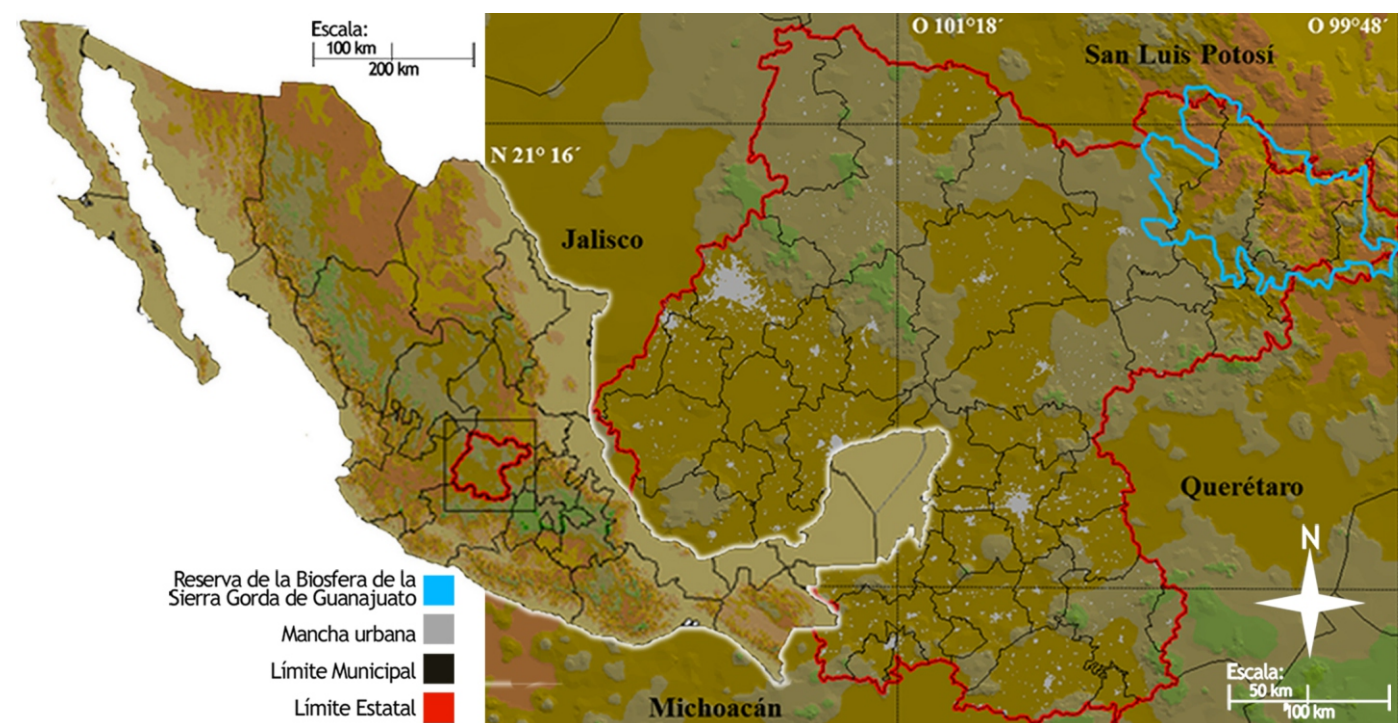
mercurio, ya que representaba para los pueblos el símbolo de la vida, es decir, la sangre de la Madre Tierra. Hoy día, por fortuna, aún resisten reportorios del saber ancestral que han pasado de una generación a otra entre los pueblos Hñähñu<sup>3</sup>, Chichimeca Jonaz<sup>4</sup>, Pames<sup>5</sup> y más allá de ellos.



<sup>3</sup> El término se compone de dos palabras: “Hñä”, que significa hablar y “hñu”, que proviene de xhihñu, que quiere decir nariz. Por tanto, el concepto “Hñähñu”, significa el que habla con el apoyo de la nariz.

<sup>4</sup> El pueblo Chichimeca Jonaz se autodenomina “Éza’r” que significa lengua, es decir, los que hablan la lengua.

<sup>5</sup> El concepto de “pame” o “pamie” quiere decir ya no. Hoy día, este pueblo se autodenomina “Xi úi”, que significa indígena, o bien, “Xi’ói” ó “Xiyói”, término que deriva de “Yui”, hombre.



Por desgracia, durante los siglos del virreinato, y el siglo XIX, se cometió un abuso hacia los pueblos originarios por parte de los hacendados y latifundistas que invadieron sus territorios para apropiarse del patrimonio natural, aunque conforme transcurrió el tiempo, los nativos se revelaron en la llamada “Revolución de la Sierra Gorda” (1847 - 1849) con el afán de recuperar lo que siempre les había pertenecido.

No será hasta la década de la posrevolución del siglo XX que ciertos campesinos logran recuperar algunas porciones de tierra. Sin embargo, no fue suficiente, ya que para la década de los cuarenta de este mismo siglo y lo que va del siglo XXI, al no contar con apoyos en el medio rural, se han visto obligados a migrar a otras regiones del país, y sobre todo al vecino país del norte, ya que la falta de opciones productivas, el desempleo y la marginación han hecho que mujeres y hombres abandonen el terruño. No obstante, aunque la situación ha sido crítica, la lucha por la dignidad de los que no abandonaron la tierra sigue siendo una esperanza para defender el patrimonio que han heredado de los ancestros, pues la riqueza cultural y biológica representan el presente y el futuro de las nuevas generaciones.

Tal como se puede apreciar, la región guanajuatense de la Sierra Gorda, como el resto del norte de Guanajuato, se caracterizan por la diversidad y la esencia plural donde inciden pueblos originarios y mestizos como un todo. El noroeste guanajuatense<sup>6</sup> corresponde al espacio denominado Sierra Gorda y que comparte con los estados de Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo. De hecho, el territorio guanajuatense queda delimitado por las fronteras políticas de San Luis Potosí al norte y al este con Querétaro. La topografía de origen volcánico se caracteriza por ser irregular, y por lo inaccesible de ciertos lugares. El paisaje es producto de los cambios de altitud, situación que propicia una variedad de micro climas.

Por lo que corresponde a la hidrografía, la región forma parte de la Cuenca del Alto Río Pánuco que fluye de poniente a oriente hacia el Golfo de México (representa el 17 % del área estatal) y se conforma por las cuencas del Río Tamuín y del Río Moctezuma, y los afluentes de los ríos Manzanares, Santa María (que delimita a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Querétaro), Grages y Extóraz.

<sup>6</sup> La región forma parte de la Sierra Madre Occidental.



La altitud en la región ha propiciado una flora singular, sobresaliendo los bosques de encino y pino, pino piñonero, cedro, matorral subinerme de barreta, escobillo y nopalera. Además, se cuenta con especies forrajeras como trigoillo, lobero, navajita, liendrilla, aristida bromus, pajita, azucarado, falsa grama, flechilla, tres barbas, gramilla, plumero blanco, gigante, tempranero, palma china, búfalo y flamilla. Existen igualmente otras especies como pingüica, xotol, granjero, nopal, tascate, madroño, vara dulce, garambullo, órgano, huisache, mezquite, gatuño, barrota, ocotillo, colina y órgano. La fauna se caracteriza por roedores como conejo, liebre, ardilla y tejón; reptiles como la víbora de cascabel, el coralillo, la navaca y la víbora azul; mamíferos como el coyote, zorro, tlacuache, zorrillo, el tigrillo y el puma; aves, como codorniz, águila, halcón, zopilote, pato y gavilán; y herbívoros, como el venado y el ciervo.

De ahí la necesidad de señalar que el patrimonio natural de la región es producto de la diversidad y de la riqueza de los recursos con los que cuenta la población, pues una parte representativa de los paisajes es donde se asienta la cultura rural. Como se mencionó en párrafos anteriores, es un espacio donde convergen grandes regiones culturales que tienen una geográfica singular (Díaz-Berrio, 2001) que ha propiciado entre los pueblos originarios de ayer y de hoy, un conocimiento profundo del entorno y el respeto del mismo.

La fortuna para una gran parte de las regiones del país, como es el caso de la Sierra Gorda de Guanajuato, es la herencia que se tiene de los ancestros con relación al respeto que se ha dado a los recursos naturales, tal como lo asienta el estudioso

Guillermo Monfil Batalla en su obra “México profundo. Una civilización negada”; es un lugar donde resalta la doble dimensión que han construido los pueblos originarios: cultura y naturaleza como un todo. El proceso se ha entrelazado durante, por lo menos, más de 9,000 años. Así que dicha cosmovisión continúa viva, ya que la naturaleza también se ha humanizado.

La herencia del saber milenario se reactualiza cíclicamente entre los grupos de campesinos organizados, ya que una parte de ellos ha hecho en sus territorios un manejo respetuoso de la naturaleza, pues dicha relación de convivencia parte de una base espiritual que se sustenta en la relación hombre - naturaleza, y en una correlación entre el mundo visible e invisible. El mundo espiritual está ligado a los sitios y lugares sagrados (montañas, manantiales y cuevas, entre otros elementos), a las plantas y a los animales, a las bacterias y a los insectos, es decir, a todos los seres vivos que cohabitan en un ecosistema, ya que en forma individual o colectiva, forman parte del mismo universo.

### Plan de Manejo y Conservación de la Sierra Gorda de Guanajuato

El plan de trabajo del subprograma de Cultura consiste en que los depositarios del “patrimonio natural - cultural” de la Sierra Gorda de Guanajuato, los académicos y las autoridades, participen de forma coordinada para conjuntar esfuerzos y voluntades en la construcción de un nuevo aprendizaje, a través de la capacitación y de la interpretación del patrimonio natural y cultural de la Sierra Gorda de Guanajuato. Sin duda alguna, los custodios del patrimonio cuentan con un



repertorio de saberes ancestrales que se concretizan y entrelazan en la construcción del patrimonio natural y cultural como un todo, ya que se transcribe en los niveles tangible e intangible.

Así, el subprograma de Cultura se expresa a través de un programa de cursos y talleres para la capacitación de los campesinos de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Guanajuato, mismo que tiene como cometido conjuntar esfuerzos entre los grupos que son los depositarios de este patrimonio, los especialistas tanto de las ciencias naturales como de las ciencias sociales y humanidades, así como con las autoridades gubernamentales, para encontrar las opciones más adecuadas para la conservación de los recursos naturales y el desarrollo humano de los grupos sociales que conviven en tales espacios.

El programa de capacitación propuesto consta del siguiente conjunto de cursos- talleres:

- Biosfera, para encontrar los mecanismos para la preservación de la diversidad de los recursos biológicos en un contexto sustentable.
- Recuperación de la Memoria Colectiva, con el propósito de explicar la importancia que tiene la oralidad como fuente básica para recuperar el saber colectivo y el conocimiento que circula y recorre el tejido social de un grupo en la localidad.
- Infraestructura de la Vivienda Rural, para imple-

mentar acciones que permitan a la familia mejorar la infraestructura de las viviendas con materiales locales y que puedan vivir en un ambiente sano tanto al interior como al exterior del espacio habitacional.

- Sistema de Ecotecnias, para incorporar conceptos, tecnologías y técnicas amables con el entorno para encontrar tanto el bienestar del ser humano como el respeto a la Madre Naturaleza y dar respuestas a la problemática que enfrentan numerosas familias en el medio rural, sobre todo, cuando no se cuenta con recursos vitales, como el agua, para uso doméstico o para regar los cultivos de autosuficiencia del cuamil (o traspatio).
- Suelo, agua y atmósfera, para señalar la importancia éstos tienen con relación al medio ambiente y al desarrollo de las personas y de los seres vivos.

El programa de capacitación propuesto consta del siguiente conjunto de cursos- talleres:

- Biosfera, para encontrar los mecanismos para la preservación de la diversidad de los recursos biológicos en un contexto sustentable.
- Recuperación de la Memoria Colectiva, con el propósito de explicar la importancia que tiene la oralidad como fuente básica para recuperar el saber colectivo y el conocimiento que circula y recorre el tejido social de un grupo en la localidad.



•Infraestructura de la Vivienda Rural, para implementar acciones que permitan a la familia mejorar la infraestructura de las viviendas con materiales locales y que puedan vivir en un ambiente sano tanto al interior como al exterior del espacio habitacional.

•Sistema de Ecotecnias, para incorporar conceptos, tecnologías y técnicas amables con el entorno para encontrar tanto el bienestar del ser humano como el respeto a la Madre Naturaleza y dar respuestas a la problemática que enfrentan numerosas familias en el medio rural, sobre todo, cuando no se cuenta con recursos vitales, como el agua, para uso doméstico o para regar los cultivos de autosuficiencia del cuamil (o traspatio).

•Suelo, agua y atmósfera, para señalar la importancia éstos tienen con relación al medio ambiente y al desarrollo de las personas y de los seres vivos.



30



•Agrometeorología, diseño de calendarios del ciclo agrícola, para exponer los principios de la Agrometeorología en el desarrollo de cultivos y de la vegetación presente en la región, remarcando la importancia de la planeación de las actividades durante los ciclos agrícolas y/o vegetativos, considerando también los posibles cambios en el clima a futuro.

•Manejo de residuos sólidos, para fomentar la no acumulación de los mismos dentro de las comunidades, así como en las zonas de importancia natural, cultural e histórica, empleando técnicas de reciclaje de los materiales inorgánicos y producción de abonos orgánicos.

•Obras de restauración de suelos, para estudiar sobre el terreno los distintos recursos y factores implicados en los procesos de desertificación.

•Turismo Rural Sustentable, para compartir los conocimientos, metodologías, tecnologías, técnicas y herramientas necesarias para que los

depositarios de este patrimonio desarrollen y ofrezcan al visitante (turista) bienes y servicios con una filosofía holística: armonía entre el ser humano y el medio ambiente.

•Uso y Manejo de Abonos y Fertilizantes, para dar a conocer las bases para la aplicación y uso correcto de los abonos y fertilizantes, funciones de los nutrientes y su importancia en el incremento de la productividad.

•Agroforestería y desarrollo sustentable, para proponer un sistema de producción agrícola y pecuario alternativo que ofrezca una mayor protección a los ecosistemas encontrados dentro de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, en comparación con los utilizados de manera convencional.

•Control de plagas, para generar un plan para el control de las enfermedades que involucre en mayor medida los métodos biológicos y mecánicos, evitando el posible uso de agroquímicos.

El éxito de la propuesta reside en la inclusión y conceso que tenga con todos los actores sociales, ya que de ellos dependerá la planeación de las acciones pertinentes que respondan a la problemática de la Reserva de la Sierra Gorda de Guanajuato, y en función de ello se tomarán las decisiones más adecuadas que beneficien a los depositarios del patrimonio, y al patrimonio mismo. No son suficien-



## Referencias

Díaz-Berrio, Salvador, 2001. El Patrimonio Mundial Cultural y Natural, 25 años de aplicación de la Convención de la UNESCO. F. México, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. p. 8.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 201. <[http://portal.unesco.org/culture/es/ev.phpURL\\_ID=34323&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/culture/es/ev.phpURL_ID=34323&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)> [Consulta: sábado 14 de abril de 2011].

Fotografías proporcionadas por Dr. Felipe Macías Gloria

tes la adquisición, renovación y transferencia de conocimientos, y compartirlos en forma horizontal, ya que se requiere que los depositarios de este patrimonio participen desde el inicio en cualquier propuesta de trabajo o investigación, porque ellos, con aciertos y limitaciones, han protegido el patrimonio natural, además de que son los dueños y cuentan con un conocimiento del entorno que es de suma importancia para los programas y proyectos que den fundamento al manejo sustentable del polígono de la reserva.

De ahí la necesidad de que ellos puedan capacitarse en forma permanente, de manera que exista una participación suficiente para llevar a la práctica una educación en pro de la conservación del patrimonio, que tiene como fin último lograr un desarrollo humano sustentable para los depositarios de este patrimonio. Tales acciones contribuirán a establecer programas de investigación en los espacios núcleo, así como de comunicación e interpretación ambiental, que se compartirán tanto dentro como fuera de cada una de las comunidades concernidas. En esta dinámica de reflexión y trabajo, el futuro visitante comprenderá la importancia de una reserva natural, así como lo que implica un desarrollo rural sustentable en los espacios de amortiguamiento, y el beneficio de poder compartir con los campesinos el esparcimiento, la recreación y el aprendizaje. ✨

31



## Una Historia Del Paisaje De La Sierra Gorda, Reserva De La Biósfera

### Antecedentes

Profesores y alumnos de varias divisiones de la Universidad de Guanajuato, en ejercicio de la transversalidad académica del nuevo modelo educativo, nos hemos dado una experiencia multidisciplinaria, a mi parecer inédita, donde las ciencias de la tierra desarrollaron teorías y metodologías que le son propias, así mismo las ciencias sociales en su epistemología, confluyendo ambas en resultados inmediatos: planes y programas que se avizoran a corto, mediano y largo plazo. El objeto de estudio, la Sierra Gorda de Guanajuato, los sujetos de estudio, sus habitantes en la dimensión histórica y antropológica. Respecto de las primeras y sus ejecutantes hay ya un artículo publicado en el n° 20 de NaturaLEEza<sup>1</sup>.

32

Fuimos convocados por el Pimaug, ahora Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad de la UG para participar en el desarrollo del Plan de manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato. Me correspondió, por mi trayectoria de historiador, la caracterización histórica y antropológica, de la que aquí doy cuenta a nivel de comentarios, y sin negarme a exponer certezas e incertidumbres que tomé de las reuniones y diálogos con los demás integrantes del equipo (cultivadores de campos disciplinarios de las ciencias de la tierra, las ciencias naturales, las ciencias económico administrativas, y las ciencias sociales). Confrontada mi metodología de etnógrafo e historiador en el trabajo de campo con los habitantes del territorio serragordano, con el paisaje mismo.

En el Cuerpo Académico de Profesores de Estudios Históricos, en el que participo como profesor de la

UG, desarrollo la línea de investigación y generación del conocimiento “Fuentes para la historia de Centro y Norte de México”. Entre los temas de mayor interés personal y en los que he podido profundizar con resultados en publicaciones, está la teoría de la historia del paisaje. En ese sentido, estudiar la Sierra Gorda me resultó atractivo porque significa el enclave nuclear del Centro y Norte de México, además, porque hemos tenido a la vista la diversidad de trastornos derivados del uso intensivo de los recursos naturales; y por otro lado, la presencia de naciones originarias que allí han estado mucho antes de los 500 años que lleva nuestra sociedad novohispana y mexicana.

Hace años vengo desarrollando problemas del conocimiento histórico en el marco teórico de la historia del paisaje<sup>2</sup>. La experiencia que aquí comento me deja consolidado en mi función de científico social, y agradecido porque en la Universidad de Guanajuato ha sido posible darnos al recurso de la multidisciplinaria vinculante de lazos humanos, extensivos a todos aquellos que pudimos tratar y conocer, no pocos por primera y acaso única vez en nuestra vida, aunque aquí asumimos el riesgo de haber caído en la subjetividad de la investigación participativa, de la investigación acción: hay serragordanos que ya nos fincaron responsabilidad por el conocimiento compartido, y regresamos, como lo seguiremos haciendo, para impulsar programas de cultura ambiental y de cultura de la legalidad.

Así mismo, me considero aprendiz de la historia que sólo ellos han conservado por la vía de la oralidad. La Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato es un tesoro cultural más allá de lo que

José Luis Lara Valdés\*

\* Profesor del Departamento de Historia de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

<sup>1</sup> Tavera Ortiz, María Teresa y otros (2011): “Caracterización preliminar de la hidrología e hidrogeología de la Sierra Gorda de Guanajuato, declarada Reserva de la Biósfera”, en NaturaLEEza . Gaceta Ambiental Cuatrimestral, n° 20, Universidad de Guanajuato/Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad, pp. 24-34.

<sup>2</sup> “La conexión huasteca entre Guanajuato y el mar oriental” (Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2007): Historia antigua de Guanajuato. Disertaciones (Universidad de Guanajuato, 2008): Atlas histórico del agua de Guanajuato, de tiempos prehispánicos a nuestros días (Universidad de Guanajuato, 2010); Guanajuato, el paisaje antes de la guerra de Independencia (Universidad de Guanajuato, 2010); Cartografía histórica de Guanajuato en tiempos de la guerra de Independencia (Universidad de Guanajuato, 2011).

vemos, quienes hemos admirado el paisaje; y a sus habitantes les corresponde adquirir nociones para entender y administrar su patrimonio, que heredaron, y que legarán a las generaciones por venir.

Este estudio de caracterización histórica y antropológica, inicia con la descripción en el tiempo, marco teórico de la historia del paisaje. Parte del contexto regional, por ser objeto de estudio una entidad geográfica y geológica, ante el impacto del poblamiento, que tuvo mucho qué ver con el desarrollo de los municipios de San José Iturbide y Tierra Blanca, en Guanajuato; los municipios de Arroyo Seco y Peña Miller, en Querétaro; y los municipios de San Ciro de Acosta y Río Verde, en San Luis Potosí.

Así, se superan limitaciones de un concepto de estudio restringido a los límites territoriales de las entidades federativas, como si no existieran vertientes de aguas superficiales, cimas y simas compartidas, entre otras características de cuerpos de agua, elementos forestales, y la misma vida animal. Cuando se justifique el concepto de “desarrollo sustentable”, no podrá suceder

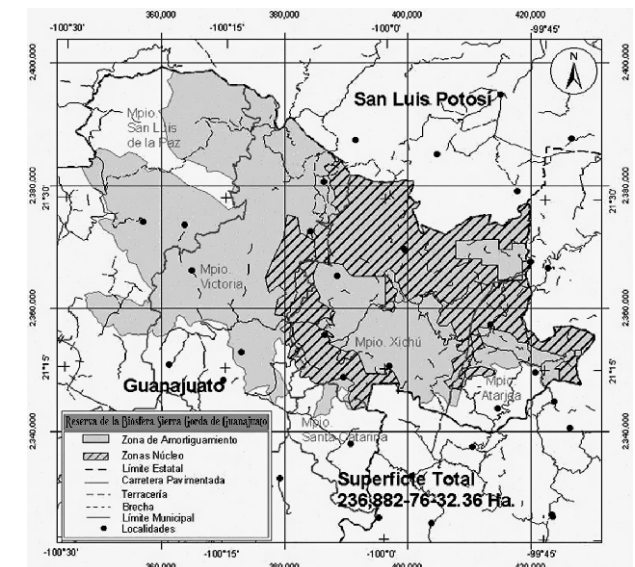


Imagen 1. Plano y simbología publicados en el Diario Oficial de la Federación con la poligonal que demarca las zonas, núcleo y de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera. Como podrá ser notado, sería mejor no seccionar el territorio de la Sierra Gorda en cada una de las tres entidades cuando de programas de desarrollo sustentable se trate, como caso, en la cultura hídrica.

<sup>3</sup> Véase plano en Imagen 1.

<sup>4</sup> El Decreto para el estado de Guanajuato fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, 02/02/2007 Primera Sección pp. 25 passim. El Decreto para Querétaro publicado en el Diario Oficial de la Federación, 19/05/1997.

seccionando a la realidad, a no ser por acciones propias de toda administración pública que ejerce recursos financieros asignados a las entidades. Aquí se subraya la necesidad de la interacción social y política de las entidades federativas, desde sus municipios, para la Reserva de la Biósfera.

Con este concepto de estudio de contexto regional se superan las deficiencias de los trabajos de gabinete que no reflejan la realidad; el plano donde está la delimitación de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato<sup>3</sup>, documento oficial donde se ubican la “zona núcleo” y una “zona de impacto” como si se tratara de un territorio en plano: la poligonal establece líneas rectas, por lo que es inevitable hacer la consideración de que dejan fuera del propósito los pliegues serranos en el terreno. Es como si se cortaran circunstancias orográficas e hidrográficas que dan característica a la entidad serrana.

### Caracterización geológica y geográfica

La Sierra Gorda es un macizo de cimas y simas al norte-noreste del estado de Guanajuato, un distinguido sistema estructural geológico y geográfico que da característica a la casi totalidad de los municipios de Victoria, Xichú y Atarjea, a parte de otros dos, San Luis de la Paz y Santa Catarina, y donde están los límites territoriales de los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. Sin embargo, esta entidad geográfica y geológica contiene historia antigua, que data de mucho antes de que tales límites existieran, por lo que hago la consideración de que, tratándose de programas para la sustentabilidad, no dejen de tomarse en cuenta las circunstancias.

Este estudio sigue la metodología del historiador y se origina en la necesidad de elaborar propuestas para la sustentabilidad de la entidad serrana, que considera a sus habitantes como parte esencial. Así, mencionar la Sierra Gorda tendrá la doble circunstancia de lo que ha sido entre el espacio y el tiempo para sus habitantes, y lo que se avizora podrá ser. El trabajo en archivos históricos de San Luis Potosí, y la sede regional del INEGI, con la cartografía que pude reunir, apunta hacia la diversidad ambiental,

33



geográfica, y la unidad de Sierra Gorda Potosina, separada de la Sierra Madre Oriental por la cuenca del río Verde y la planicie de manantiales y lagunas.

En el caso de ser reconocidas por las políticas mundiales de preservación del ambiente, las Reservas de la Biósfera de Guanajuato y Querétaro podrían compartir sus experiencias, y en especial lo relativo al potencial humano más dinamizado en el caso de Querétaro. Resta San Luis Potosí que no ha dado lugar a la fecha, a la declaratoria de Reserva de la Biósfera en su Sierra Gorda, con todo y que las fuentes consultadas y el trabajo de campo realizado aportan a la circunstancia de que existe una Sierra Gorda Potosina, igualmente digna de ser llevada al más alto nivel de reconocimiento mundial.

En ello va que no puede sectorizarse un territorio que de suyo tiene características geográficas y geológicas, cuando de entender los procesos sociales se trata. Los ríos y vertientes así lo distinguen: el Santa María - Verde - Tamuín al norte; el Moctezuma al este; el Arroyo Seco - Victoria - Extorax al sur, que además tributa en el Moctezuma; y al oeste la vertiente por la que llevarán el agua de la Presa del Realito (en construcción mientras hacíamos esta investigación), a San Luis Potosí, y a Celaya hacia el sureste. En la tradición historiográfica de San Luis Potosí, los asentamientos humanos fueron mucho más antiguos que los que encontraron los españoles en el siglo XVI, sólo que hubo una sequía que desequilibró las relaciones sociales de producción, y por ello sobrevino el tiempo de los chichimecas.

Los municipios de los estados de Querétaro y Guanajuato que están integrados como serragordanos por Decretos Federales de los años 1997 y 2007 respectivamente, ratifican el destino de ser Área Natural Protegida (ANP) con características de Reserva de la Biósfera. En la entidad guanajuatense el territorio de la Reserva de la Biósfera es de un total de 236,882,763 ha en los municipios de Atarjea, Victoria y Xichú, donde se constituyen “zonas núcleo”; más las parcialidades de los de San Luis de la Paz y Santa Catarina, constituyentes de

“zonas de amortiguamiento” (Véase Imagen 1).

En el caso de Querétaro, cuya superficie correspondiente a la Sierra Gorda es de 383,567 ha, ya hay experiencias en planes y programas que arrojan resultados a tomar en cuenta, para el concepto de estudio de contorno regional. Se sugiere enfocar los estudios en la entidad geográfica y geológica a partir del principio general que en ambas entidades (Querétaro y Guanajuato) existe la misma obligación de responsabilidad para con el patrimonio natural: en Querétaro sucede la interacción entre organismos ciudadanos, sector público federal y estatal, y actores locales, con recursos financieros incluso de organizaciones internacionales que trabajan por la biósfera para el planeta. Los logros han sido tales, que en 2003 se incluyó en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera el Programa el Hombre y la Biosfera de la UNESCO<sup>5</sup>.

Hasta aquí lo dicho se circunscribe al paisaje natural, entorno geográfico en el cual se contienen evidencias de relaciones de producción establecidas al convertir los elementos de la naturaleza en recursos naturales por las sociedades antiguas hasta las contemporáneas, y que son ahora la cultura material. Con todo y eso, son tareas que quedarán por ser asumidas, las que valorarán el patrimonio cultural inmerso en el patrimonio natural, si tomamos como ejemplo algunos de estos vestigios de cultura material, lo explicaremos mejor.

### El ser humano, razón de ser en el paisaje natural

Hay historias que no han sido contadas ni puestas por escrito, que (es incontrovertible) dejan el lugar a las historias que cuentan los vencedores, como en el caso de los antiguos habitantes de la Sierra Gorda, o Cerro Gordo, como indistintamente aparece la denominación en las crónicas de los religiosos franciscanos que se establecieron en Querétaro y en Xichú de Indios, hoy Victoria, y desde ambos puntos avanzaron hacia el norte, por las misiones de Sierra Gorda a salir al valle del río Verde donde fundaron su provincia eclesial.

Los conquistadores tuvieron su propia historia, la historia de la guerra contra los chichimecas. Éstos vivieron hasta el siglo XVIII en la serranía queretana, cuando fueron exterminados los hombres y dispersadas las mujeres con los hijos y los ancianos; sólo así pudo apoderarse el peninsular, el criollo, el mestizo, de lo que había recibido en resguardo y reconocimiento por la Real Corona. La historia oculta es la de la infamia, la codicia, el cacicazgo (decimos hoy cuando notamos que aún son unos cuantos quienes monopolizan la región, la producción, los recursos nacionales destinados al desarrollo de estas zonas alejadas), por eso no ha llegado el “desarrollo”, por eso en Guanajuato tenemos un municipio como Atarjea, donde todo está por ser construido, en tanto sus habitantes siguen en

paciente espera de mejor destino (Ver Imagen 2).

Pero si los pueblos de indios de la Real Corona fueron exterminados para que surgiera el latifundio virreinal, en el otro extremo, en San Luis de la Paz, estuvieron en pie de guerra las naciones que eran llamadas chichimecas. Allí están sus descendientes, la única nación originaria que tenemos los guanajuatenses en el territorio que les reconoció el Rey de España como propio, el único territorio no conquistado por España. Ellos, tampoco han sido tocados por las estrategias del desarrollo, prevalecen en la relación natural con su economía de autosuficiencia, su propia lengua, usos y costumbres, identidad que hoy en día ya se nota, está siendo incrementada.



[Imagen 2. La primera descripción gráfica de la Sierra Gorda, al norte del Camino Real de Tierra Adentro y el Río de la Laja. No está visible el Arroyo Seco -Victoria - Extorax que reúne a pie de monte de la Sierra Gorda, las aguas que vierten y van a dar al cauce del Río Moctezuma rumbo al Verde (1580, en Archivo de la Real Academia de Historia de España, Madrid, Esp.).

<sup>5</sup> El Decreto En el Decreto se integran los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Peñamiller y Pinal de Amoles en el Estado de Querétaro, nosotros únicamente ampliamos a los que son colindantes con los municipios de Guanajuato, ver Programa de manejo Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, México/Querétaro, SEMARNAP, 1999. La extensión total de la entidad geológico-geográfica Sierra Gorda abarca al estado de Hidalgo, pero aquí se pone énfasis en la circunstancia limítrofe entre Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, por el desarrollo histórico y antropológico que se ha podido observar.



## Historiar también es mirar el futuro

Mientras realizábamos las investigaciones desde nuestras respectivas disciplinas, el año 2011 fue el del reconocimiento por parte del Estado Mexicano, del derecho a su propia lengua y cultura. Ellos ya no están en ninguna región del descuido, todos los que nos hemos acercado somos corresponsables sociales con ellos. Así que pudimos acercarnos con mayor entusiasmo. Ahora son sujetos de estudio dentro del objeto de estudio. Por ello y con ello, tomo elementos para el marco teórico en esta parte de mi investigación: si ellos han prevalecido con su esencia, la lengua y cultura que les diferencia, en ellos está la reciedumbre, los valores sociales por antonomasia para el destino de sus miembros. Ellos hoy prefieren que se les llame Uza', y no como les llamaron los otros: chichimecas. Ellos son tan dignos en su posición, lo cual me permite teorizar la prevalencia de una educación tribal, o de grupo, donde la historia propia otorga elementos para la dimensión educativa. La historia de la que son portadores, la que se comparten, la que se transmiten en su propia lengua.

36 Estos sujetos de estudio y el marco teórico legal que ya está abarcándolos, definen tres elementos esenciales para entender y participar hasta donde ellos lo permitan:

1. La legislación mexicana ha establecido que son sujetos de desarrollo y respeto, así como todas las naciones originarias, en su lengua, y en su cultura. Ellos no nos han contado su propia historia, y acaso esté haciendo falta para la puesta de valor social.
2. Así mismo, la legislación contemporánea los mantiene a punto de exigir ser juzgados en su propia lengua, por lo que ahora es más urgente que ellos, la nación Uza', prepare a sus jóvenes en la cultura de la legalidad, y no vuelvan a ser víctimas de intermediarios.
3. En la valoración de su cultura estará enterarnos del concepto de vida y su relación con el medio ambiente.

La nación Uza' antes de la llegada de la conquista y colonización europea, ocupaba el extenso territorio hoy declarado Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, de Querétaro y de Guanajuato; ese es el otro reto,

volverlos a la sierra para que la preserven y aprovechen, logrando relaciones de desarrollo económico, y esencialmente humano, sustentables.

Tal es mi iniciativa personal y mi corresponsabilidad social de historiador vinculada a mi institución: tener la experiencia multidisciplinaria para generar propuestas de desarrollo en el marco institucional de las protección ambiental, forestal, hidráulica, en suma cultural, que sea aplicable en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato, y desde cuanto el historiador tiene por competencia.



Imagen 3. Taller de manufacturas del danzante "Chichimeca Jonaz" Venus, Misión de Chichimecas de San Luis de la Paz, con él, el autor de esta comunicación, Primo Lara de la Dirección Municipal de Cultura de Guanajuato, y Ma. Concepción Torres Patlán, del Colegio del Nivel Medio Superior de la UG.

## El espacio para el destino es de todos sus habitantes

Pero las historias anteriores no son del todo aceptadas ni conocidas por los habitantes del territorio serragordano. La emergencia de sobrevivir también en ellos es la impronta del destino por alcanzar. Otras son las historias que reconocen como las de su origen, incluso hoy en día un género musical nuevo como adquisición cultural es el huapango logro contemporáneo que parece distinguir más los hechos históricos

En el siglo XX el territorio serragordano fue espacio para la política del Estado Mexicano de repartir los latifundios entre los habitantes de la región. El agrarismo, en las décadas 20 y 30 precede al reparto agrario del sexenio 1934-1940, del presidente Lázaro Cárdenas. Entreverados a esta acción

estuvieron los defensores de los derechos civiles en la expresión religiosa, los cristeros de Sierra Gorda entre 1926 y 1929, que lucharon al lado de los agraristas en un principio, y al parecer, cuando la lucha cristera estaba a favor del propietario de grandes extensiones territoriales, llegaron a representar la lucha de contrarios.

Han sido señaladas entre varias causas del abandono de la sierra, en décadas del siglo XX posrevolucionarias, lo intrincado del territorio y lo complicado de las comunicaciones. No pudo establecerse el ferrocarril en su época esplendorosa, no tuvieron mayor éxito las carretas y diligencias, tampoco el transporte automotriz ha merecido carreteras convenientes. Siguen siendo los caminos de a pie, o con montura, las vías del progreso y comunicación. En 1927 se inauguró la línea telefónica para comunicar a San Felipe con Dolores Hidalgo, Victoria y Xichú, pero sólo las cabeceras municipales, y a estas cabeceras con haciendas de la región.

Los tiempos de organización posrevolucionaria dejaron sin opciones a los pequeños propietarios o a los que nada podían aportar al mercado interno. En los años 20 los habitantes de Sierra Gorda seguían siendo comuneros sin posibilidad de respaldar créditos agrícolas para obtener el dinero y actualizar así la producción destinada al mercado local; los habitantes de Victoria, Santa Catarina y Tierra Blanca se dedicaban a ser peones, jornaleros, músicos, albañiles, arrieros, leñeros, areneros, polvoreros, jauleros y cesteros. Los descendientes de aquellos quienes lucharon reconocen en el origen de la sociedad, una profesión de fe en grado superlativo, la Sierra Gorda forma parte del Obispado de Querétaro y sus parroquias hacia allá miran.

## La situación actual

Enseguida se presentan datos del Censo de Población y Vivienda del año 2010. La cantidad de habitantes ayuda a la mejor comprensión de la sociedad actual, a la que se procura informar para involucrar en los programas de manejo sustentable de la Reserva de la Biósfera. Es a partir de los serragordanos que están creciendo, escolarizándose, aprendiendo del paisaje en la vida cotidiana, que estos esfuerzos por sistematizar el conocimien-

to tendrán mejores prospectivas, ya que, en tanto conocimiento a libre disposición, podrán ser otros usuarios del mismo los que acudan al territorio a proponer la gestión ambiental<sup>6</sup>.

| Municipio          | Habitantes | Hombres/Mujeres | Habitantes 2005 |
|--------------------|------------|-----------------|-----------------|
| Atarjea            | 5,610      | 2,748 / 2,862   | 5,035           |
| San Luis de la Paz | 115,656    | 54,726 / 60,930 | 101,370         |
| Santa Catarina     | 5,120      | 2,401 / 2,719   | 4,544           |
| Victoria           | 19,820     | 9,364 / 10,455  | 19,112          |
| Xichú              | 11,560     | 5,334 / 6,026   | 10,592          |

Deberá ser un compromiso de las futuras generaciones entender su pasado histórico, para proyectar su futuro, y para ello esta retrospectiva de algunos hechos históricos, entreverados con información de acciones como políticas del gobierno sobre el territorio y sus habitantes. Así mismo, les corresponderá poner en valor social el impresionante esplendor arquitectónico de mayor altura que ahí se encuentra, sin que la arqueología oficial haya podido hacer nada por rescatarla. Son los serragordanos quienes deberán cuidar que no continúe la depredación, mientras tanto. ✨

37



Imagen 4. Sistemas constructivos no estudiados por la arqueología oficial, presentes en las explicaciones y descripciones de la memoria oral y que son, evidentemente obra del tiempo histórico antiguo, equivalentes al poblamiento meosamericano. Factura semejante es notoria en otros vestigios arquitectónicos en San Luis de la Paz y Tierra Blanca. Similares a las "ruinas" en Sierra Gorda de Querétaro, Toluquilla y Ranas. (Fotografía de Nestor Gamaliel)

<sup>6</sup> www.inegi.org.mx; cuéntame.inegi.org.mx-División municipal. Guanajuato [21032011]





[Imagen 5. Entre las vertientes del pie de monte de la Sierra Gorda, al sur, desde los municipios de San Luis de la Paz hasta Santa Catarina, el otro tiempo histórico que ha sido más la evidencia de los últimos pobladores prehispánicos en la región; las pinturas rupestres que dejan ver una tipología semejante desde el Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo hasta el municipio de Aguascalientes. (Fotografía del autor, 2012)



[Imagen 6. Estas expresiones no son equiparadas al tiempo histórico de los arquitectos que levantaron en las cimas de Sierra Gorda, los sistemas constructivos. Un tiempo más antiguo y del todo desconocido está ahí. (Fotografía del autor, 2012)



[Imagen 7. Celebración de la Semana Santa extramuros del poblado de Atarjea. (Fotografía del autor, 2011)



[Imagen 8. La nueva identidad social expresada en la danza de San Luis de la Paz, durante el ritual de elaboración de la ofrenda, el Chimal, para San Luisito, agosto de 2011. (Fotografía del autor) y del todo desconocido está ahí. (Fotografía del autor, 2012)



[Imagen 9. En la Misión de Chichimechas, de San Luis de la Paz, el ritual de elaborar la ofrenda, el Chimal, y los danzantes "chichimeca jonaz". (Agosto de 2011. Fotografía del autor)



## Asentamientos Prehispánicos en León, Guanajuato: Investigación, conservación y sustentabilidad

Carlos Alberto Torreblanca Padilla\*, Luis Humberto Carlín Vargas\*\*

### Palabras clave

Arqueología, patrimonio cultural, asentamientos prehispánicos, coleccionismo, saqueo.

### Introducción

El presente texto busca difundir la existencia de los asentamientos prehispánicos en la ciudad de León de los Aldama, Gto. El crecimiento urbano, comercial e industrial en la esta ciudad ha sido constante en las últimas tres décadas, lo cual ha afectado algunos sitios arqueológicos. Esto, aunado al saqueo que han sufrido dichos sitios, ha incrementado alarmantemente su destrucción y total desaparición. El trabajo de protección y conservación de estos asentamientos prehispánicos, que aún se pueden observar dentro de la mancha urbana, ha requerido la intervención de diversas instituciones y actores sociales.

40

Entre la sociedad leonesa y guanajuatense en general, se tiene poco conocimiento acerca de la existencia del amplio patrimonio arqueológico, lo que genera una indiferencia de la comunidad ante su destrucción, así como desinformación en la toma de decisiones por parte de las autoridades, situación que afecta a dichos sitios. Con base en lo anterior, proponemos la difusión del patrimonio cultural por diversos medios, para hacerlo del conocimiento del público en general, procurando darle a esos asentamientos la importancia que se merecen.

Comenzaremos con la importante relación que existe entre arqueología, cultura, ética y sustentabilidad. Al mismo tiempo, haremos notar la relación de éstos con los temas del coleccionismo y el saqueo, y se anexarán algunos artículos de la ley vigente en materia de sitios arqueológicos. La segunda parte abarca un marco geográfico y socioeconómico, que tiene la intención de com-

prender el desarrollo que ha tenido esta urbe. Posteriormente, se presentará un recorrido general de las investigaciones arqueológicas de los asentamientos prehispánicos que se tienen registrados e investigados en lo que hoy es el Municipio de León de los Aldama, Guanajuato. Haremos notar la importancia que sugieren estos sitios como identidad y patrimonio cultural leonés, con el objeto de sensibilizar a todos los sectores de la sociedad, sobre todo a los actores políticos, y así poder difundir ese pasado prehispánico, para que en un corto y mediano plazo se puedan realizar las investigaciones pertinentes y se obtenga más información para difundirla.

### Arqueología, cultura, ética y sustentabilidad

La cultura es un amplio concepto que engloba las más diversas características, tangibles e intangibles, de un grupo humano presente o pretérito. El arqueólogo Jaime Litvak (2000: 32) define este concepto como “el estudio de los grupos humanos, sus procesos de cambio a través del tiempo, su relación con el medio ambiente en que viven y con otros grupos, vecinos o lejanos, contemporáneos o no, inclusive con el mismo grupo en épocas distintas”. Esta definición es muy amplia y abarca, para nuestro objetivo, lo que consideramos necesario para poder entender el texto.

Hablar del patrimonio arqueológico nos remite a mencionar el coleccionismo del cual todas las culturas han sido depositarias, abarcando, al igual que el concepto anterior, desde las más antiguas hasta las actuales. El coleccionismo es una condición inherente al ser humano. Se ha presentado entre los egipcios, los griegos, los romanos, los teotihuacanos y en una infinidad de tradiciones culturales. Aún en la actual, ¿quién no es coleccionista de algo?

La actividad del coleccionismo se formaliza y se vuelve muy interesante a partir del contacto de los europeos con “los otros”, aquellos que eran diferentes de los colonizadores. Hoy en día, muchas piezas que los pobladores mesoamericanos y otras culturas realizaron, son exhibidas o están bajo la protección de países europeos. De aquel coleccionismo formal iniciado desde hace mucho tiempo, y que se percibe con más claridad desde el siglo XVI y abarca hasta el siglo XIX, se propone una nueva ciencia: la Arqueología.

La arqueología busca las evidencias materiales que han prevalecido a través del tiempo con la finalidad de estudiar a las sociedades, evidencias que, con o sin alguna pretensión, las diferentes culturas legaron para que otros seres humanos tuvieran la oportunidad de conocer esas sociedades, así como los materiales, los diseños y los estilos estéticos con los cuales aquellos grupos plasmaron su cosmovisión.

La arqueología no existe por sí misma. Es necesario que se auxilie de una infinidad de ciencias para que su trabajo sea lo más aproximado a la realidad. Por supuesto, no podemos ni sabremos con certeza quien fabricó tal o cual cosa, o quien habitó el lugar que estamos interviniendo, pero con la ayuda de las investigaciones multidisciplinarias se logra un acercamiento científico.

Las áreas del conocimiento a las que nos referimos son, entre otras, la Geología, la Geografía, la Ecología, la Medicina, la Informática, la Historia, la Física, la Química, las Matemáticas, la Botánica, la Zoología, la Arquitectura, la Ingeniería y muchísimas más, además de las ciencias surgidas recientemente, que han sido y seguirán siendo de un valor extraordinario para hacer posibles investigaciones de mucha calidad en la arqueología, a la que han dado la oportunidad de profesionalizarse cada día más.

Más allá de las cuestiones científicas y prácticas de la disciplina, podemos mencionar dos aspectos que, a nuestro entender, son muy importantes en la arqueología y que sin ellos, es casi imposible realizar un trabajo de excelencia: la pasión y el sentido ético.

Respecto a la pasión, podemos afirmar que las investigaciones arqueológicas incluyen una gran

dosis de ésta, que incita a conocer lo desconocido, y no importando que el objeto encontrado en el recorrido previamente o durante la excavación sea muy pequeño o muy grande, será un inevitable encuentro con el pasado, con nuestro pasado. Ese legado es investigado con el objetivo de descifrarlo y mostrarlo a la sociedad, y que ésta pueda entender que en el pasado existieron sociedades tan o más complejas que la nuestra. Ésta es la parte donde podemos enmarcar la sustentabilidad de un proyecto arqueológico: preservar en el presente para el disfrute de las nuevas generaciones.

En atención al sentido ético de la arqueología, diremos que la posibilidad de dirigir proyectos arqueológicos corresponde exclusivamente a los arqueólogos, siempre y cuando pertenezcan a una institución científica reconocida y presenten su proyecto ante el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), tal y como lo establecen las disposiciones reglamentarias para la investigación arqueológica en México. Cualquier otro trabajo que no cumpla con estas características es considerado como saqueo y está penado por la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas<sup>1</sup>, que da un sustento jurídico a la labor que desempeñan los arqueólogos que es rescatar, preservar y difundir el pasado.

41

Para entender más el sentido ético, citaremos nuevamente al maestro Jaime Litvak, que deja en claro este aspecto y lo escribe de la siguiente manera:

“El arqueólogo tiene una responsabilidad que no todo el mundo entiende, muchas veces me han comentado, como a mis colegas, que debo tener seguramente una buena colección en mi casa. El arqueólogo NO colecciona piezas arqueológicas. Puede que lo haga con timbres postales, cuadros de arte moderno, artesanías, pornografía, o discos de jazz; pero no con piezas arqueológicas. Las piezas arqueológicas son para el arqueólogo objetos de trabajo, independientemente de su belleza. Y la razón es lógica: ¿Usted espera ir a la casa del médico y encontrar, bellamente etiquetada y en botellas de formol, una colección de

\* Arqueólogo, Profesor Investigador del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Guanajuato.

\*\*Arqueólogo, profesor del Departamento de Estudios Culturales, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Campus León, Universidad de Guanajuato. Coordinador del Proyecto Cultural León Prehispánico, León, Gto.

<sup>1</sup> Ley vigente y publicada en 1972 por el Presidente Luis Echeverría. Tuvo algunas modificaciones en 1984, 1985 y 1986, por el entonces presidente Miguel de la Madrid. Para no dejar duda alguna sobre este tema y los otros que abarca el presente texto recomendamos consultar los artículos 2º, 27, 28, 28 BIS, 29, 30, 47, y 48 de esta Ley.



hígados cancerosos, pulmones tuberculosos, apéndices reventados y fetos? ¿Alguien ha visto que algún Ingeniero colecciona tabiques y concreto? ¿Algún abogado exhibirá los uniformes de presos de algunos clientes?” (Litvak, 2000: 184).

Esta cita deja ver que el trabajo del arqueólogo debe ser totalmente ético por que la profesión así lo demanda. El material que se rescata de los trabajos de excavación queda en custodia del arqueólogo sólo por un tiempo razonable para que éste pueda concluir sus investigaciones. Después, ese material pasa íntegro a ser parte de las colecciones del INAH, que tiene la responsabilidad de ponerlo a buen resguardo o, si es el caso, exhibirlo en algún museo. Debemos entender que este material es un patrimonio de todos nosotros, no tiene un precio comercial, y por lo tanto, no se puede vender ni canjear.

La otra responsabilidad en la profesión del arqueólogo es difundir el resultado de las investigaciones realizadas, tal y como lo expresa el artículo 2 de las Disposiciones Reglamentarias para la Investigación Arqueológica<sup>2</sup>, que a la letra dice lo siguiente: *“El objeto de la investigación arqueológica es el estudio de los restos materiales y de su contexto cultural y ambiental, de las sociedades que existieron en el territorio nacional, así como su protección y conservación y la divulgación del conocimiento resultan-*

*te”*. En algún momento esta información tendrá que ser parte de revistas especializadas o de algún otro medio de información (libros, internet, museos, etc.), y estará dirigida al público que espera saber del patrimonio cultural que en investigaciones y excavaciones se recuperó. La investigación arqueológica es una pasión que debe cubrirse de una ética profesional sin ninguna condición. Ya lo expresó el arqueólogo Kent Flannery hace algunos años, hacer arqueología *“es lo más divertido que se puede hacer con los pantalones puestos”*.

### Marco geográfico y ambiental

La ciudad de León está ubicada en entre los paralelos 21° 20' y 20° 51' de latitud norte; los meridianos 101° 22' y 101° 50' de longitud oeste, su altitud oscila entre 1,000 y 2,900 metros sobre el nivel del mar. Ocupa casi el 4% del total del estado de Guanajuato en lo que respecta a superficie. Colinda al norte con el estado de Jalisco y el Municipio de San Felipe; al este con los municipios de San Felipe, Guanajuato y Silao; al sur con los municipios de Silao, Romita y San Francisco del Rincón; al oeste con los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y el estado de Jalisco. La Ciudad de León es la sexta más poblada de la República Mexicana. En la actualidad, según el censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del 2010, cuenta con 1, 436,480 habitantes y sumando a la población de la Zona Metropolitana de León el número llega a 1, 792,047, con predominio del género femenino en casi 5%. Perteneció a la sub provincia fisiográfica del Bajío Guanajuatense en 43.7%, a la Sierra de Guanajuato en 27.6% y a los Altos de Jalisco en 22.6%. Sus temperaturas van desde los 12°C hasta los 38°C. Predomina el clima semiseco semicálido en 46.1% y la precipitación anual va de los 600 a los 900 mm. El suelo predominante es el vertisol en 42.5% (suelo con alto contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita<sup>3</sup> que forma profundas grietas en las estaciones secas). Perteneció a la Región Hidrológica Lerma-Santiago y a la Cuenca Lerma-Salamanca en 93.7%<sup>4</sup>.



Excavación Alfaro 2010

<sup>2</sup> En [www.arqueologia.inah.gob.mx/consejo/index.php](http://www.arqueologia.inah.gob.mx/consejo/index.php)

<sup>3</sup> Arcilla caracterizada por una composición química inconstante. se compone por una capa central que contiene aluminio y magnesio coordinados octaédricamente en forma de óxidos e hidróxidos. Es uno de los terrenos en los que se deben tomar más precauciones debido a su carácter expansivo.

<sup>4</sup> Información recopilada de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) ; [www.leon.gob.mx](http://www.leon.gob.mx)

### Marco socioeconómico

Como lo expresamos en la introducción, el crecimiento urbano, comercial e industrial ha sido un problema en lo que respecta al interés de nuestro artículo. Presentamos algunos datos en relación con el enorme crecimiento de la ciudad que hace poco más de cien años, en 1904, Pedro González al hacer un recorrido por el estado de Guanajuato, indica que la población era de 94,157 habitantes con predominio del género femenino; todo esto contando lo que él llama congregaciones, que serían las poblaciones cercanas a la Ciudad de León (González, 2004). Dato curioso del informe del Sr. González es que hubo precipitación pluvial durante 118 días del año, algo que en la actualidad no sucede. Sostiene el autor que León *“figura en el tercer lugar como productor de trigo, el cual se consume entre la población, convertido en harina, que tiene una molienda media anual de 4.7 millones de kilogramos”* (González, 2004:176). En la actualidad, no es posible contar con tal cantidad de trigo, debido a la baja producción dentro de la ciudad y la zona conurbada. También aseguraba que *“es la industria la que sostiene los millares de habitantes de la ciudad de León, y es el agio<sup>5</sup>, en sus múltiples manifestaciones, el obstáculo que mantiene en bochornoso estado de miseria a tanta familia laboriosa, cuyos miembros, todos, son útiles e inteligentes”* (González, 2004:177). Del total de rubros comerciales que menciona en ese informe, los talleres de zapatos superan con mucho a las otras industrias: 1,287 de un total de 1,896 industrias.

Comparando la anterior información con los datos actuales, podemos afirmar que la ciudad ha seguido una tradición por la industria zapatera que ha crecido, a la par de los servicios que también han aumentado considerablemente, y ambos contribuyen significativamente al crecimiento urbano. Hoy es totalmente diferente la composición urbana y rural que en los albores del siglo XX permeaba el ámbito local, y en el cual ya se vislumbraba el crecimiento industrial.

Este crecimiento urbano ha incidido en lugares en donde existen registros de asentamientos prehispánicos que hoy se han perdido o están a punto de

perderse, por no haberse realizado desde hace algunas décadas la importante tarea de difundir ese pasado prehispánico y hacer lo posible por rescatarlo y conservarlo. Quedan solamente algunos sitios con la posibilidad de ser intervenidos para su investigación y por lo tanto ser preservados.

### Investigaciones arqueológicas en el municipio de León

La información sobre la antigua población prehispánica que ocupó el actual territorio de León se comenzó a esbozar en 1932, cuando el historiador leonés Wigberto Jiménez Moreno presentó la Historia Antigua de León, en la cual señalaba las características culturales de los grupos chichimecas que habitaban la región a la llegada de los españoles. Sin embargo, las imágenes correspondientes a un hacha de piedra, una figurilla femenina y una punta de proyectil de obsidiana localizadas en el Municipio de León permiten asociarlas a tradiciones culturales más antiguas que los chichimecas (Jiménez,1932).

Ante la falta de datos sobre el periodo prehispánico en el norte de México, se celebró en 1944 la Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología, dedicada a abordar esta problemática. En esta ocasión, Carlos Margain presentó un texto denominado “Zonas arqueológicas de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas”. En lo correspondiente a Guanajuato y en particular a León, reportó vestigios en Cerrito de Jerez aunque sin precisar detalles (Margain, 1944). En los siguientes años se continuaron atendiendo hallazgos fortuitos sobre restos prehispánicos como es el caso de Eduardo Noguera, quien inspeccionó el sitio de Las Ánimas (Noguera, 1961).

Son los hallazgos de un antiguo asentamiento en la Cañada de Alfaro los que motivaron a su exploración por parte de un grupo de la Universidad de Guanajuato encabezado por José Lanuza en 1968, el cual ponía de manifiesto la existencia de grandes urbes prehispánicas en Guanajuato (Lanuza, 1968). Las excavaciones continuaron por parte de Emilio Bejarano, recuperándose varios entierros acompañados con sus ofrendas (Bejarano, 1968).

<sup>5</sup> Beneficio que se obtiene del cambio de la moneda, o de descontar letras, pagarés, etc.







(Torreblanca y De la Isla, 2010) y en el camino a Santa Ana del Conde (Castañeda y Rivera, 2011)

### La conservación de los asentamientos prehispánicos en León

Como se ha señalado anteriormente, existen distintos tipos de intervención arqueológica en los asentamientos prehispánicos de León, de acuerdo con las disposiciones reglamentarias para la investigación arqueológica en México. Estos comprenden inspecciones y peritajes<sup>6</sup>, rescates<sup>7</sup>, salvamentos<sup>8</sup> y proyectos arqueológicos<sup>9</sup>, los cuales ha realizado principalmente la delegación estatal del INAH, donde ha colaborado la Dirección de Desarrollo Urbano del municipio de León. Posteriormente, están las intervenciones de proyectos por parte de la Universidad de Guanajuato y la Universidad de Stanford en la Cañada de Alfaro. Estas acciones han permitido recuperar información con la cual se incrementa el conocimiento de las culturas prehispánicas que habitaron la región que hoy ocupa el municipio de León.

- 46 Los proyectos enfocados al registro y protección del patrimonio arqueológico de León han sido tres, el iniciado por Ramos y Ramírez (1987), continuado por Castañeda (1997) y actualizado por Ramírez y Torreblanca (2008). Es a partir de estos trabajos que se puede tener un panorama amplio sobre el estado de conservación de estos sitios.

### Afectaciones y riesgos para los sitios arqueológicos

Un serio problema ha sido el crecimiento urbano de la ciudad de León, al que se le suma la demanda de servicios básicos como drenaje, agua potable, energía eléctrica, vías de comunicación, entre otros. También está presente en la zona rural la actividad agrícola, creación de bordos, carreteras o bancos de materiales. Todas estas acciones han afectando seriamente los vestigios arqueológicos al grado de ir desapareciendo alarmantemente.

<sup>6</sup> Son aquellos que se planean debido a la programación de una obra pública o privada, que permiten una organización adecuada y en un tiempo corto.

<sup>9</sup> Son los que se originan a partir de un planteamiento de investigación de carácter cultural-histórico o evaluación de las técnicas y métodos de trabajo arqueológico, y son a largo plazo.

En la década de los años setenta, cuando iniciaron los proyectos arqueológicos en la Cañada de Alfaro e Ibarra, esta región era zona rural con una población campesina. Para los ochenta, cuando inició el Programa de Verificación de Sitios Arqueológicos de León, ya se hacía el señalamiento del crecimiento urbano y la eminente destrucción del patrimonio arqueológico. Las acciones que se realizaron en su momento fueron salvamentos en Cerrito de Rayas y Alfaro, que permitieron la recuperación de información sobre sistemas de entierro, tipos de alfarería prehispánica destinada a ofrendas mortuorias, así como del patrón de asentamiento. Actualmente, varios sitios han sido invadidos por el crecimiento urbano destruyéndolos, o en el mejor de los casos convirtiéndose en lotes baldíos donde se deposita basura y escombros.

Los actuales riesgos a los que se encuentran expuestos estos sitios son el saqueo, el vandalismo, y el desarrollo de infraestructura pública y privada. Los asentamientos prehispánicos de Ibarra, Cerrito de Rayas, Medina, Alfaro y Cerrito de Jerez se encuentran envueltos por la mancha urbana. En cambio, los sitios de Cerro Pelonas, Tanque Viejo y Cerrito de las Brujas aún se conservan en mejor estado.

El caso de la destrucción y desaparición del sitio de Las Ánimas, es un claro ejemplo de la explotación de bancos de materiales reportados desde los años cuarenta. La actividad agrícola y la nivelación de terrenos para campos deportivos han afectado seriamente al sitio de Duarte por el empleo de maquinaria pesada, cortando a la mitad el asentamiento prehispánico. A pesar de que el sitio de Loza de Los Padres, junto con El Ardillo y Laguna de los Patos fueron delimitados y reconocidos como reservas arqueológicas en los planos de Registro Agrario Nacional dentro del Ejido de Loza de Los Padres, éstos han sido invadidos y se continúa con la actividad agrícola con maquinaria.

Los sitios de Los Edificios y Los Cimientos en la Sierra de Comanja, ubicados dentro de propiedades privadas, son los que están mejor conservados y muestran la magnitud de los asentamientos

prehispánicos que existieron en León. Un ejemplo digno de destacar es la sensibilidad y el interés que ha tenido la empresa El Molino Residencial & Resort, que ha protegido los sitios de El Basurero y El Presidio que se encuentran dentro de sus terrenos.

### Conclusiones

Con la implementación del Programa de Verificación de Sitios Arqueológicos en el Municipio de León, el Atlas Arqueológico Nacional y el Programa de Protección del Patrimonio Arqueológico de Municipio de León se puede tener un panorama general de los distintos asentamientos prehispánicos existentes en esta porción del estado de Guanajuato.

Sin duda alguna solo se podrá proteger y conservar aquello que se conoce y forma parte de la identidad, como lo es el patrimonio arqueológico de los leoneses. Para ello, será importante la participación de la sociedad por medio de denuncias de las destrucciones, los reportes de hallazgos, y la colaboración en programas gubernamentales de integración a los planes de desarrollo urbano. Para lograr dicha participación, es importante el conocimiento de los tipos de asentamientos prehispánicos en la región, su estado de conservación con polígonos envolventes que delimiten al sitio, así como un replanteamiento en el uso de suelo (ordenamiento del territorio) en torno al patrimonio arqueológico.

Preocupados por la afectación que han sufrido los sitios arqueológicos en la Ciudad de León por el crecimiento urbano y la eminente falta de información para la comprensión sobre estos asentamientos, y su importancia como parte del Patrimonio Cultural, consideramos necesario en primera instancia que la sociedad leonesa conozca que existe un pasado prehispánico, pues así lo demuestran los hallazgos cerámicos y líticos, que hoy se conservan en el Archivo Histórico Municipal de León. En la última década se han incrementado los proyectos para rescatar, preservar y difundir el patrimonio cultural prehispánico de esta ciudad. La importancia de una investigación más a fondo de estos asentamientos resulta imprescindible para poder articular nuevas hipótesis con respecto a las sociedades que habitaron esa porción del territorio. Hoy en día podemos decir que con la voluntad política, la participación de los empresarios, las

instituciones educativas, pero sobre todo de la sociedad, podremos, los arqueólogos, los historiadores y los antropólogos, hacer muchísimo más para difundir ese pasado en beneficio de las actuales y nuevas generaciones.

Previamente a la llegada de los europeos, muchos autores solo han considerado que grupos cazadores-recolectores habitaron este lugar. Esto grupos fueron conocidos por los conquistadores como chichimecas. Hoy, se comienza a vislumbrar un pasado prehispánico más allá de esos grupos nómadas, que requiere ser investigado, protegido y difundido, para lo cual se requiere de la suma de esfuerzos. Esto nos llevará a la recuperación de nuestro pasado local, hasta ahora casi desconocido.

### Bibliografía

- Bejarano J., Emilio,  
1968. Informe de los trabajos realizados en la Zona Arqueológica de Cañada de Alfaro, Municipio de León, Gto., mecanoscrito, Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del CINAH-Guanajuato, 12 de Julio, 14 p.
- 1970a y 1970b. "Zona Arqueológica de Ibarra", en; Boletín, órgano del Archivo Histórico Municipal, León, Guanajuato, Año VI, Núm. 63, Agosto-Septiembre, y Num. 64, Octubre-Noviembre.
- Blancas Tomé, Gloria  
1976. Reporte del Sitio de León, mecanoscrito, Expediente Cerrito de Rayas del Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del CINAH-Guanajuato, 16 de Agosto, 1 p.
- 1978. Informe de Inspección del Sitio Arqueológico Ibarra, mecanoscrito, Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del CINAH-Guanajuato, 16 de Agosto, 1 p.
- Brambila P. Rosa y Ana María Crespo, 2005. Desplazamiento de poblaciones y creación de territorios en el Bajío. En Reacomodos demográficos del clásico al posclásico en el centro de México. Ed. Linda Manzanilla, pp.155-174, IIA-UNAM, México.
- Braniff, Beatriz, 1972. Secuencias Arqueológicas en Guanajuato y la Cuenca de México: Intento de Correlación, en Teotihuacán XI Mesa Redonda, Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- Cárdenas García, Efraín,  
1988. Atlas Arqueológico de Guanajuato, Informe de las Actividades Realizadas correspondientes a la Primera Etapa, Documento inédito, Memorias del Proyecto Atlas Arqueológico Nacional Estado de Guanajuato, Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH.
- 1999 El Bajío en el Clásico, El Colegio de Michoacán, Zamora, Mich. México.
- Castañeda López, Carlos,  
1994. Informe del hallazgo en J.P. Penny's y Cerrito de Jerez. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH Guanajuato, Guanajuato, México.
- 1995a. Informe Técnico sobre el sitio arqueológico Cerrito de



Rayas. Municipio de León, Gto. INAH-PROCEDE. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH Guanajuato, 2 p.

1995b. Informe Técnico sobre el sitio arqueológico Medina. Municipio de León, Gto. INAH-PROCEDE. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH Guanajuato, Guanajuato, México.

1995c. Informe Técnico sobre el sitio arqueológico Medina NE. Municipio de León, Gto. INAH-PROCEDE. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH Guanajuato, Guanajuato, México.

1996. Rescate en la Colonia Hacienda de Echeveste, ciudad de León, Gto. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH Guanajuato, Guanajuato, México.

1997. Programa de Verificación de Sitios Arqueológicos en el Municipio de León, Guanajuato. Actualización y Propuestas. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del CINAH Guanajuato, Guanajuato, México.

• Castañeda López, Carlos y Luz María Flores Morales,

1983. Informe Técnico del Sitio Arqueológico de Cerrito de Rayas, Municipio de León, Guanajuato. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH-Guanajuato. Guanajuato, México.

1995. Loza de los Padres y su Patrimonio Arqueológico, mecanoscrito. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH-Guanajuato.

• Flores Morales, Luz María, 1991. Informe del hallazgo arqueológico en la Colonia 10 de mayo en la ciudad de León. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH-Guanajuato, Guanajuato, México.

48

• Flores Morales, Luz María y Omar Cruces Cervantes, 2000. Programa INAH-PROCEDE Estado de Guanajuato. Informe Final Abril de 1995-Noviembre del 2000. Documento inédito.

• Flores, García Irad, 2003. Dictamen técnico, Sitio Arqueológico Duarte (El Varal), 23 de Septiembre de 2003. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH-Guanajuato

• González Pedro, 2004. Geografía local del Estado de Guanajuato, Primera reimpresión, Ed. La Rana, Guanajuato, México.

• Jiménez Moreno, Wigberto, 1932. Historia Antigua de León, Sobretiro de la Edición de Tiempos Nuevos, Imprenta Modena y Fotgrabado, León, Guanajuato.

• INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA, 1994. Disposiciones reglamentarias para la investigación arqueológica en México. INAH, México.

• LANUZA José, 1968. La cañada de Alfaro. Revista de la Universidad de Guanajuato, No.10, pp.1-13, Guanajuato, Guanajuato, México.

• LITVAK Jaime, 2000. Introducción a la arqueología: Todas las piedras tienen 2000 años. Ed. Trillas, México.

• MARGAIN Carlos R., 1944. Zonas arqueológicas de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas. En El Norte de México y Sur de los Estados Unidos. 3ra. Reunión Sociedad mexicana de Antropología, pp.145.-148, México.

• MONZÓN Flores, Martha, 2001. Informe Parcial Sitio Arqueológico El Basurero, León Guanajuato. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del CINAH-Guanajuato. 43 p.

• NOGUERA, Eduardo, 1961. “La zona arqueológica de Las Ánimas”, en A William Cameron Townsend en el vigésimo aniversario del Instituto Lingüístico de Verano, México, D.F.

• RAMIREZ Bolaños Amanda y Carlos Alberto Torreblanca Padilla,

2008. Programa de Protección del Patrimonio Arqueológico del Municipio de León, Guanajuato. Informe Técnico Final. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH Guanajuato, Centro INAH Guanajuato, Dirección de Desarrollo Urbano de León, H. Ayuntamiento Municipal de León 2006-2009, Guanajuato, México.

2010. La destrucción de la memoria. El pasado prehispánico del municipio de León, Guanajuato. En Pasaje. Guía turística de la ciudad de León, Guanajuato, Guanajuato, México.

• RAMOS de la Vega, Jorge,

1988. Investigaciones arqueológicas en Cerrito de Rayas, León, Gto. Cuadernos de Investigación El Colegio del Bajío A.C., No. 4, Segunda Época.

1992. Investigaciones arqueológicas en la Sierra de Comanja-Guanajuato, Tesis de Licenciatura en Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.

• RAMOS de la Vega, Jorge; Sergio Vázquez Zárate y Raúl Matadamas Díaz, 1988. Rescate e Investigación en Cerrito de Rayas, León, Guanajuato. En Memoria de la Primera Reunión sobre las Sociedades Prehispánicas en el Centro Occidente de México, Cuaderno de Trabajo No.1, Centro Regional Querétaro, INAH, México.

• RAMOS de la Vega, Jorge y Lorenza López Mestas, 1996. “Arqueología en la Sierra de Comanja-Guanajuato”, en: Tiempo y territorio en arqueología, El Centro Norte de México, Ana María Crespo y Carlos Viramontes (Coords.), Instituto Nacional de Antropología e Historia, Serie Arqueología, México.

• RAMOS de la Vega, Jorge y Amalia Ramírez Garayzar,

1987. Programa de Verificación de sitios arqueológicos en el municipio de León, Gto., Informe Final, H. Ayuntamiento de León 86-88, Dirección de Desarrollo Urbano, Instituto Nacional de Antropología e Historia Centro Regional Guanajuato.

1992. Estudio de Unidades Habitacionales Prehispánicas en el sitio Alfaro, León, Guanajuato. En; Origen y Desarrollo en el Occidente de México, Brigitte Boehm de Lameiras y Phil C. Weigand (Coordinadores), El Colegio de Michoacán, Zamora, Mich., México, pp.251-293.

1993. Sitios arqueológicos en el municipio de León, Universidad Iberoamericana, Plantel León, León, Guanajuato.

• RAMOS de la Vega Jorge, Lorenza López Mestas y Carlos Santos, 1993. Conjunto habitacionales en los sitios del noroeste de Guanajuato. En Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.25, pp.41-50, UNAM, México.

• TORREBLANCA Padilla, Carlos Alberto,

2006a. Dictamen técnico delimitación Medina NE, Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH- Guanajuato, Guanajuato, México.

2006b. Reporte técnico hallazgo en fraccionamiento Brisas del Campo II, León, Guanajuato. Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH Guanajuato, Guanajuato, México.

2007. Reporte Técnico Colonia el Peñón León, Guanajuato, Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del Centro INAH-Guanajuato.

• ZEPEDA García Moreno, Gabriela, 2001. Dictamen Técnico, inspección arqueológica de Cerrito de Rayas, León, Gto. Archivo Técnico del Departamento de Trámites Legales del INAH-Guanajuato.

• ZUBROW, Ezra, 1972. Monthly Report for the Stanford University Archaeological Expedition, Archaeological Zone Cañada Alfaro, Stanford Arizona, mecanoscrito, Archivo Técnico de la Sección de Arqueología del INAH-Guanajuato, 10 p.

María Magdalena Sandoval Torres

Haciendo uso de las ventajas que nos ofrece la tecnología actual, realizamos dos entrevistas virtuales, una al Dr. Jesús Martínez Patiño, Coordinador del Proyecto Institucional de Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica de la Universidad de Guanajuato, y otra al Dr. Víctor Hugo Rangel Hernández, Director General del Centro Mexicano de Energías Renovables (CEMER, S. C.), quienes amablemente aceptaron brindarnos información sobre estos importantes proyectos, cuyas acciones contribuyen significativamente a la mitigación de los efectos del Cambio Climático en el estado de Guanajuato.

*Dr. Jesús Martínez Patiño*

### 1. ¿Cuáles son los objetivos del Proyecto Institucional de Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica de la Universidad de Guanajuato?

El objetivo general del programa es reducir el consumo de energía eléctrica en los inmuebles de la Universidad de Guanajuato aplicando el uso de la tecnología y acciones que induzcan y fomenten el uso responsable de la energía.

Los objetivos particulares son:

• Establecer sistemas, metas y procedimientos para el ahorro de energía en los inmuebles de la Universidad de Guanajuato.

• Dentro del ámbito competente, difundir, impulsar y dar seguimiento al cumplimiento de los lineamientos del ahorro de energía eléctrica.

• Contribuir con políticas, sistemas y procedimientos implementados por los responsables en los inmuebles, para lograr el cumplimiento de las metas institucionales fijadas en materia de ahorro de energía, y las que se establezcan en cada uno de los inmuebles de forma particular.

• Concentrar y dar seguimiento al control de los consumos y pagos de los servicios de suministro de energía eléctrica, comparando dichos consumos con los programas y metas previamente establecidos.

### 2. ¿Cómo y cuándo surgió el proyecto?

El proyecto surgió en 2010, durante la gestión como

# Charlando con...

Rector General del Dr. Arturo Lara López, como iniciativa del Dr. José Manuel Cabrera Sixto, siendo Secretario Académico, en una reunión donde asistimos el Mtro. Martín Pantoja Aguilar (entonces Secretario Administrativo), el Dr. Oscar G. Ibarra Manzano (entonces Director de la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca) y un servidor. Durante la reunión se expuso la enorme oportunidad que se tenía al sumar esfuerzos entre estudiantes y profesores para lograr reducir los consumos de energía eléctrica en los diferentes edificios de la Universidad. El proyecto comenzó en el edificio más emblemático de la Universidad: el Edificio Central.

### 3. ¿Cuáles han sido los principales logros y resultados del proyecto hasta ahora?

Durante el primer año, se conformó un grupo de 16 alumnos y 5 profesores, logrando un ahorro del 14% en el consumo de energía eléctrica del Edificio Central en los últimos 4 meses del año 2010. Con las reducciones en los consumos de energía eléctrica en 2010 y parte de 2011, se logró obtener el 2do. Lugar del Premio Estatal de Eficiencia Energética, que otorgó el Concyteg en Agosto de 2011.

Durante el año 2012 el proyecto se ha implementado en más edificios de la UG, logrando reducir de forma global un 8.4 % de energía en el periodo de febrero a octubre.

### 4. ¿Que líneas de acción se manejan en el proyecto?

El proyecto es integrador, ya que se involucran alumnos, profesores, directivos, personal administrativo y usuarios de los inmuebles. Todos los participantes reciben capacitación.

Los alumnos que participan toman un curso extracurricular de 40 horas, dicho curso lo imparten los 5 profesores que participan en el proyecto. En el curso se tratan temas como tarifas eléctricas, ahorro de energía en aire acondicionado e iluminación, instalaciones eléctricas, entre otros temas.

Al personal administrativo y usuarios de los inmuebles se les imparte una capacitación más corta, de aproximadamente 4 horas, en la cual se tratan

49



temas relacionados con el ahorro de energía eléctrica.

Debido a que el 50 % del total de energía eléctrica que se consume en los inmuebles es con base en la tarifa HM, la cual tiene que ver con los horarios de consumo, se realizan acciones que promueven reducir los consumos en el horario pico, donde el costo de la energía se incrementa casi al doble. El horario pico en tarifa HM es de las 18:00 a las 22:00 horas del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre, y para el periodo restante es de las 20:00 a las 22:00 horas, este horario solamente es válido de lunes a viernes.

#### 5. ¿Cuántas personas colaboran directamente en el proyecto?

Actualmente participan veinte alumnos y seis profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, además de dos personas en el apoyo administrativo y técnico. Durante el proyecto han participado 32 alumnos, de los cuales 12 ya han egresado de la carrera y se encuentran trabajando en empresas relacionadas con el tema del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

#### 6. ¿En qué etapa se encuentra actualmente el proyecto?

De manera general, se han planteado tres diferentes etapas a implementar, que conllevan a tres tipos acciones: de nula inversión, de mediana inversión y de alta inversión. A nivel institucional se están realizando acciones de nula inversión, que se enfocan en sensibilizar a la comunidad universitaria acerca el ahorro de energía eléctrica y la implementación de acciones técnicas que no tengan

costo y que reduzcan el consumo de energía. Solamente en el caso del Edificio Central se ha aplicado la segunda etapa, con acciones de mediana inversión para el ahorro de energía eléctrica.

#### 7. ¿Cuáles son las perspectivas a largo plazo del proyecto?

Las perspectivas del proyecto tanto a mediano como a largo plazo son reducir el consumo de energía eléctrica en un 20 % en un periodo de 5 a 10 años. Otro aspecto fundamental es el de seguir formando recursos humanos en materia de ahorro y uso eficiente de energía, en este caso, a los alumnos del programa de Ingeniería Eléctrica que participan; ya que una vez que se integren a la vida laboral, podrán implementar acciones específicas en sus centros de trabajo. Así mismo, continuar contribuyendo con la reducción del impacto ambiental a nivel institucional, apoyando al Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad de Guanajuato, ya que de forma indirecta, al reducir el consumo de energía evitamos producir gases de efecto invernadero que contribuyen al Cambio Climático.

#### 8. ¿Existe alguna acción en la que la comunidad universitaria pueda colaborar desde ahora para fortalecer el proyecto?

La comunidad universitaria es fundamental en todas las acciones encaminadas al ahorro de energía eléctrica, pues es una tarea colectiva. Todos somos usuarios de la energía eléctrica en los diferentes inmuebles universitarios, el mensaje a la comunidad universitaria es que utilice responsablemente la energía que consume sin caer en el uso excesivo.

*Dr. Víctor Hugo Rangel Hernández*

Director General del Centro Mexicano de Energías Renovables

#### 1. ¿Nos puede comentar qué es el Centro Mexicano de Energías Renovables?

El Centro Mexicano de Energías Renovables, S.C. es una sociedad civil conformada por el Gobierno del estado de Guanajuato, la Universidad de Guanajuato y la Presidencia Municipal de Salamanca. Su objetivo es convertirse en un centro tecnológico especializado en la investigación aplicada al desarrollo y fomento de las energías renovables; ser un centro de certificación de productos y procesos sustentables, de asesoramiento tecnológico y de prestación de servicios tanto a la iniciativa privada, como a las instituciones de gobierno. Así mismo, busca formar talentos humanos, que permitan al estado de Guanajuato, a la región del Bajío y a nuestro país entrar en una nueva era en la generación de energías renovables.

#### 2. ¿Cómo y cuándo surgió el proyecto?

Los orígenes del CEMER se remontan a octubre de 2007 como una iniciativa del Gobierno del estado de Guanajuato, dentro de los proyectos para Fondos Mixtos del Consejo de Ciencia y Tecnología. La idea de crear el centro nació de la necesidad de atender todos los requerimientos para mitigar el Cambio Climático (Gobierno del estado de Guanajuato), y del interés compartido por un grupo de investigadores de la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, quienes buscaban contar con un Centro que funcionara como un espacio anexo al Campus Irapuato-Salamanca, y que permitiera contar con laboratorios para estudios y proyectos nacionales.

#### 3. ¿Cuáles han sido los principales logros y resultados del proyecto hasta ahora?

El principal logro del Centro Mexicano de Energías Renovables hasta ahora, ha sido su propia constitución legal y la construcción de la primera parte del mismo. Ésta consiste en un inmueble de 1,490 m<sup>2</sup> que consta de: área de capacitación, sala de juntas, laboratorio multidisciplinar, estacionamiento, iluminación solar, granja

fotovoltaica, área de trabajo y oficina administrativa.

Entre los resultados del proyecto se pueden destacar los convenios de colaboración con distintas empresas y organizaciones como el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE, España), el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, Querétaro), Ingeniería y Proyectos Industriales de Jalisco (IPIJ), Piccioto Arquitectos S. C., y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Así mismo, se ha realizado la gestión de proyectos de inversión y desarrollo tecnológico entre los que se encuentran los siguientes:

| N° | Contacto                                                                                            |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Hornos Ladrilleros: Fondos Mixtos                                                                   |
| 2  | CONCYTEG.Tratamiento de RSU: Producción de Diesel Sintético. Empresa SINDEUR (Salamanca y Abasolo). |
| 3  | Granjas Fotovoltaicas. Granja Santa Anita, Silao.                                                   |
| 4  | Granjas Fotovoltaica Municipios de Salamanca y León.                                                |
| 5  | Ahorro de energía en rastros municipales.                                                           |

#### 4. ¿Que líneas de acción y/o proyectos existen en el CEMER?

El CEMER operará como un clúster del conocimiento en energía, diseñado para llevar a cabo la gestión energética integral, con la participación de los sectores privado, académico y público, lo cual es fundamental para el desarrollo de empresas de base tecnológica en un marco programático y de planeación estratégica para la integración de diferentes cadenas de valor para las diferentes fuentes de energía renovable (Gobierno del estado de Guanajuato y Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Guanajuato).

Con base en las demandas internacionales y las estrategias nacionales, las líneas prioritarias que regirán las actividades del CEMER serán: Energía Solar, Energía Eólica, Biomasa, Celdas de Combustible y Eficiencia Energética.

En las cinco líneas se realizará investigación científica y desarrollo tecnológico, y se desarrollarán servicios de consultoría y asesoría



técnica para satisfacer las demandas energéticas y de ahorro de energía de las empresas, incluyendo las energías térmica y eléctrica, fotovoltaica y termosolar, biodigestión anaeróbica y de celdas de combustibles.

Un área en la que se trabajará de manera especial es la formación/capacitación de talentos humanos, que incluye los cursos a la medida, capacitación para empresas, formación de profesores y alumnos, entre otros.

## 5. ¿Cuántas personas colaboran directamente en el proyecto?

En la actualidad colaboran 18 personas con grados de Doctor, Ingenieros, Licenciados y Técnicos.

## 6. ¿En qué etapa se encuentra actualmente el proyecto?

El CEMER S. C. se encuentra en la primera etapa de tres que se tienen contempladas para los próximos seis años. La segunda y tercera etapas consisten en la construcción de cuatro laboratorios más, y la última etapa corresponderá a la construcción del edificio Sede.

## 7. ¿Cuáles son las perspectivas a largo plazo del CEMER?

Convertirnos en el organismo de mayor impacto científico especializado en materia de energías renovables y eficiencia energética a nivel nacional, consolidando proyectos innovadores de investigación y desarrollo tecnológico para el sector público, privado y social que permitan elevar la competitividad y sustentabilidad en el país y a nivel internacional.



*¡Muchas Gracias!*

## Lineamientos de la Gaceta NaturaLEEza

La Gaceta NaturaLEEza es una publicación cuatrimestral cuyo objetivo es difundir entre la comunidad universitaria y la sociedad en general información sobre la realidad ambiental actual, de una manera accesible, crítica y propositiva, así como sobre las propuestas y reflexiones que tengan como finalidad la protección y conservación del medio ambiente. Igualmente, busca promover y fortalecer la investigación y acción en educación ambiental, como medios para alcanzar la sustentabilidad, y contribuir al cumplimiento de la visión, misión y valores de la UG.

### I. Sobre los participantes

Podrán participar tanto miembros de la comunidad universitaria, como de la sociedad en general, con colaboraciones escritas en forma individual ó grupal, que podrán incluirse en las distintas secciones de la gaceta.

### II. Tipos de contribución y Extensión máxima

- Artículos de opinión. 6 cuartillas.
- Semblanzas o biografías de personajes sobresalientes y su aportación. 6 cuartillas.
- Ensayos o reseñas de libros, que incluyan comentarios y análisis. 8 cuartillas.
- Artículos de revisión bibliográfica. 8 cuartillas.
- Resultados y avances de investigaciones propias. 12 cuartillas.
- Contribuciones artísticas como: fotografía, pintura, poesía, cuento, etc., relacionadas con los objetivos de la Gaceta.

Todos los anteriores deberán ser trabajos originales e inéditos. En el caso de contribuciones anteriormente publicadas, deberá aclararse y contar con la autorización del medio de publicación previo. Deberán referirse a los temas de educación ambiental, crisis de la civilización, prevención de la contaminación, gestión ambiental, biodiversidad, crisis de la civilización, consumo responsable, compras verdes, cambio climático y todos los relacionados con el medio ambiente y la sustentabilidad.

### III. Secciones

- Abejas trabajando. Reseñas breves, incluyendo noticias, eventos o actividades, en su mayoría realizados en la UG.
- Para leer, Conocer y reflexionar. Participaciones en los diversos tipos de contribuciones.
- Los grandes temas de Guanajuato. Participaciones referentes a la problemática ambiental del estado, y las posibles soluciones.
- Praxis Universitaria. Respuesta de la comunidad universitaria ante los desafíos ambientales. Proyectos institucionales, personales y con participación de la sociedad civil.
- Charlando con. Entrevistas a personas destacadas en el ámbito del medio ambiente, en algunas ocasiones acompañadas de un recorrido documentado.
- ¿Sabías que...? Notas breves e interesantes, o datos curiosos sobre algún tema específico
- NaturArte. Expresiones de arte relacionadas con el medio ambiente y la Naturaleza; poesía, cuento, fotografía, pintura, entre otras.

### IV. Contenido

- Título. Deberá ser corto e informativo de acuerdo a lo expresado en el texto.
- Autores. Nombre y apellidos, centros de trabajo, dirección, teléfono y correo electrónico. Con el propósito de facilitar la comunicación, cuando son varios autores se deberá especificar el autor de contacto.
- Estructura. Las contribuciones que por su naturaleza lo permitan, deberán apegarse a la estructura de introducción, desarrollo y conclusión en el texto. En el caso de artículos de investigación, estos deberán contar además, con un resumen de 300 palabras como máximo y sus respectivas palabras clave.
- Formato. Las contribuciones deberán ser presentadas en formato Word con interlineado sencillo, en tipografía Times New Roman a 12

puntos. Los márgenes izquierdo, derecho, superior e inferior deberán ser de 2 cm.

- Figuras, tablas e imágenes. Si el artículo incluye figuras, tablas, fotografías, imágenes o esquemas, estos deberán tener títulos o pies de foto, y deberán ser enviadas en archivos separados, en formato JPG, e indicando sus posiciones en el texto.
- Citas, referencias bibliográficas y notas al pie de página. Todas las participaciones deberán apegarse al sistema de citas y referencias bibliográficas de la American Psychological Association (APA). Las notas al pie de página podrán ser utilizadas únicamente para aclarar o proporcionar información complementaria al texto.

Las referencias bibliográficas deben presentarse ordenadas alfabéticamente por el nombre del autor, o primer autor en caso de que sean varios.

Ejemplos:

- Libros. Carr, Wilfred y Kemmis, Steve (1988). Teoría crítica de la enseñanza: La investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona: Martínez Roca.
- Revistas. Molina García, Santiago (2003). Representaciones mentales del profesorado con respecto al fracaso escolar. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 17(1), 151-175.
- Recursos Digitales. Artículos en revistas académicas en internet: Cardona, Gabriel. (2002). Tendencias educativas para el siglo XXI. Educación virtual, online y @learning. Elementos para la discusión. En: Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 15. Mayo 2002. [Revista electrónica]. Recuperada el 15 de febrero de 2004. Disponible en: HTU [http://www.uib.es/depart/gte/edutec-e/revelec15/car.htm#\\_Toc519250757](http://www.uib.es/depart/gte/edutec-e/revelec15/car.htm#_Toc519250757) UTH
- Sitios web no académicos sin autor: DIRECTV. Questions & Answers (1997, octubre). Disponible en: HTU <http://www.directv.com/> UTH

### V. Modalidades de Entrega

Las contribuciones podrán ser enviadas de manera electrónica, a la Secretaría Técnica del Consejo Editorial, a la dirección de correo electrónico: [magdast@ugto.mx](mailto:magdast@ugto.mx) o bien, podrán ser entregadas en disco compacto o memoria USB, en las oficinas de la Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad, ubicadas en Calzada de Guadalupe S/N, Colonia Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Gto., Tel: (473) 732 00 06, Exts. 3029 y 3031

### VI. Consideraciones Generales

Las contribuciones son sometidas a un proceso de evaluación por dos revisores especializados en el tema externos, y los resultados al igual que las sugerencias de mejora son enviados al autor.

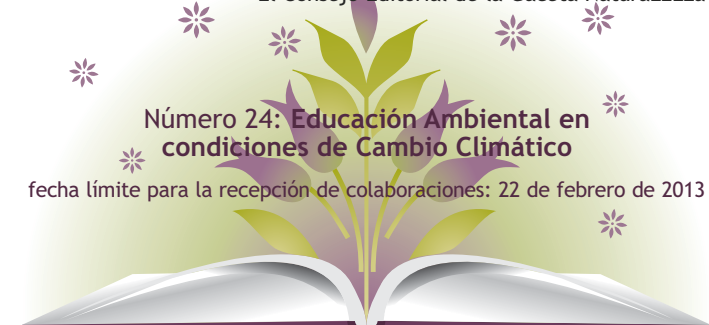
Los participantes autorizan a la Universidad de Guanajuato, a través de la Gaceta NaturaLEEza, el uso, reproducción y difusión de sus contribuciones en medios impresos y electrónicos, y los que el Consejo Editorial considere pertinentes. Así mismo, aceptan regirse por los Lineamientos para Publicación en la Gaceta NaturaLEEza.

Las colaboraciones recibidas después de la fecha de cierre de edición, y aceptadas para publicación, aparecerán en un número posterior de la Gaceta.

Los números previos de la Gaceta están accesibles en: [www.ugsustentable.ugto.mx](http://www.ugsustentable.ugto.mx)

Atentamente,

El Consejo Editorial de la Gaceta NaturaLEEza



Número 24: Educación Ambiental en condiciones de Cambio Climático  
fecha límite para la recepción de colaboraciones: 22 de febrero de 2013