



INFORME FINAL DE ACTIVIDADES

“VIDA SILVESTRE SIN FRONTERAS - MEXICO”

Alberto Contreras Arqueta

Miguel A. Cruz Nieto

Pronatura Noreste, A. C.

Loma Larga No. 235

Col. Loma Larga

64710 Monterrey, Nuevo León.

México.

Tel. (81) 83-45-10-45, Ext. 26,

Fax.(81) 83-45-45-59.

E-mail: acontrerasa@pronaturane.org

Título del proyecto:

"Control de la planta invasora *Arundo donax*, en Cuatro Ciénegas, un centro de gran biodiversidad de especies endémicas de flora y fauna de Norteamérica".

(Acuerdo: 98210-6G058)

Resumen ejecutivo

Se elaboró un diagnóstico sobre la distribución geográfica del carrizo gigante, *Arundo donax*, especie de maleza exótica, dentro del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila de abril 2006 a junio 2007, donde realizamos 14 visitas de campo para localizar las poblaciones del carrizo gigante y en cada sitio se obtuvo cuando era posible, la cobertura y la densidad. La cobertura total asciende a más de 5 ha de carrizo y una densidad promedio de 36 (23 – 54) plantas por metro cuadrado. En Febrero 2006, TNC proporcionó bajo donativo una Pocket PC de marca DELL, con una licencia de ArcPad y antena de GPS, para poder ubicar las poblaciones de *Arundo*, con la cual se elaboró un SIG y georreferenciar los sitios de ubicación, además de otras acciones del mismo proyecto. Se nos dio una capacitación para administrar y operar el equipo Pocket PC, y del programa WINS de TNC adaptado a ArcPad versión 6.0.3, en la Universidad de California en Davis, California. Se obtuvo un CD con más de 40 artículos diversos sobre *Arundo* con temas sobre ecología, genética, control, etc., proporcionado por el Dr. David Spencer. En octubre del 2006 se llevo a cabo el Taller de capacitación en identificación y métodos de control para 30 asistentes, originarios de Cuatro Ciénegas, con la participación del Dr. Mark Newhouser, especialista

en control de carrizo, de Sonoma Ecology Center de California, USA. Un segundo Taller se presentó en enero del 2007, que sirvió de recordatorio a 12 participantes del primer taller y para 8 nuevos integrantes. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Coahuila nos facilitó un helicóptero con la finalidad de realizar el primer sobrevuelo sobre el valle, y localizar las poblaciones de carrizo, en el cual se tomaron 642 fotos, y estudiar la factibilidad de usar el equipo Nikon para la fotografía aérea de alta resolución del valle. Finalmente el equipo se adaptó mejor a una avioneta tipo Cessna 182. Realizamos un vuelo el 18 y 19 de octubre de 7 horas para tomar 1,606 fotografías aéreas en el Valle de Cuatro Ciénegas; se elaboró un SIG con estas imágenes pero no se puede por el momento finalizar el mosaico con todas las fotos, ya que algunas no se encuentran con la mismas características para que sean empataadas una con la otra. Con el análisis de las fotografías (del vuelo en helicóptero y avioneta) se detectaron en mas de y los recorridos en campo, se han identificado 69 sitios con poblaciones de *Arundo donax*, con una superficie de mas de 4 ha, en su mayor parte el carrizo se distribuye en acequias dentro de la zona agrícola del valle. Entre las diversas técnicas de control propuestos por los especialistas se encuentran métodos mecánicos o físicos, químicos, a través de herbicidas (glifosfato), el biológico (utilizando insectos monófagos) y el misceláneo. Especialistas de la UNAM evaluaron el efecto de aplicaciones de herbicidas y no recomendó su uso en ambientes frágiles o en áreas aledañas al agua. El uso de herbicidas para el control de carrizo en el valle es controversial, y solo se ha realizará con fines de entrenamiento en las zonas agrícolas. Se imprimieron 5000 trípticos alusivos para el control del carrizo, así como 2000 pósteres, doble carta, para la campaña de control y erradicación, estos trípticos se repartieron en las casas dentro de los ejidos en el valle como San Juan, Cuatro Ciénegas, La vega, Venado, Antiguos Mineros del Norte, etc., así como en poblados y los ejidos próximos a este, como son Celemanía, Sacramento y Nadadores, etc. Los póster se pegaron en los diversos establecimientos como tiendas de abarrotes, gasolineras, escuelas, parques, hoteles, restaurantes, centro de visitantes de Cuatro Ciénegas, Casa de la Cultura, y dependencias municipales. Como un producto final se preparó un manual de operación para el control y erradicación del carrizo gigante como un protocolo para una iniciativa nacional sobre el control de esta maleza.

INTRODUCCIÓN.

Cuatro Ciénegas es excepcionalmente biodiverso en ecosistemas de agua dulce, comparable por su grado de endemismo con las “Islas Galápagos”. Aunque la hidrología del valle es pobremente entendida, es claro que el agua dulce juega un rol muy importante en su alto grado de endemismo en la región. Tan solo en el valle existen más 1,300 especies descritas: Existen 140 especies protegidas por las leyes mexicanas (NOM-059-SEMARNAT-2001) de las cuales 77 especies son endémicas al valle y por lo menos 50 especies de fauna acuática vulnerable (endémicas, raras, amenazadas o en peligro de extinción).

Los estromatolitos que se encuentran en algunas pozas representan asociaciones ancestrales de vida, que fueron la fuente de oxígeno que facilitó el desarrollo de vida en el planeta y su conservación es importante para entender la evolución de la vida y la oportunidad de estudios relacionados a crear atmósferas artificiales en otros planetas como Marte. El Valle de Cuatro Ciénegas alberga uno de muy pocos sitios en el mundo donde se encuentran estromatolitos vivos en agua dulce, y que tiene mayor diversidad de cualquier otro sitio y Cuatro Ciénegas es considerado como el sitio con mayor concentración de endemismos en toda Norte América y es sin duda uno de los humedales más singulares de toda la región Neártica.

En las últimas décadas, el Valle de Cuatro Ciénegas ha atraído la atención de muchos científicos y conservacionistas con especial interés en la conservación a largo plazo de esta región, es evidente que el carrizo gigante exótico *Arundo donax* en solo dos décadas se había convertido en una de las amenazas más importante sobre las especies y ecosistemas de agua dulce del Valle de Cuatro Ciénegas.

La introducción de especies invasoras es una de las amenazas con mayor impacto que enfrentan los ecosistemas y sus especies nativas, principalmente las especies endémicas y las amenazadas y en peligro de extinción. La introducción de éstas puede causar graves daños a los ecosistemas terrestres y acuáticos, provocando desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, cambios en la composición de especies y en la estructura trófica, pérdida de biodiversidad y reducción de la diversidad genética (CONABIO, programa de especies invasoras, 2006).

El carrizo gigante, *Arundo donax*, es una de las plantas invasoras de humedales más agresivas y difíciles de erradicar, se propaga fundamentalmente de manera asexual, principalmente por tallo y rizomas. En California la propagación vegetativa generalmente ocurre durante las lluvias de invierno, provocando el desplazamiento de las especies nativas (Khudamrongsawat y Holt, 2004), representando una fuerte amenaza para los ecosistemas, modificando la estructura y composición de especies en las zonas riparias, incrementando las posibilidades de incendios en esas zonas, disminuyendo la diversidad de las especies nativas de flora y fauna, desafortunadamente los métodos empleados para su control han sido poco eficiente y muy costosos (Bell, 1997).

En México esta especie se puede encontrar formando grandes poblaciones en humedales o bordeando cuerpos de agua, donde se sabe que a ocasionado problemas con la

agricultura y ganadería, más sin embargo es ampliamente utilizada por las comunidades mexicanas, utilizando el tallo y las hojas para la fabricación de flautas, cestos, canastas, chiquihuites, etc. El tallo también es empleado para construir cercas, jacales y techos; más frecuentemente se le da un uso decorativo en los jardines.

La lista de grupos biológicos representados en la fauna y flora nativa del Valle de Cuatro Ciénegas (Cuadro 1), y que muchas especies ahora están protegidas por la Leyes Mexicanas (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Cuadro 1. Lista del número de especies de grupos de flora y fauna, que tienen especies con alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Grupo	No de especies	Endémicas	En peligro de extinción	Amenazadas	Raras	Exóticas
Plantas	883	28	2	7	5	34
Escorpiones	19	5				
Crustáceos	27	6				1
Moluscos	27	13		7	1	3
Peces	19	13	5	4	6	4
Anfibios	9	2				1
Reptiles	67	10		14	6	2
Aves	170			6		2
Mamíferos	60		3	1	1	
Total	1,281	77	7	39	19	51

METAS Y OBJETIVOS

La iniciativa de este proyecto es capacitación y entrenamiento basada en métodos de control para la erradicación del carrizo gigante dentro del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Los objetivos son los siguientes:

1. Capacitación para conducir controles experimentales de carrizo.
2. Desarrollar un plan operativo de acción y costos, detallando procedimientos de aplicación y secuencia espacial, mecanismos para evitar re-infestación, y subsiguiente monitoreo.
3. Realizar una campaña de sensibilización pública con énfasis en el impacto ecológico y económico del carrizo gigante, exótico en la región de Cuatro Ciénegas.
4. Definir acciones de control del carrizo, en el Valle de Cuatro Ciénegas, después de que los experimentos han sido terminados.

Actividades realizadas:

1. Identificación del carrizo:

Gramínea perenne, con un tallo delgado, resistente, que puede medir de 2 hasta 6 m de altura, semejante al bambú, rizomas gruesos, nudosos, las plantas forman densas colonias. Hojas alargadas uniformemente esparcidas en dos hileras a lo largo del tallo, sin vellosidades. Laminas gruesas, planas, alargados, ásperos en los márgenes, las hojas mas grandes pueden tener una anchura de 4 a 7 cm. La inflorescencia es densa constricta, panícula de 25 a 60 cm de largo, con muchas flores. Espiguillas sobre todo con dos a cuatro flores, 10 - 15 milímetros de longitud, cortos, los empalmes sin vellosidades del eje central. Glumas delgadas, casi iguales, irregularmente con tres o más nervios. Lemma delgadas, con 3 a 5 nervios largos, vellosidades cortas sobre las venas. Las plantas producen semillas inviábiles de septiembre a noviembre, pero esto puede variar según la condiciones climáticas, ya que pueden empezar a florear en mayo (Figura 1).

Se tomaron fotografías de las diferentes partes de las plantas de las dos especies de carrizo (nativo y exótico) encontradas en el Valle de Cuatro Ciénegas, con la finalidad de contar con material que sirviera para identificar plenamente el carrizo exótico, durante sus diferentes etapas de desarrollo (Figura 2).



Figura 1. Carrizo gigante, *Arundo donax*: Planta, rizomas, florescencia, tallos con su hoja, nótese las ondulaciones características en la base de esta.

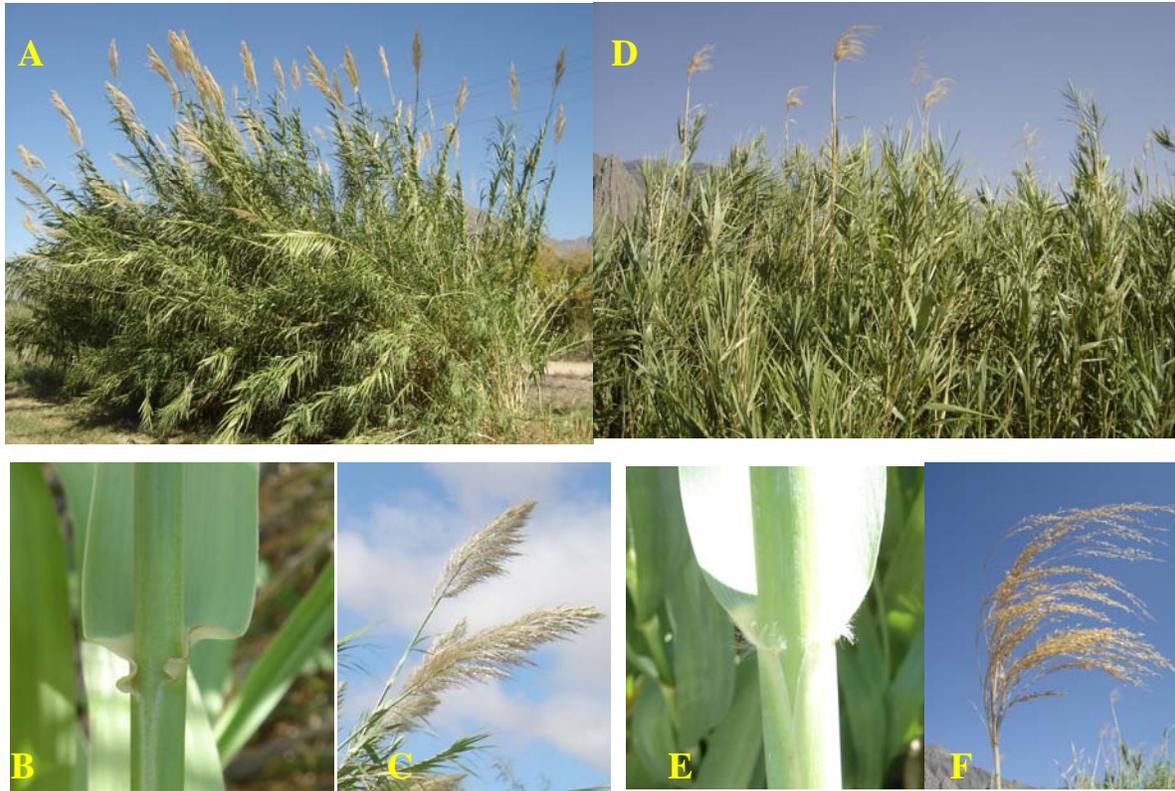


Figura 2. Carrizo gigante, *Arundo donax*: Diferencia entre *Arundo donax* y *Phragmites australis*: A) Cañas de carrizo gigante, B) Hoja de *Arundo*, mostrando las ondulaciones en la base de la hoja, C) Espiga de *Arundo*, D) Cañas de *Phragmites australis*, E) Hoja de *Phragmites*, mostrando la base lisa de la hoja, y F) Espiga de *Phragmites*.

2. Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva de marzo 2005 hasta la fecha, sobre la información del carrizo gigante, así como impactos que ocasiona y métodos de control. Todo esto es con la finalidad de buscar las mejores alternativas para utilizarlas en los humedales de Cuatro Ciénegas. La literatura base se proporciona al final del documento.

Entre los métodos y técnicas de Control (Cuadro 2) utilizados para el combate de malezas están los siguientes:

Cuadro. Clasificación de las técnicas o métodos para el control del carrizo gigante.

1	Físico o Mecánico	Fuego – Cualquier combustible flamable puede ser utilizado para iniciar el fuego (gasolina, aceite, alcohol, diesel, etc.). Poda – Con utilizan tijeras de podar, machetes o hasta motosierra sin son grande extinciones. “Trapping” o recubrimiento -
2	Biológico	El empleo de una especie, ya sea animal (como insectos, roedores, etc), hongos fitófagos, bacterias o virus, que afecta a la maleza.
3	Químico	Uso de herbicidas o productos químicos (venenos). En este caso es uso de Aquamaster o Rudo, herbicida recomendado por la Convención de Humedales (Ramsar).
4	Misceláneos	Es la combinación de dos o más técnicas de control (por ejemplo, usar la quema y recubrimiento; utilizar la poda, dobles de caña y algún herbicida, etc).

A continuación se describen brevemente la técnica de control, cada uno de ellos, así como su uso, precauciones, ventajas y desventajas.

Control Físico o Mecánico:

Fuego

El uso de fuego, que puede iniciarse con un poco de combustible (aceite, gasolina, alcohol y un cerillo) puede destruir la parte aérea de la planta (cañas y hojas) más no mata el rizoma (raíz), lo que provoca que el carrizo gigante, en algún momento, retoñe con más vigor y puede expandir su área de impacto. Es muy económico, pero no redituable, ya que seguiremos con el problema de la invasión. Se requiere el pago de mano de obra y el personal para prevenir que el fuego se salga de control y puede ser mitigado, así evitar daños a la flora y fauna de los alrededores. Para poder llevara a cabo este, existen reglamentos para el uso de fuego para áreas forestales. Se debe solicitar permisos, sobre todo si el área de impacto es grande.

Después de una semana de la quema, se observan cañas nuevas, con alturas de casi un metro, muy ramificadas y muy verdes (figuras 3, 4, y 5). Es en la etapa inicial cuando mas agua absorben del medio y la evapotranspiran.



Figura 3. Uso de fuego como medida de control, para el carrizo gigante.



Figura 4. El fuego solo mata las partes aéreas, dejando viva alguna parte del rizoma, lo que originan nuevamente los brotes de la planta.



Figura 5. Nuevas cañas creciendo en un sitio donde que utilizó el método de control con fuego, esta es el crecimiento de la caña en una semana (0.80 a 1.00 m).

Poda

La técnica de la poda (figura 6 y 9a) se lleva a cabo con tijeras de podar, de preferencia con capacidad de corte superior a los 4 cm; no es muy efectivo, ya que las pruebas que se hicieron mostraron que el carrizo gigante, tiene densidades de entre 23 y 54 plantas por metro cuadrado. Y al hacer la corta en algunos sitios (2 m² por sitio) y después de los 15 días, había mas de tallos de los cotados y ya tenían un crecimiento entre 3 y 81 cm, con un promedio de 39 cm. Se requiere de mano de obra y no controla al carrizo.

Recomendaciones para la poda: El corte debe de hacerse lo mas superficial posible, hasta un altura de 20 cm, como máximo, ya que ahí casi no hay hojas que hagan la fotosíntesis, lo que pude hacer que la planta muera. Sin embargo el corte debe hacerse recto no en diagonal, ya que al hacerlo de la segunda forma, puede ser perjudicial si la gente que trabaja en la poda puede resbalar y caer sobre estas estacas, pudiendo ocasionar lesiones graves y hasta la muerte.

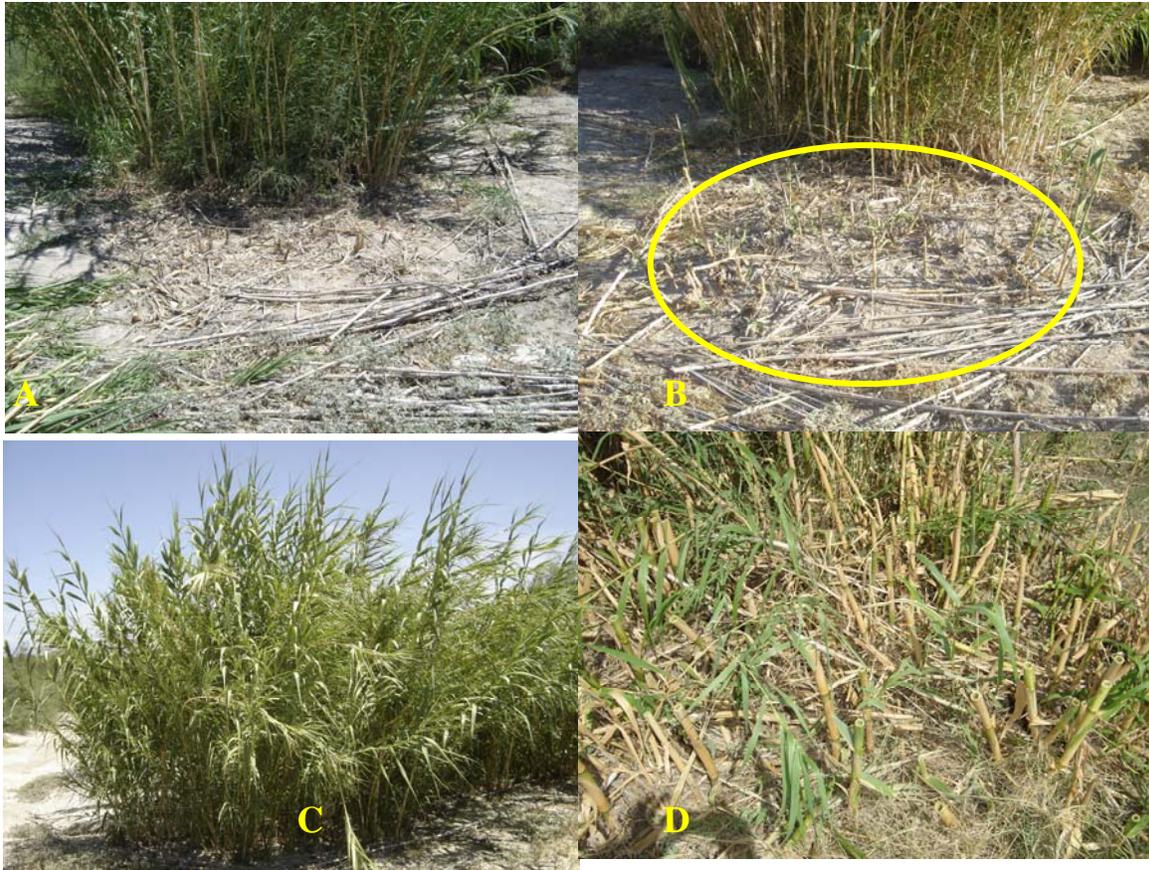


Figura 6. Uso de la técnica de control por poda. A) se cortó 2 m cuadrados en forma experimental. B) Hay crecimiento entre 30 y 80 cm de altura y con mayor cantidad de brotes con respecto al original, C) 3 meses después la vegetación esta nuevamente con la misma talla que el resto de la población, y D) Corte recto de la caña durante la poda.

“Trapping” o Recubrimiento.

El “trapping” o recubrimiento (Figura 7) es otro método físico-mecánico que consiste en cortar o doblar al carrizo gigante, lo mas superficial posible, para después cubriendo con una algún impermeable como lonas, plásticos u otro laminado, de color oscuro, y que no deje pasar la luz, para que con el tiempo, entre 2 a 4 meses muera todo lo que está abajo, se revisa cada 2 meses para ver el avance de la muerte de la planta. Esta técnica se recomienda para poderla utilizar en el Valle de Cuatro Ciénegas, para no dañar los cuerpos de agua con el uso de químicos. Esta técnica sale algo caro, entre 25 y 30 pesos por metro cuadrado, mas la mano de obra. Las ventajas es que no es dañino al ambiente, requiere de tiempo (2 a 4 meses); también se puede mezclar con otras técnicas como el fuego, y los herbicidas. La desventaja es que es costoso los materiales y puede ser acto de vandalismo, cuando se quede en sitios sin vigilancia, que pueden ser robados. Una vez instalados la lona y el plástico, los bordes se tapan con tierra para evitar que les entre agua, luz, etc., que puedan ayudar a la planta a seguir creciendo.



Figura 7. Técnica de “trapping” para el control del carrizo gigante. A) Corte, poda o dobles de las cañas; B) Cubriendo las cañas con plástico negro; C) tapando los bordes de la lona con tierra, D) Cubriendo los bordes con tierra y poniendo peso sobre la lona para evitar volarse con el viento E) los extremos de la lona se clavan con estacas y/o clavos, así como amarres con cuerdas la lona impermeable, y F) vista el recubrimiento finalizado.

Control Biológico:

El control biológico (Figura 8) actualmente no se lleva a cabo para esta maleza en México, sus pruebas son a nivel experimental en Estados Unidos y estamos colaborando con el Dr. John Goolsby del USDA (United State Agricultura Department) para conocer especies nativas europeas y africanas donde habita en forma natural el carrizo. Realizando una exploración en el Noreste de México para conocer la distribución, con recolección de insectos potenciales para este fin y con el Dr. Humberto Quiroz Martínez de la UANL para conocer especies nativas monófagas al carrizo gigante en México. Se visitó el Centro de Cuarentena para el control de especies de importancia económica, dependiente del USDA en Misión y en Weslaco, Tx. Una vez finalizadas las pruebas experimentales y analizados los resultados, se verán los pros y contras del uso de insectos, sobre todo que después de eliminar al carrizo gigante, que estos insectos no se pasen a alimentarse de otras especies nativas y que hagan otro daño o impacto. Ventaja por ahora es que el efecto del insecto es directo, no se han encontrado por el momento, afectación a otras especies, sin embargo requiere seguir con las investigaciones. La desventaja es que es caro el crecimiento masivo de estos insectos en cautiverio y las liberaciones deben hacerse por millones de ejemplares para ver resultados palpables a corto tiempo, todo depende de la extensión de la infestación.

Hasta el momento, el uso de control biológico se ha llevado a cabo en pruebas experimentales utilizando insectos en USAD – United State Agricultura Department, con especies herbívoras monófagas originarias de España (Figura 8).



Figura 8. A) Experimentos con insectos en la estación del USDA en Mision, TX, B y C) *Tetrameza romana* (Hymenoptera: Eurytomidae), larvas alimentándose de nuevos brotes; D) *Cryptonevra* sp. (Diptera: Chloropidae), larvas alimentándose de cañas; y E) *Rhizaspidiotus donacis* (Homoptera: Diaspidae), nimphas alimentándose de los rizomas (Proporcionada por el Dr. John Goolsby – USDA y fotos tomada por Dr. S. Pérez Moreno, Universidad de España).

Control Químico

El control químico – combinado con mecánico, técnicas utilizadas por el Sonoma Ecology Center a través del Dr. Mark Nuewouser. Para ello se utiliza el Aquamaster o Rodeo (producto mexicano) para el combate de esta especie exótica. Una muy buena alternativa es utilizar el control integrado, que es aplicar 2 o más técnicas simultáneamente (Figura 9), pero que tienen resultados similares en los mismos lapsos de tiempo, con mínimo daño al ambiente.

Entre los productos químicos se recomiendan el **RUDO**, ambos herbicidas están formulados con sal isopropilamina de N-(fósforo-metil) glicina (equivalente a 495 g de i.a. /lt.) y el **AQUAMASTER** (equivalente a 645 g de i.a. /lt.). Se recomienda el uso de guantes de hule, gorra, mascarilla, lentes, overoles desechables y botas ya que la sustancia es ligeramente tóxica (Figura 9). El herbicida se aplica con aspersores, habiendo diversos modelos y capacidades de almacenamiento en el mercado.



Figura 9. Herramientas y equipo utilizadas de protección y aspersión para el herbicida, como overol,, guantes de plástico, lentes, mascarilla, aspersor Kwazar.

Evite la contaminación en fuentes y depósitos de agua (arroyos, ríos, presas, abrevaderos) vertiendo plaguicidas en ellos o con el lavado del equipo de aplicación. Dispóngase los envases vacíos de acuerdo al reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de residuos peligrosos.

El Rudo es un herbicida no selectivo de amplio espectro, se aplica preferentemente cuando la planta de carrizo gigante empieza la floración (de mayo a noviembre), para que tenga una mayor efectividad.

Dosis: Se utiliza de 3 a 4 litros por hectárea o 1.25 a 4 litros por cada 100 litros de agua.

El herbicida actúa sobre el follaje de la maleza, traslocándose a toda la planta, afectando hasta sus raíces profundas. Después de la aplicación (1 a 2 semanas) se observa su efecto con clorosis, debilidad y marchites gradual hasta quedar totalmente seca (figura 11).

Procedimiento (Figura 10):

- 1) Se deben doblar las cañas de afuera hacia adentro del manchón de plantas, se recomienda evitar romper la caña, así como utilizar una herramienta tipo gancho, como la observada en las fotografías para alcanzar las plantas altas y lejanas a nosotros.
- 2) Una vez dobladas se las cañas, rociar con el herbicida (Aquamaster o Rudo) a 0.5 litros de la solución, con 3 ml de surfactante, aforados a 15 litros (es la capacidad del equipo Kwazar Neptune 15 utilizado).
- 3) Aplicar un rocío del herbicida uniforme a todo lo largo de la caña. Puede utilizar algún colorante como azul de metileno para saber cual área ya se le puso herbicida y que áreas no.



Figura 10. Técnica de aplicación de herbicida combinada con dobles de la caña, con equipo Kwazar Neptune 15. Obsérvese las cañas dobladas y las plantas secas a los 30 días de su aplicación.



Figura 11. Resultados de aplicación de herbicida en los sitios de muestreo, donde se observa la aplicación y las cañas secas.

Resultados observados en la aplicación de herbicida Rudo a 2 concentraciones, de 250 ml y 500 ml aforados a 15 litros de agua.

El carrizo gigante es una especie muy resistente, por lo que se tuvieron que hacer algunos experimentos para probar la eficiencia letal con el herbicida. Los sitios tratados con 250 ml de Rudo después de la aplicación empezaban a morir, pero solo las hojas, en raras ocasiones se veía la muerte de la planta, esta concentración se utilizó pensando en evitar en lo posible algún daño a los ecosistemas acuáticos, aunque estos tratamientos se realizaron en zonas agrícolas, donde no hay contacto directo con los mantos acuíferos que drenan las pozas. Al no ver efectos letales por el herbicida, se utilizó el doble de concentración equivalente a la dosis extrema alta, recomendada en el instructivo (500 ml aforados a 15 litros de agua) y fue aquí donde se observó la muerte de la planta, se presentan 4 sitios de aplicación con observaciones a los 30 y 60 días después de la aplicación (Figura 12).



Sitio A

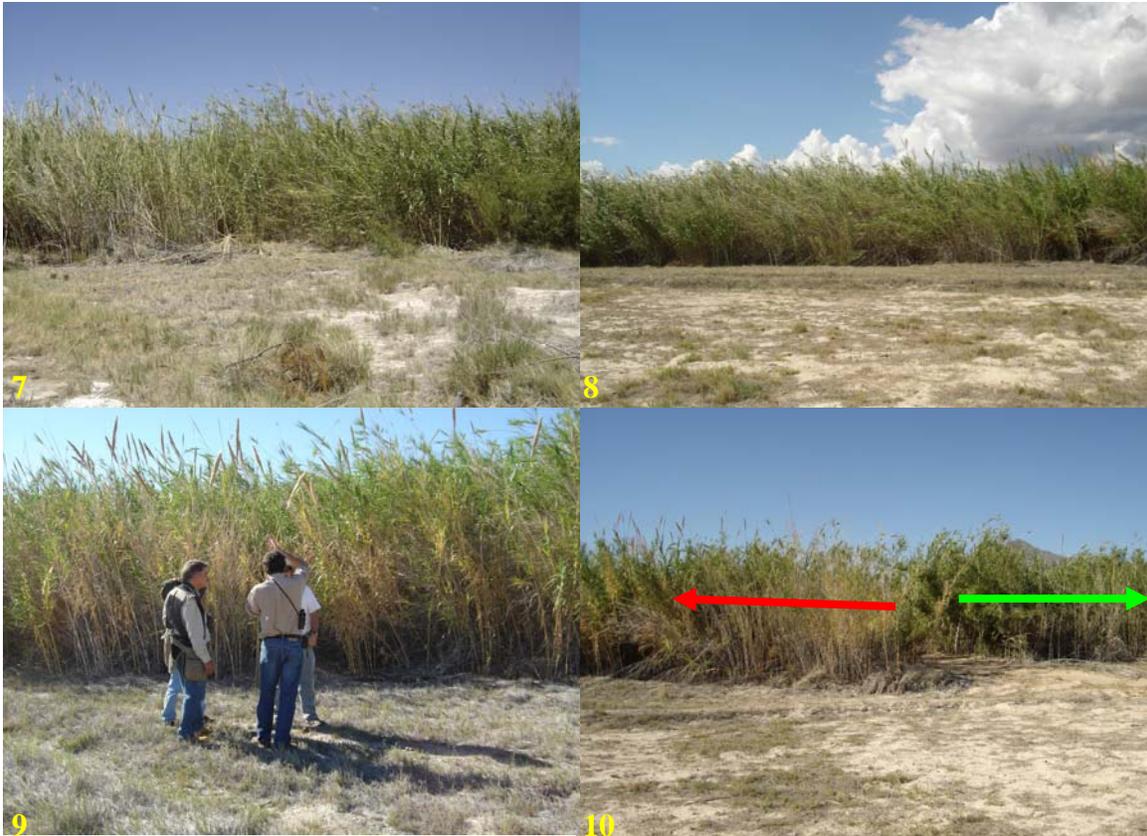
- 1) Carrizo gigante en su forma inicial.
- 2) 30 días después de la aplicación.
- 3) 60 días después de la aplicación se observa la clorosis en las hojas y tallos.



Sitio B

- 4) Carrizo gigante en su forma inicial.
- 5) 30 días después de la aplicación.
- 6) 60 días después de la aplicación se observa casi la totalidad de las cañas muertas.

Figura 12. Efecto del herbicida Rudo en los sitios experimentales y sus resultados a 30, y 60 días.



Sitio C

- 7) Carrizo gigante en su forma inicial.
- 8) 30 días después de la aplicación, se observa muerte de hojas, clorosis, pero las lluvias afectaron la aplicación de herbicida, por lo que se dio una segunda aplicación.
- 9) 15 días después de la segunda aplicación se observa la clorosis de las hojas.
- 10) 30 días después de la segunda aplicación se observan plantas muertas pero aun siguen vivas algunas. En esta zona la anchura de la franja de carrizo es de 7 – 10 m.



Sitio D

- 11) Carrizo gigante en su forma inicial.
- 12) 60 días después de la aplicación, se observa la muerte de hojas, y hasta de los rizomas (foto en recuadro).

Figura 12. Continuación.

3. En conjunto con la Universidad de Texas, se creó una página WEB con los registros de ecología, impactos, distribución del carrizo gigante, *Arundo donax*, en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila. El Equipo *Arundo* avala las diversas acciones que se emprendan tanto en los métodos de control utilizados como dar recomendaciones de experiencias llevadas en otros lugares.

(<http://desertfishes.org/cuatroc/organisms/non-native/arundo/Arundo.html>).

Se realizó la traducción de la página WEB y próximamente estará la liga en ambos idiomas, a cargo de Universidad de Texas quien subirá en su plataforma este, después de revisar la correcta traducción del mismo. Es por esto que no todo lo documentado sobre *Arundo* está en el presente informe, ya que parte está más detallado en la página WEB y en el Manual sobre control y erradicación del carrizo gigante.

4.- Se realizaron 14 visitas de campo para localizar poblaciones de *Arundo donax*, en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Actualmente se han detectado 69 poblaciones de carrizo, desde 2 m² hasta 5000 m², esto es gracias a las fotografías aéreas que se han tomado tanto en el helicóptero como con la avioneta. Todos estos registros son capturados en la BD con datos de ecología, densidad, altura de las plantas, fechas de floración, distribución, GPS, etc., para posteriormente elaborar un SIG, para elaborar el plan de acción sobre control. Se tomaron fotografías de todos los sitios donde se observó carrizo (Figura 13).



Figura 13. Diversas condiciones de las poblaciones de carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

5.- Se realizó un Taller de capacitación en el mes de octubre del año 2006, a cargo de la Dra. Mandy Tu de TNC, en la Universidad de California en Davis, California, USA, sobre el programa de WINS de TNC para el monitoreo de malezas, y con ellos poder capturar e formato digital los diversos tratamientos, aspectos de parámetros poblacionales y ecológicos; para la cual también se nos donó una Pocket PC marca DELL con antena de GPS, 1 Gb de memoria SD y una licencia del programa de GIS ArcPad versión 6.0.3.

Para la cual se adquirió un programa ER Mapper versión 7 y poder hacer las transformaciones de las imágenes o fotografías aéreas. Pero hemos tenido dificultad para poder realizar el mosaico de las fotos tomadas del Valle de Cuatro Ciénegas, además de que el ArcPad solo acepta imágenes tiff con un máximo de 50 megabytes en tamaño. El tamaño del SIG realizado con todas las fotografías aéreas son de 30 gigabytes en tamaño.

6.- Durante la visita a Davis, California, se visitó diversas Instituciones como Sonoma Ecology Center donde llevan estudios sobre ecología y control del carrizo gigante por el Dr. Mark Newhouser y se visitaron las áreas de impactos y revegetación. Así también se visitó al Dr. David Spencer de la Universidad de California en Davis, quien nos entregó un CD con más de 40 artículos sobre *Arundo donax*.

7.- Se llevo a cabo un Taller de capacitación teórico – práctico sobre control y erradicación del carrizo gigante (Figura 14), durante el 16 al 18 de octubre del 2006, a 30 asistentes de los ejidos de Cuatro Ciénegas y San Juan, quienes a través de un Programa de Proderes, se contrataran para el control de la maleza. Así mismo, al personal del área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas también fue capacitado para apoyarlo en la tarea de control. Estas mismas personas se les proporcionó otra capacitación sobre seguridad personal, así como actualizaciones en las técnicas de control y erradicación utilizables en el Valle de Cuatro Ciénegas para evitar impactos ecológicos con el uso de glifosfato (Rudo).

El primer día de la capacitación se uso agua sola, ya en la práctica, todo el grupo utilizó el equipo de seguridad y aplicando las diversas técnicas del método para control del carrizo.

El programa de actividades del Taller se presenta en el Cuadro 3. Se utilizó la misma temática y programa para el segundo Taller, efectuado en enero del 2007.

Reunión de trabajo del Equipo Arundo, del 16 al 20 de octubre del 2006.

- 1) Reunión de Trabajo del Equipo Arundo en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.
- 2) Taller de capacitación sobre Control y Erradicación del carrizo gigante *Arundo donax* en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Lista de Participantes:

Hernando Cabral	TNC	Ricardo Colin	UNAM
Alberto Contreras	PNE	Dean Hendrickon	U. Texas
Juan Carlos Ibarra F.	APFFCC	Arturo Lerma	PNE
Ignacio March	TNC	Mario Morales	PNE
Oscar Moctezuma	APFFCC	Mark Newhouser	Sonoma, E. C.

16 Octubre 2006

09:00 Salida del Apto de Monterrey a Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

12:00 Ver carrizales en el Cariño de la Montaña.

17:00 **Junta del Equipo Arundo** en la Sala de Juntas del Hotel Plaza.

Participación activa de todos los asistentes para proponer la estrategia de Control y erradicación del carrizo gigante, *Arundo donax* en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Puntos de vista de los expertos e investigadores. Pro-Contras del los usos de control químico, físico, biológico y el integral.

17 Octubre 2006

09:00 Taller de capacitación (Teórico - Práctico) sobre Control y Erradicación del carrizo gigante *Arundo donax* en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. 30 personas de las comunidades en el Valle de Cuatro Ciénegas se capacitarán para llevar a cabo esta etapa de control del carrizo gigante.

Contenido (Teoría):

Que es el carrizo gigante (*Arundo donax*).

Ecología del Carrizo gigante:

Distribución general, origen y en el Valle de Cuatro Ciénegas.

Impactos ecológicos que ocasiona el carrizo gigante.

Métodos de Control: Químico, Físico, Biológico y el integral.

Medidas de seguridad personal y del equipo.

Contenido (Práctico): Continuación del Taller de capacitación.

15:00 Recorrido por el Valle para ver poblaciones de *Arundo donax* y observar resultados preliminares donde se a efectuado aplicación del método químico, mecánico e integral.

18 Octubre 2006

09:00-17:00 Demostración y aplicación de control a cargo de Dr. Mark Newhouser, del SONOMA Ecology Center, California.

Plática sobre medidas de seguridad sobre equipo, materiales y sustancias utilizadas durante el control y erradicación de carrizo gigante.

Formación de equipos de 3 personas para usar equipo Kwazar sobre control de malezas.

20:00 Cena y Clausura del Taller de Capacitación en el Hotel Plaza.

19 Octubre 2006

09:00-13:00 Medidas de Control en las áreas agrícolas dentro en el Valle de Cuatro Ciénegas a cargo de Dr. Mark Newhouser.



Figura 14. Taller teórico - práctico con explicación de la técnica recomendada por los expertos en control de malezas, carrizo gigante, en California.

En el segundo Taller efectuado en enero del 2007 (Figura 15), se capacito a 8 nuevos miembros de los ejidos así como actualización a 12 asistentes al primer Taller. En esta etapa nos esforzamos mas en la aplicación de la técnica de “Trapping”, teniendo buenos resultados en la capacitación, con la cual se cubrieron en total de 180 m cuadrados en dos fases para observar los resultados.



Figura 15. Segundo Taller de capacitación efectuado en Enero del 2007, enfatizando la técnica de “trapping” y observando los resultados de la aplicación realizada en Octubre del 2006, durante el Primer Taller de Capacitación.

8.- Se realizó primero un sobre vuelo en Helicóptero (Figura 16) facilitado por el Gobierno del Estado de Coahuila, tomándose 642 fotos, utilizadas para localizar poblaciones del carrizo gigante. También quisimos ver la posibilidad si este helicóptero nos podría servir para la toma de fotografía aérea con el Equipo Nikon de la CONANP, resultado difícil la instalación, y el mismo movimiento de la nave nos evitaría tener buenas fotos.

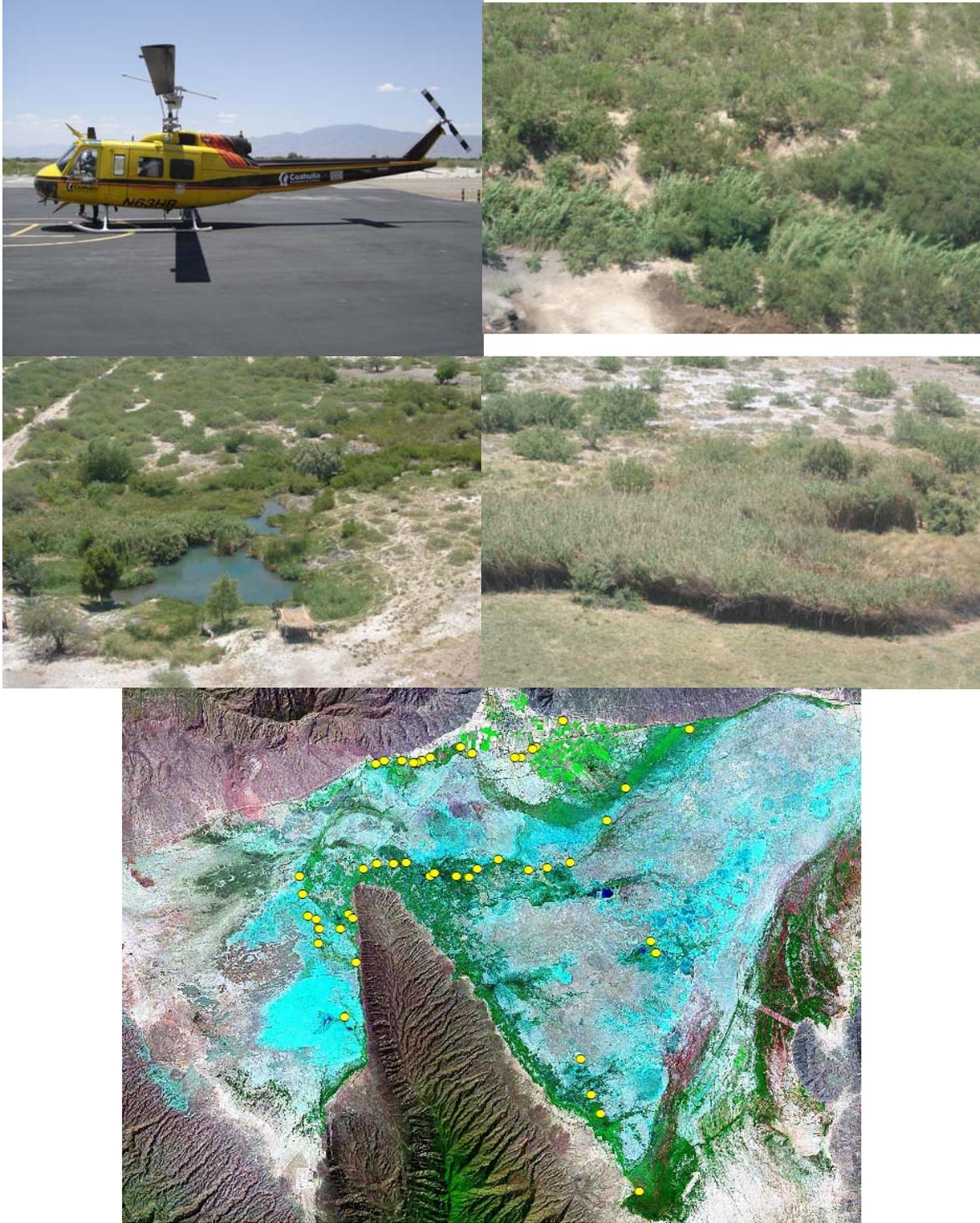


Figura 16. Plan de vuelo en Helicóptero para localizar poblaciones de carrizo gigante y sitios con carrizo.

9.- Se realizaron pruebas experimentales en campo para el control del carrizo gigante:

Usando control mecánico obtuvimos resultados pobres, no recomendamos este uso de control para el carrizo (Figura 17). Después de 15 días del tratamiento, las plantas crecieron con mayor vigor, teniendo de 3 a 81 cm de crecimiento, con promedio de 39 cm., y con más brotes por metro cuadrado. En 3 sitios se utilizó Rudo a 250 ml por 15 litros de agua y las observaciones es que dio resultados no muy efectivos, si había muerte, pero la planta aun permanecía viva y empezaba a brotar de nuevo. Cuando se utilizó 500 ml de Rudo en los 15 litros de agua, a los 15 días se observaron resultados positivos, mostrando plantas y áreas foliares muertas.

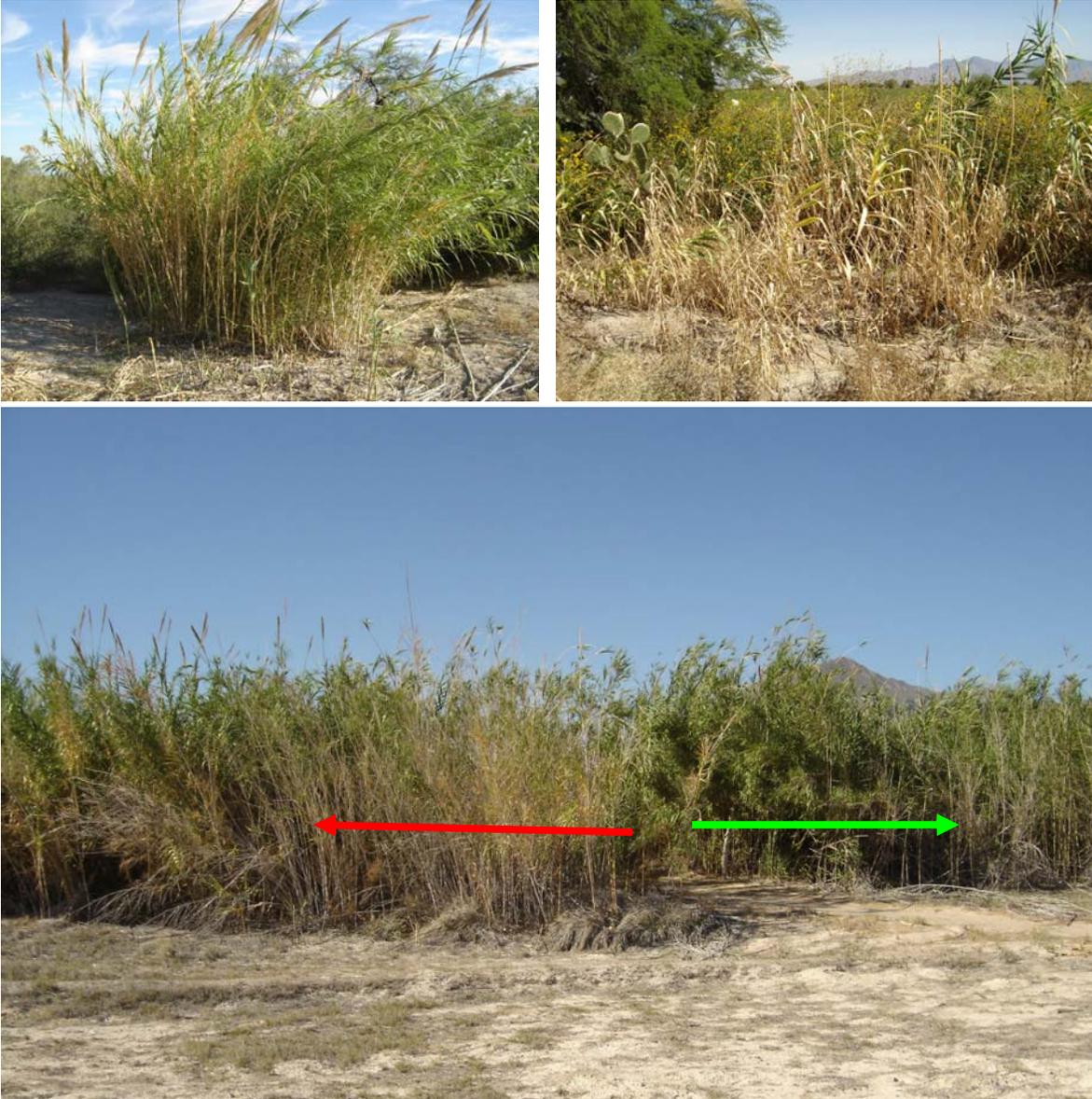


Figura 17. Indicaciones en la página posterior. (El color rojo indica área tratada con 500 ml de Rudo en 15 litros de agua), foto tomada 7 días después de la aplicación; se observa ya plantas muertas o áreas marchitas dentro de la planta. El color verde es sin tratamiento.

En el Instituto de Ecología, de la UNAM, a través de la Dra Valeria Souza, esta realizando ensayos sobre el efecto en las algas acuáticas, estromatolitos y plantas vasculares el efecto del glifosfato y ha encontrado que residuos de 1 ppm tiene efectos nocivos para las algas y estromatolitos.

10.- Se obtuvieron 7 equipos Kwazar 15, equipo de seguridad (lentes, guantes de plástico, overoles, mascarillas) y el herbicida requerido llamado Rudo. El Aquamaster ha sido difícil de conseguir pero ya estamos en contacto con el Fabricante en la Cd. de México para conseguir el Rodeo.

11.- Se realizó un sobre vuelo en Avioneta tipo Cessna 182, equipada con una cámara digital de alta resolución Nikon para la toma de fotografía aérea, facilitada por la CONANP de Cuernavaca y apoyado con la CONANP en Saltillo. 1,647 fotografías se tomaron y que se procesaron para hacer la georreferenciación y que puedan ser utilizados en los modelos de Sistema de Información Geográfica de ArcMap versión 9.1.

Las poblaciones de carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas, se distribuyen en la porción Este del valle y principalmente hacia el Norte, dentro y cercas del poblado de Cuatro Ciénegas y sus áreas agrícolas. Pocos sitios se encuentran directamente en el centro del valle y cercanas a los cuerpos de agua, como son los ríos, arroyos, pozas y humedales. Los registros más sureños se localizan en las comunidades ejidales, dentro de los predios particulares de ejidatario.

En la revisión de las fotografías aéreas (Cuadro 4, Figura 18 y 19), es fácil observar los manchones de carrizo gigante, pero a veces son muy pequeñas las áreas que se dificulta observarlas, ya que son parches de 2 ó 3 m cuadrados, que solamente bajo recorridos en vehículos o a pie se observarán.

Cuadro 4. Fotografías aéreas con presencia de carrizo gigante, *Arundo donax*.

FOTOGRAFIA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE DISTRIBUCIÓN
1	L10003	Carrizo gigante sobre el canal de irrigación.
2	L10004	Pequeñas áreas de carrizo se observan a lo largo del canal, con áreas entre 10 y 70 m cuadrados.
3	L10008	
4	L10041	
5	L110537	Se observa un carrizo, lo mas seguro es que sea <i>Phragmites</i> , pero puede estar las dos especies de carrizo mezcladas.
6	L20098	Parches de carrizo gigante a lo largo del canal de irrigación, es un área lineal de más de 2.5 km y de anchura entre 3 y 7 m. Es uno de los sitios de mayor distribución y anchura.
7	L20099	
8	L20100	
9	L20101	
10	L20102	
11	L20103	
12	L20104	
13	L30126	Se observan 2 parches de tamaño regulas, mas de 100 m cuadrados.
14	L30127	Se observa un parche de tamaño regular, similar a los anteriores y sobre un canal de irrigación.
15	L30147	Existen pequeños parches de carrizo sobre la acequia, que llevaba agua del arroyo que salía del Cañón de Ocampo.
16	L50239	2 parches de carrizo, uno de más de 200 m cuadrados y uno pequeño, de casi 15 m cuadrados.
17	L60254	Parches dispersos de carrizo gigante en El Anteojo. Un total 8 núcleos de carrizo en 14 parches.
18	L60255	
19	L60256	
20	L60267	Un pequeño parche de 21 m cuadrados de carrizo sobre un canal de riego secundario.
21	L70331	El canal de Don Julio, es unos de los sitios con mayor infestación con carrizo gigante, comprende más de 1.9 km y una anchura entre 6 y 12 m.
22	L70332	
23	L80372	
24	L80373	
25	L90442	Se observa carrizo gigante en forma intermitente, con 8 núcleos principales a lo largo de la acequia sin agua, con 1.3 km de largo y de anchura entre 5 y 10 m.
26	L90443	
27	L90444	



Figura 18. Vuelo en avioneta tipo Cessna 182. A) Avioneta, B) Equipo de fotografía, C) Caja con la cámara digital, D) Programando el software de captura de imagen con el GPS y con la cámara digital.

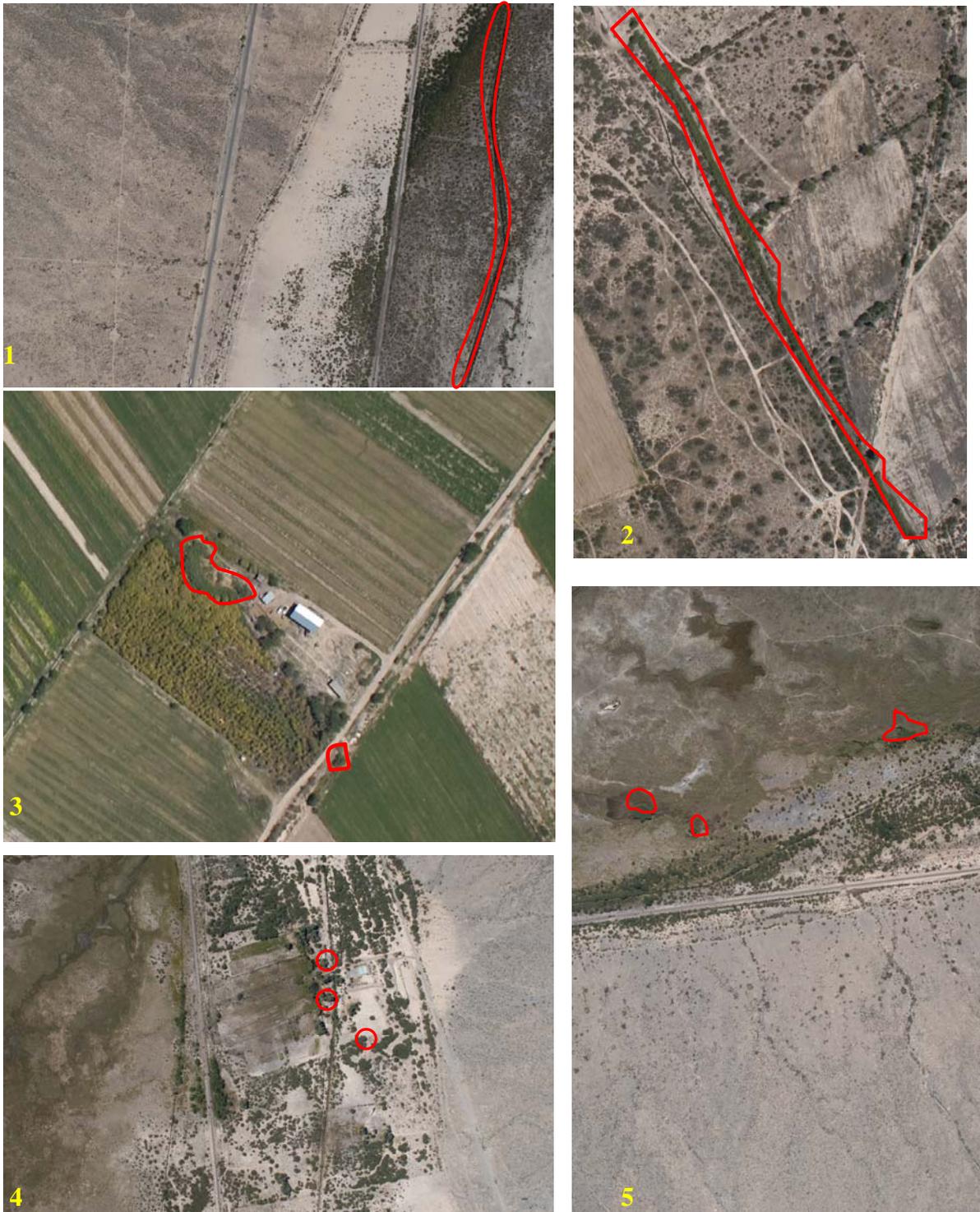


Figura 19. Fotografías aéreas del Valle de Cuatro Ciénegas tomadas con la avioneta tipo Cessna 182, donde se observan los parches y los canales de irrigación infestados con carrizo gigante. El color rojo indica las poblaciones de carrizo gigante en: 1) canal de irrigación, 2) canal de irrigación de Don Julio, 3) zonas agrícolas, 4) parches de carrizo en Los Antojos y 5) parches de carrizo cerca de Cuatro Ciénegas.

Trabajo realizado sobre las imágenes aéreas realizadas por la CONANP en la ANPFF Cuatro Ciéneas, Coahuila México, Octubre del 2006.

Información general que contienen las imágenes originales:

Cámara: Nikon D1X
Lente: 24 mm f 2.8
Fecha: 18-19 de Octubre del 2006
Formato: Nikon .nef (Raw 12-bit)
Tamaño: 3008 x 1960 (Color)
Longitud Focal: 24 mm
Exposición 1: Prioridad de disparador
Exposición 2: Multipatrón
Exposición 3: 1/1000 seg. f/ 6.7
Exposición 4: 0 EV
ASA: 125 ISO
Modo Color: I (sRGB)
Sistema de Coord: Grados minutos y segundos decimales
Altitud: metros

Información básica que se extrajo del material fotográfico original (no se aportó mayor información): Las imágenes están divididas en dos zonas con un total de 49 líneas y un total de 1606 tomas, con el formato de numeración: Sector Este, (27 líneas) (L1XXXX) y Oeste (22 líneas) (LWXXXXX).

Procesos realizados a las imágenes con el fin de evaluarlas y georeferenciarlas:

1. Captura y transformación de la coordenada especificada en cada imagen a grados decimales, Datum WGS 84.
2. Evaluación de las líneas de vuelo por medio de la representación de las coordenadas en Arcview 3.2a.
3. Re-orientación de todas las líneas, 90° E o 90° W según sentido de vuelo.
4. Transformación del formato original Nikon (.nef) de las imágenes a .tif (8-bit).
5. Graficado de la variación de alturas presente en las imágenes en 10 líneas seleccionada al azar.
6. Georeferenciación de las imágenes usando Arcview 3.2a y la coordenada centroide incluida.

Características de las imágenes transformadas .tif (8-bit):

Formato: Tagged image .tif

Tamaño: 3008 alto x 1960 ancho (RGB Color) 8 bits/Canal

254.6 mm alto (10 pulgadas) x 165.9 mm ancho (6.5 pulgadas)

Resolución: 300 dpi

Sistema Coord: Grados decimales

Datum: WGS 84

No. de Imágenes: 1606

Tamaño individual: ± 18 MB

Tamaño Total: ± 30 GB

Cobertura por imagen: 2.2 km por 1.2 km (2226.53 m por 1296.38 m.)

Tamaño de píxel: 0.000006651147320 de grado (73 cm.)

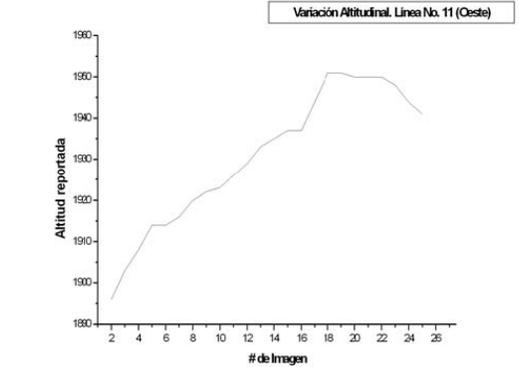
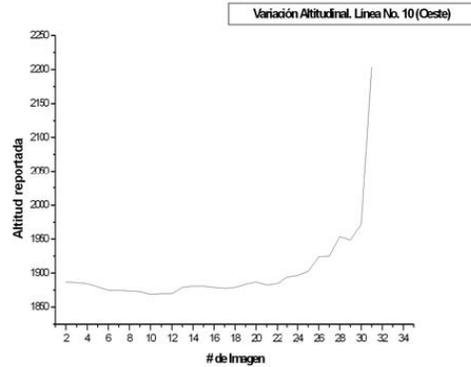
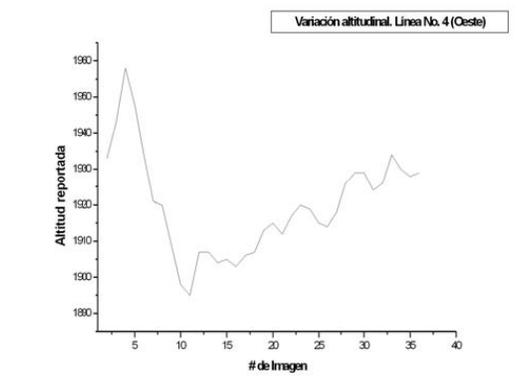
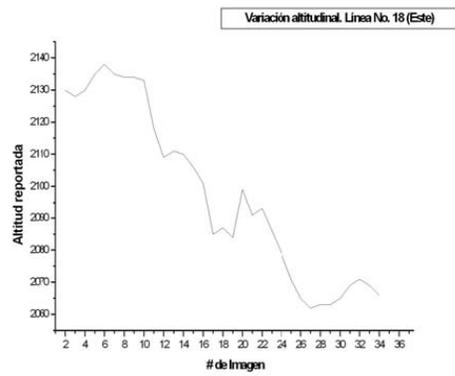
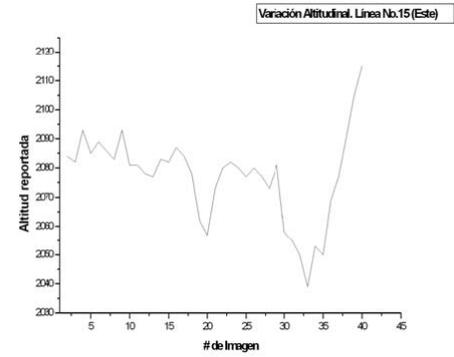
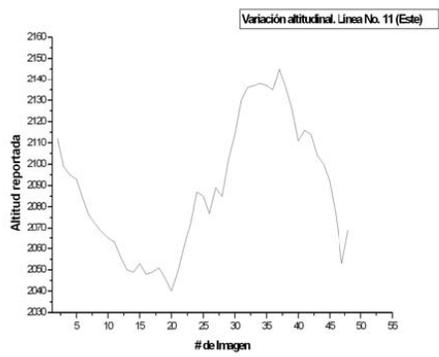
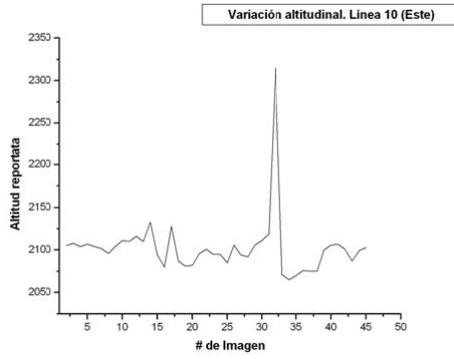
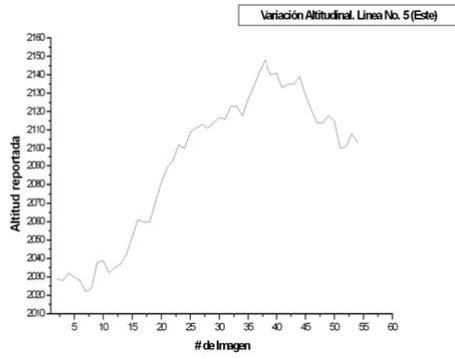
Precisión de Georef.: ± 100 m

Problemas encontrados en el material fotográfico:

- 1) El problema más grave fue la variación altitudinal distribuida a lo largo de todas las líneas de vuelo, pues imposibilita crear mosaicos en su estado actual y automáticamente hace necesaria la rectificación de todo el material. Se seleccionaron al azar con la ayuda del programa Random Number Generator Pro, cinco líneas de vuelo para cada zona y se graficaron las alturas registradas por imagen, así como algunos estadísticos para demostrar la situación (Figura 20).

Línea	No. Imágenes	Altura Mínima	Altura Máxima	Media	Rango	Desviación Estándar	Error Estándar
ZE L5	53	2022	2148	2091.26415	126	40.21631	5.52414
ZE L10	44	2065	2315	2102.54545	250	36.05194	5.43503
ZE L11	47	2040	2145	2088.19149	105	31.18712	4.54911
ZE L15	39	2039	2115	2077.17949	76	15.12209	2.42147
ZE L18	33	2062	2138	2097.57576	76	26.90148	4.68295
ZW L4	35	1895	1958	1919.88571	63	14.06868	2.37804
ZW L10	30	1869	2204	1902.73333	335	62.64896	11.43808
ZW L11	24	1896	1951	1930.91667	55	16.59994	3.38845
ZW L13	23	1896	1929	1912.47826	33	9.28767	1.93661
ZW L16	27	1878	1923	1899.48148	45	14.05585	2.70505

La coordenada reportada por cada una de las imágenes no concuerda con la de sistemas estándar como el Google Earth y el Servidor de Ortofotos del INEGI. Se muestran a continuación dos ejemplos (Figura 21 y 22).



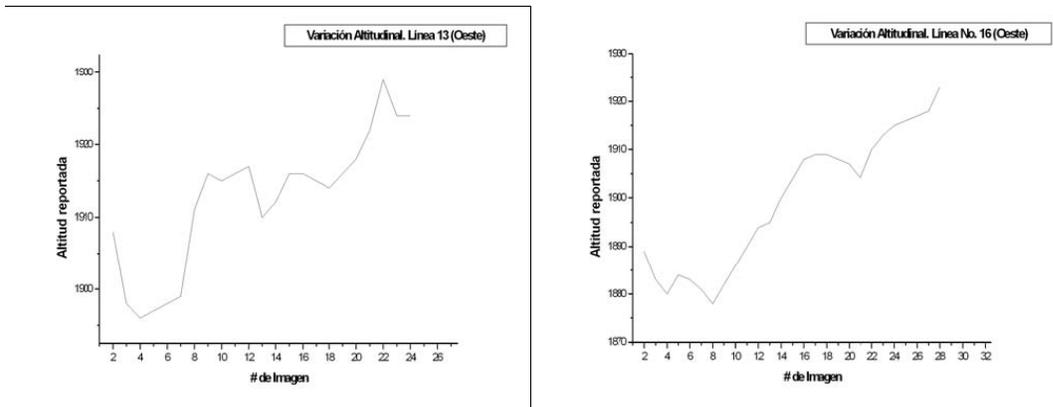


Figura 20. Problemas en las imágenes aéreas para elaborar el mosaico para el Valle de Cuatro Ciéngas, Coahuila, México.

Ejemplo 1.



Figura 21. Ejemplos de discordancia para poder conjuntar las imágenes en un mosaico.

Ejemplo 2.



Figura 22. Ejemplos de discordancia para poder conjuntar las imágenes en un mosaico.

3) La figura 23 presenta la cobertura total, los indicadores con letras (flechas) indican las líneas que presentaron problemas, que incluyen:

- A. Duplicación de coordenadas en imágenes consecutivas de una misma línea. (Línea no termina de presentarse, aunque las fotos si se encuentran físicamente).
- B. Pérdida de uniformidad de distancia de toma.
- C. Pérdida de imagen.
- D. Pérdida de línea recta de vuelo.

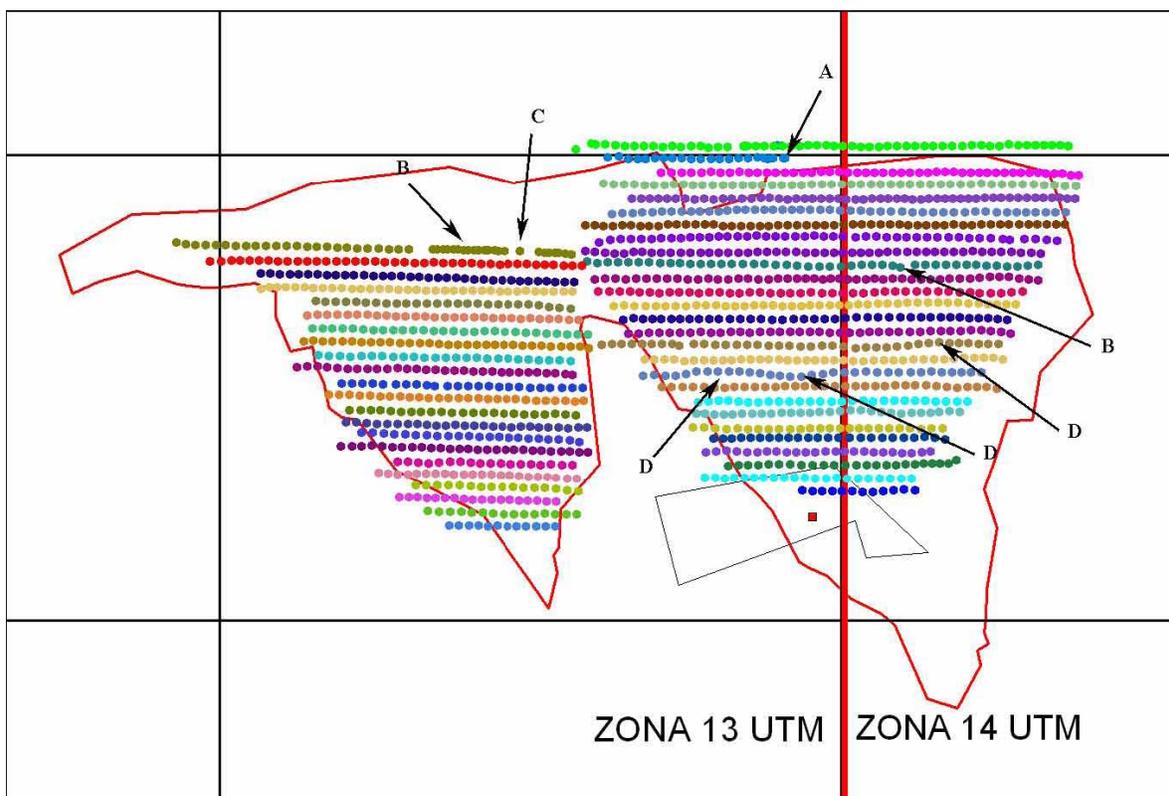


Figura 23. Mapa base sobre las imágenes y las letras indican sitios donde hay problemas y/o falta de información para poder establecer el mosaico.

Relación de líneas de vuelo por zona y número de imágenes:

Zona Este:

Zona Oeste:

Línea # de Imágenes

Línea # de imágenes

1	55
2	49
3	48
4	48
5	53
6	47
7	53
8	46
9	49
10	44
11	47
12	42
13	42
14	39
15	39
16	39
17	38
18	33
19	34
20	27
21	28
22	25
23	24
24	24
25	24

10	30
11	24
12	27
13	23
14	26
15	22
16	27
17	18
18	22
19	16
20	18
21	15
22	12
<hr/>	
Total 576	

TOTAL 1030

Total de imágenes en Zona Este y Oeste: 1606.

12.- Se elaboró un tríptico de divulgación sobre el impacto que ocasiona el carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas, con su respectivo póster.

Se imprimieron 5000 trípticos alusivos para el control del carrizo (Figura 24, cara 1 y cara 2), así como 2000 pósteres (Figura 25), doble carta, para la campaña de control y erradicación, estos trípticos se repartieron casa por casa dentro de los ejidos en el valle como San Juan, Cuatro Ciénegas, 6 de Enero, Nuevo Atalaya, San Lorenzo, San Vicente,

Santa Teresa de Sofía, La vega, Venado, Antiguos Mineros del Norte, etc., así como en poblados y los ejidos próximos a este, como son Celemanía, Polka, El Cariño de la Montaña, Sacramento, Nadadores, y San Buenaventura, etc.

Los póster se pegaron en los diversos establecimientos como tiendas de abarrotes, gasolineras, escuelas, parques, hoteles, restaurantes, centro de visitantes de Cuatro Ciénegas, Casa de la Cultura, y dependencias municipales.

Aunque este proyecto finalice, la campaña contra el control y erradicación del carrizo gigante continuará permanentemente debido a que es un área prioritaria para la conservación biológica. Dentro de la campaña, esta la de dar varias conferencia dentro del Congreso de Investigadores de Cuatro Ciénegas, así como a maestros y alumnos de los distintos planteles de educación básica, desde primaria hasta bachillerato. La difusión se dará también dentro de las distintas asambleas ejidales, para ello se irán programando de septiembre del 2007 a febrero del 2008.

Nuestros humedales albergan una increíble diversidad de flora y fauna, siendo la comunidad ecológica más rica y representativa del Area Natural Protegida. Numerosas especies de aves, peces, reptiles y anfibios que dependen de estos sitios riparios pueden declinar o desaparecer debido a la invasión de carrizo.

¿Qué está haciendo el ANP al respecto?
La Dirección del Area Natural Protegida en coordinación con The Nature Conservancy y PRONATURA Noreste A. C. están implementando una campaña de difusión y erradicación del Carrizo Gigante (*Arundo donax*), la cual pretende contribuir a la preservación de nuestros humedales, además de generar una conciencia sobre el uso eficiente del agua a través de programas y proyectos de control de esta planta.

¿Que debemos hacer?
No lo quemes, por que crecerá con mayor vigor.
No lo cortes, ni transportes por que ayudas a incrementar su distribución en el valle.
No apliques herbicida cuando el carrizo esté cerca de pozas y arroyos, evitando su contaminación y dañar los humedales, la flora y la fauna.

Avisanos para darte la asesoría con personal capacitado en su erradicación, así como facilitar insumos requeridos para control.

COMISIÓN NACIONAL DE
ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS
Dirección de Comunicación y Cultura
para la Conservación
Camino al Ajusco No. 200
3er piso Tlalpán,
Col. Jardines en la Montaña,
C.P. 14210, México, D.F.
Tels: 01 (55) 5449 7000
Área de Protección de Flora y Fauna
Cuatrociénegas
Escobedo 200 Pte.
Zona Centro, Cuatrociénegas,
Coahuila,
C.P. 27640
Tel.: 01 (869) 696 0687
Tel./Fax: 01 (869) 696 0299
BIENEGAR@CONANP.GOB.MX
BHCNCADA@CONANP.GOB.MX

Área de Protección de Flora y Fauna
CUATROCIÉNEGAS

pro natura
The Nature Conservancy
SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA NATURALES
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Área de Protección de Flora y Fauna
Cuatrociénegas
Coahuila, México.

CARRIZO GIGANTE
El carrizo gigante es un invasor en nuestros humedales, ladrón del agua que puede consumir una gran cantidad de este vital líquido.....

humedales

Área de Protección de Flora y Fauna
CUATROCIÉNEGAS

Figura 24. Tríptico de difusión sobre impacto y control del carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas (cara 1).

¿Cuál es el Carrizo Gigante?

Es una planta introducida a México por los españoles, la cual ha sido utilizada como material de construcción en los techos de las casas, en la fabricación de instrumentos musicales y artesanías. Su crecimiento es demasiado rápido, puede crecer hasta los 10 cm de altura en un solo día y alcanzar hasta los 4 m de alto en su madurez.



¿Dónde se le localiza?

Su presencia es característica de los lugares húmedos, ya sea a orillas de ríos, arroyos, lagunas y pozas.



Colonias de carrizo gigante (*Arundo donax*) en el Valle de Cuatro Ciénegas

En el ANP Cuatrociénegas se han localizado bordeando el Sacasalada, desde su inicio y compartiendo hábitat con el carrizo nativo hasta su salida del Valle, en el ejido San Juan Boquillas. Se han localizado otras poblaciones alrededor de algunas pozas, entre las cuales podemos mencionar la Poza "Las Tortugas", Poza "El Mojarra", "Poza Juan Santos" y Poza "El Hundido".

¿Por que el carrizo gigante es una amenaza para los humedales del Valle de Cuatrociénegas?

Dado su rápido crecimiento, el carrizo consume grandes cantidades de agua que el hombre, animales y plantas requieren para sobrevivir, además de ser una planta que se disemina fácilmente inclusive en áreas con mucha vegetación, compitiendo fuertemente con las plantas lugareñas, como el carrizo nativo (*Phragmites australis*), así como también invade las zonas agrícolas bajando su productividad.

Por otro lado, el carrizo es altamente inflamable aún cuando esta completamente verde, lo cual favorece la intensidad y frecuencia de los incendios poniendo en riesgo la integridad de los ecosistemas, instalaciones y cosechas. Después del incendio, esta planta rebrota muy rápidamente tan espeso como antes, que tiende a desplazar a las especies nativas que se encontraban compartiendo hábitat con ella, ya que posee una resistencia natural al fuego, lo que la convierte en una amenaza para nuestro ambiente.

Sus raíces poco profundas provocan desgaste en los márgenes de los ríos, además, las plantas que crecen en los cauces, forman barreras naturales que funcionan como contras para desviar el agua a otros sitios.



El carrizo gigante (*Arundo donax*) ha modificado el cauce del río

Figura 24. Continuación del Tríptico de difusión (cara 2).

CARRIZO GIGANTE

Arundo donax



EL LADRÓN DE AGUA ES UN PELIGRO PARA LOS ECOSISTEMAS FRÁGILES, LA FLORA Y LA FAUNA ENDÉMICA, PARA LA GENTE Y SUS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN EL VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS



**Reportanos los sitios donde observes al carrizo.
No intentes eliminarlo por que puedes ayudar
a su dispersión dentro del Valle.**



ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA
Y FAUNA DE CUATRO CIÉNEGAS.
Escobedo No. 200 Pte., Zona Centro
27640 Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.
Tel y Fax. 01 (869) 696-0299.
01(869) 696-0987

PRONATURA NORESTE, A.C.
Loma Larga No 235, Col. Loma Larga
64710 Monterrey, Nuevo León, México.
Tel 01 (81) 8345-1045.
Fax. 01(81) 8345-4559.

PATROCINADO POR: U. S. FISH & WILDLIFE SERVICE

THE NATURE CONSERVANCY
Corpus Christi No 2313, Col. Lomas de
San Francisco, 64710 Monterrey,
Nuevo León, México.
Tel 01 (81) 8343-0808.
Fax. 01(81) 1048-1470.

Figura 25. Póster alusivo a la campaña sobre el control y erradicación del carrizo gigante, en el Valle de Cuatro Ciénegas.

13.- Se elaboró un sistema de información geográfica con los 69 sitios de observación con poblaciones de carrizo gigante, *Arundo donax*, y en el gráfico se muestra la distribución actual (puntos verdes) y canales con partes en distribuidos en forma intermitente (en color azul), que tarde que temprano, podrá estar en todo el canal como se observa en el canal de Don Julio y en el canal de irrigación en Ejido San Juan (Figura 26).

Por el momento, no se ha observado en los humedales de la porción oeste del Valle de Cuatro Ciénegas, solo se encuentra el carrizo nativo, *Phragmites australis*.

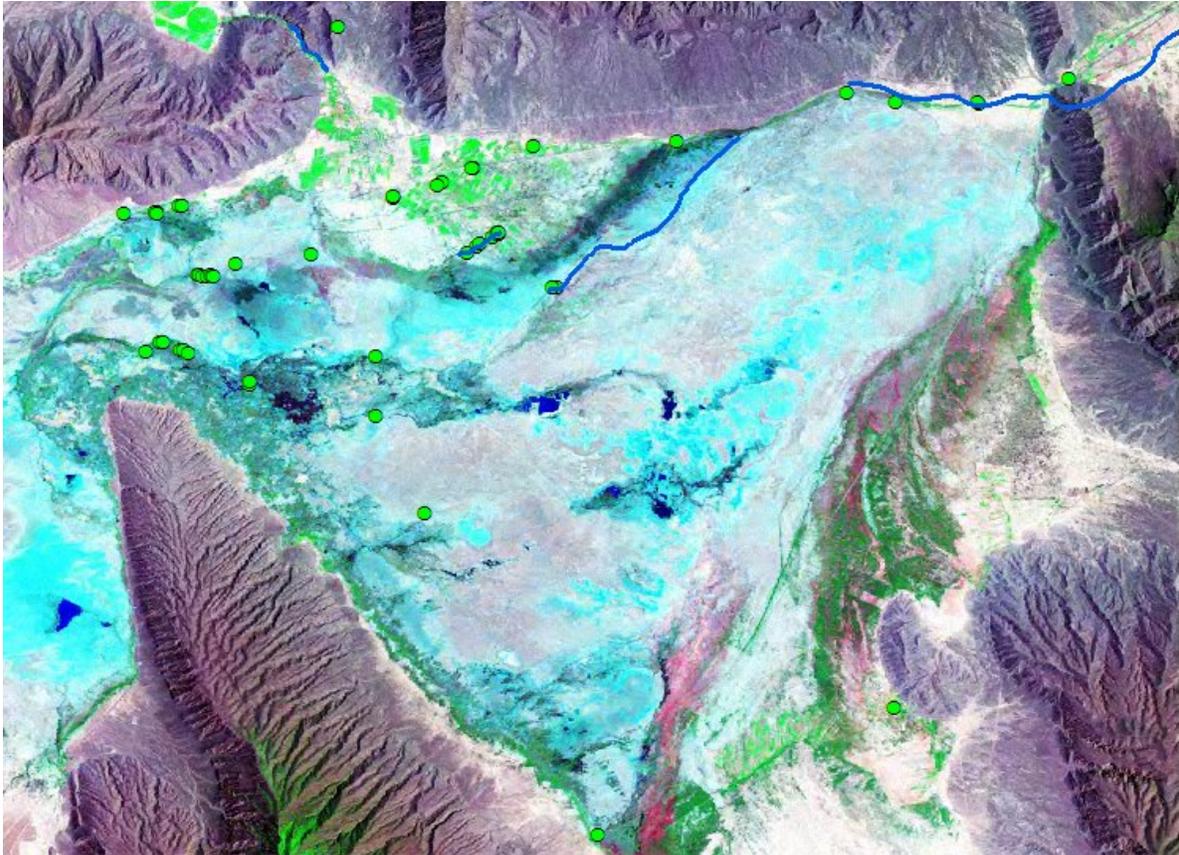


Figura 26. Distribución del carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Distribución del carrizo gigante, *Arundo donax*, en la República Mexicana.

Solo como un estudio general sobre la distribución del carrizo gigante en la República Mexicana, que cuenta con 31 estados y un Distrito Federal, solo Aguascalientes y Baja California Sur, aparentemente son los únicos Estados sin poblaciones de *Arundo donax* (Figura 27). En la siguiente figura XX se presenta la distribución del carrizo (círculos verdes), y se agregan registros no formales en Baja California, Campeche, Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas (círculos rojos) y a lo largo de Río San Juan, Río Rodríguez, Río Salado, entre otros que confluyen en el Río Bravo internacional (líneas azules).

Como recomendación, las acciones del control son permanentes, aun cuando este proyecto finalice, debido a que donde actualmente esta en el Estado de Coahuila, es una zona de alta prioridad para la conservación debido a que en el Vale de Cuatro Ciénegas existen muchas especies endémicas se encuentran amenazadas y en peligro de extinción.



Figura 27. Distribución del carrizo gigante en México. Los puntos verdes son ejemplares en herbario y los puntos rojos son localidades observadas.

14.- Se han llevado a cabo tres reuniones de trabajo para ver avances, procedimientos y nuevos sitios de observación de poblaciones de *Arundo donax* en el Valle de Cuatro Ciénegas, así como también, se esta interactuando con el Equipo de Arundo en Texas, liderado por el Dr. John Goolsby para elaborar propuestas de trabajo, avances en el estudio sobre control biológico y un Workshop en Weslaco el 23 y 24 de Octubre del 2006.

15.- Genética de Poblaciones y Clonalidad en *Arundo donax*: Alternativas para el Manejo del Carrizo Gigante en México.
(Pruebas experimentales a cargo de la Dra. Valeria Souza y el Biól. Ricardo Colin).

En este trabajo se pretende hacer un análisis genético de las poblaciones del carrizo gigante en México. Utilizando microsatélites nucleares y de cloroplasto, pretendemos evaluar los niveles de clonalidad que presenta esta especie, estimar los valores de la estructura y diversidad genética, así como obtener información sobre algunos aspectos de su biología reproductiva, con la finalidad de reconstruir su historia en México. Con estos datos podremos conocer la situación actual de *A. donax* en nuestro país y podremos evaluar los riesgos ecológicos, genéticos y estar en posibilidades de establecer alternativas sobre su control y manejo, estableciendo una mejor integración y cooperación entre sectores e instituciones para asegurar una mejor planificación estratégica, así como una mayor participación y compromiso de las partes interesadas.

En esta parte del estudio se pretende hacer un análisis genético de las poblaciones del carrizo gigante en la Republica Mexicana utilizando microsatélites nucleares (Tautz, 1989; Staub et al., 1996; Gupta y Varshney, 2000) y de cloroplasto (Provan et al., 2004) para evaluar los niveles de clonalidad que presenta esta especie, estimar los valores de la estructura, diversidad genética y la distribución de linajes, con la finalidad de reconstruir su historia evolutiva en México, así como realizar observaciones sobre su biología reproductiva. Con estos datos podremos conocer la situación actual de *A. donax* en nuestro país y podremos entenderlo como una especie invasora y poder diseñar proyectos regionales para su control y manejo, ya que usualmente es muy apreciado por muchas poblaciones locales en México, por lo que se puede: 1.- Reconstruir la historia evolutiva y de dispersión de *Arundo donax* en México. 2.- Conocer los niveles de clonalidad e identificar los patrones de distribución de los diferentes genotipos de las poblaciones estudiadas, 3.- Estimar la diversidad y estructura genética de sus poblaciones y 4.- Proponer alternativas para su control y manejo.

1.- Hasta el momento se han realizado extracciones de DNA de algunos individuos de las diferentes regiones que se tienen colectadas; basándonos en el método mini-prep (Doyle y Doyle, 1987) y utilizando hojas que han sido previamente almacenadas en un ultra-congelador REVCO (a -80° C), hemos obtenido resultados bastante alentadores, ya que se a podido optimizar esta técnica para obtener DNA de buena calidad.

2.- Los DNA obtenidos fueron corridos por medio de electroforesis en geles de agarosa al 1% y posteriormente se cuantificaron utilizando un biofotómetro, esto con el fin de poder evaluar la calidad y concentración del DNA extraído. Se hicieron diluciones de las muestras y estandarizamos las concentraciones a 20 nanogramos por microlitro, para posteriormente utilizarlas en pruebas de PCR (Polimerase Chain Reaction).

3.- Hemos llevado acabo una revisión bibliográfica para obtener información acerca de marcadores moleculares de núcleo y de cloroplasto (microsatélites).

4.- Se han realizados pruebas con seis primers (microsatellites) nucleares que fueron diseñados para *Phragmites australis* (Saltonstall, 2003). De esos seis primers se han podido

amplificar solo tres, los cuales son pagt13, pagt16 y pagt21.

5.- Actualmente nos encontramos en la fase de montaje y optimización de los microsateclites que hemos podido amplificar. Lo cual implica realizar curvas de magnesio y temperatura para obtener las condiciones ideales de PCR para cada primer.

6.- Lo anterior lo hemos llevado acabo para el primer pagt13, hemos amplificado un loci de aproximadamente 180 pares de bases; para corroborar que el loci amplificado corresponda al microsateclite, se secuenciaron tres individuos correspondientes a tres regiones distintas (Saltillo, San Luís Potosí y Michoacán), estas secuencias se sometieron a un blast en el GenBank para corroborar la secuencia del loci amplificado, observando que efectivamente corresponde a un microsateclite. Este mismo procedimiento se realizará para los otros dos primers.

7.- En los próximos meses procederemos a realizar pruebas con microsateclites de cloroplasto que han sido reportados recientemente para la familia Poaceae (Provan, et al., 2004).

16.- Report on the Proposed Use of AquaMaster in Cuatro Ciénegas, Coahuila, México as a Mechanism to Control *Arundo donax*.

Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

(Responsables del reporte: Drs. Luisa I Falcón, Luis E Eguiarte, Valeria Souza,

The synthetic compound glyphosate (N-phosphonomethylglycine) is the active ingredient in the herbicides Roundup™, Touchdown™ and AquaMaster. Glyphosate is a competitive inhibitor of the monomeric enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate (EPSP) synthase (EPSPs), one of two enzymes in the class of the enolpyruvyltransferases (Hollander & Amrhein, 1980; Steinrucken & Amrhein, 1980; Rubin, Gaines & Jensen, 1982). This class of enzymes shares a unique structure containing two globular domains composed of beta sheets and alpha helices, which form an inverse alpha/beta barrel. (Amrhein, et al. 1980). EPSP synthase is involved in the shikimate pathway, using phosphoenolpyruvate (PEP) to convert shikimate-3-phosphate (S3P) to 5-enolpyruvyl-3-shikimate phosphate (Fig. 1), a precursor to the majority of aromatic compounds produced in the cell, including the aromatic amino acids. The compounds produced in this pathway constitute as much as 35% or more of the dry mass of plants (Herrmann & Weaver, 1999; Schönbrunn et al., 2001).

Para ver esta película, debes disponer de QuickTime™ y de un descompresor TIFF (Uncompressed).

Figure 28. Conversion of shikimate-3-phosphate to 5-enolpyruvyl-3-shikimate phosphate by action of EPSP synthase.

Glyphosate acts as a transition-state analogue effectively shutting down the Shikimate pathway. Glyphosate is believed to be a good inhibitor since it resembles the transition state of the reaction (Fig. 29). Glyphosate deregulates feedback inhibition of the first enzyme in the pathway by a near-end product of the pathway and as a result, there is an unregulated flow of carbon that causes high levels of S3P to accumulate (Herrmann & Weaver, 1999).

Para ver esta película, debes disponer de QuickTime™ y de un descompresor TIFF (Uncompressed).

Figure 29. Structure of phosphoenol pyruvate (PEP) oxonium ion and glyphosate.

Glyphosate is the world's largest selling herbicide used in weed control programs (Monsanto, 1992). Its use has been justified by its relatively less harmful effect considering its low toxicity to animals, being the shikimic acid pathway exclusive of plants, fungi and bacteria (Herrmann & Weaver, 1999). The accompanying surfactants used with glyphosate, in order to prevent the formation of hydrophobic droplets that roll off surfaces, constitute the major environmental problem considering toxicity only. Surfactants (Surface Active Agents) are substances that will reduce the surface tension of water due to their molecular structure, which includes hydrophilic and hydrophobic components (Rubin, Gaines & Jensen, 1982).

AguaMaster is composed primarily of glyphosate (glyphosate acid 74%) and water, but is used with ammonium sulfate as surfactant at a concentration of 150 mM. In solution, the ammonia separates from the sulfate and constitutes an entry of reduced nitrogen to the system. Although glyphosate is not severely toxic it is extremely harmful to the environment since it is non-specific, thus killing non-target vegetation, bacteria and fungi.

Cuatro Ciénegas, Coahuila (CCC) is a site of megadiversity and high endemism of plants, animals and bacteria (Souza et al., 2006). A great diversity of bacteria have been identified in its pozas and streams using molecular methods based on the amplification of the *16S rDNA* region (Souza et al., 2006). Recent work (Falcon et al., *in revision*) has identified the role of cyanobacteria as major N₂ fixers in both microbial mats and stromatolites of CCC. N₂ fixing bacteria are key players in the environment since reduced forms of N limit biological growth (Capoen 1993). Further, Falcon et al (*in revision* 2006) show that cyanobacteria are major components of microbial consortia in CCC. Previous research has shown that cyanobacteria that produce scytonemin will be less resistant to UV radiation when treated with glyphosate (Sinha et al., 2003). Some of the cyanobacteria identified in CCC (e.g. *Calothrix* spp) have mucilage sheaths and UV protecting pigments (e.g. scytonemin) that allow the establishment of microbial consortia (Sheridan, 2001). Further, the microbial communities of CCC are believed to be at the base of the trophic web with cyanobacteria as the primary producers, where algae are not very abundant due to the strong limitation of P present in waters of CCC (Souza et al., 2006).

In order to test if microbial communities (stromatolites) from CCC would be affected by glyphosate, we carried out a series of experiments that are described in the following section.

Experimental design.

Sampling of stromatolites associated with *Arundo* plants took place in fall of 2005 in the region of Saca Salada in Rio Mezquites in Cuatro Ciénegas. Samples (~1 g) were treated with different concentrations of glyphosate (AquaMaster) with the recommended proportion of ammonium sulfate were incubated at 29 °C in a diurnal cycle of 12:12 h light: dark.

Glyphosate concentrations:

1. 10mL/L
2. 1mL
3. 0.1mL/L
4. 0.01mL/L
5. 0.001mL/L
6. control (filtered water)
7. control

The experiment was ended after one month by freezing the samples at –80 C.

Microscopy. Samples for each treatment were observed under the microscope using an Axioskop 40-Zeiss microscope under both direct light and with blue and green fluorescence.

Molecular analysis. DNA was extracted following a modified version of the protocol of Zhou (1996). Extraction buffer (100 mM TrisHCl, 1.5 M NaCl, 100 mM EDTA, 100 mM NaPhosphate, 1 % CTAB) was added to previously pulverized stromatolite samples, which were frozen and thawed to 65 C three times. Samples were then incubated with 300 µl lisozyme (30 mg/ml of 17000 µ/mg) for 30 min at 37 C. We added 100 µl proteinase K (10 mg/ml) and 1.5 ml SDS (20%) and left at 50 C over night. Samples were centrifuged at 6000rpm x 10 min and supernatant was collected. Samples were cleaned as many times as necessary with phenol: chloroform: isoamylalcohol (25:24:1) and supernatant was collected after centrifugation at 11,500rpm x 10 min. DNA was precipitated with 0.6 volume of isopropanol and 0.1 volume of sodium acetate 3M. DNA was further cleaned with ethanol and was finally diluted in water. A conserved region of ribosomal DNA (*16S rDNA*) was PCR amplified using the following protocol: 5 µl 10X buffer, 3.3 µl MgCl₂, 4 µl dNTP mix, 1.5 µl each primer (F and R), 29.75 µl H₂O, 0.2 µl Taq, 1.25 µl BSA, 2.5 µl DMSO.

In order to verify for false negative results, we proceeded to re-extract DNA with a series of modifications to the protocol, which included addition of incubation times, lisozyme and proteinase K, as well as re-extraction of pellets. We also followed the protocol of MoBio for DNA extraction from Soils, followed by phenol: chloroform cleanups. DNA was observed in agarose gels to help identify its quality. In case we obtained DNA that would not PCR-amplify we carried out serial dilutions (e.g. 1:1, 1:1-, 1:50), MgCl₂ curves (0-4 mM) and addition of BSA and DMSO (5%).

Results.

Microbial consortia in the stromatolites tested had a clear composition of both unicellular and filamentous cyanobacteria. We observed that cyanobacteria died after addition of glyphosate disregarding the concentration used (Fig. 30). Our microscope observations were consistent with the above (Fig. 31a and b).

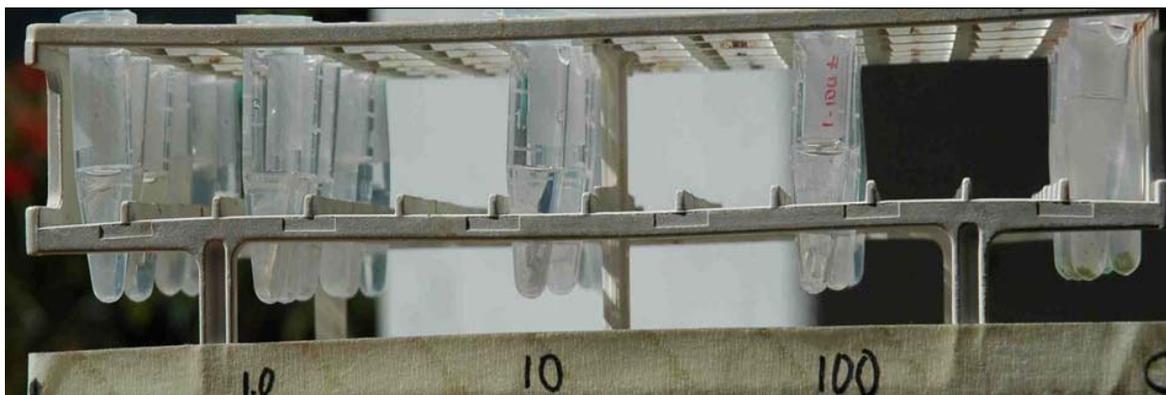


Figure 30. Experiment comparing growth of control (no glyphosate) vs glyphosate-treated samples (0.1-100% glyphosate). Observe the blue-green material in the control vs the murky-white matter in the treatments.

Discussion.

The results presented in this report are preliminary but they consistently show the same trend of negative effect exerted by glyphosate over cyanobacterial-based microbial consortia from CCC. Glyphosate affects a critical metabolic pathway that is present not only in cyanobacteria but in plants and fungi, which are basic components of ecosystems. We observed with microscopy a negative effect over specific components of the community (cyanobacteria) and the degraded DNA of stromatolites after treatment with glyphosate further shows that this chemical is also affecting growth, and thus survival, of other bacteria present in stromatolites even after 3 months of application. Another concern of the potential use of glyphosate in this system is the liberation of phosphorous (P), which would facilitate the growth of competitive primary producers, which could change the community structure by out-competing cyanobacteria and allowing the establishment of algae. Our data shows that glyphosate would harm microbial communities in CCC irreversibly since it is not target-specific, thus by trying to eliminate *Arundo donax* from the valley we would be affecting the entire ecosystem. If cyanobacteria are eliminated from CCC the organisms that are at the base of the trophic web via fixation of C and N would disappear. Previous studies have warned against the use of glyphosate in the environment. We cannot allow the use of an herbicide that will destroy the habitat of vertebrates, invertebrates, and that will affect the growth of bacteria.

We therefore strongly propose not to use glyphosate in CCC since it destroys whole ecosystems and we suggest for more *in depth* studies of the distribution of *Arundo* vs *Phragmites* that will allow for directed measures of control.

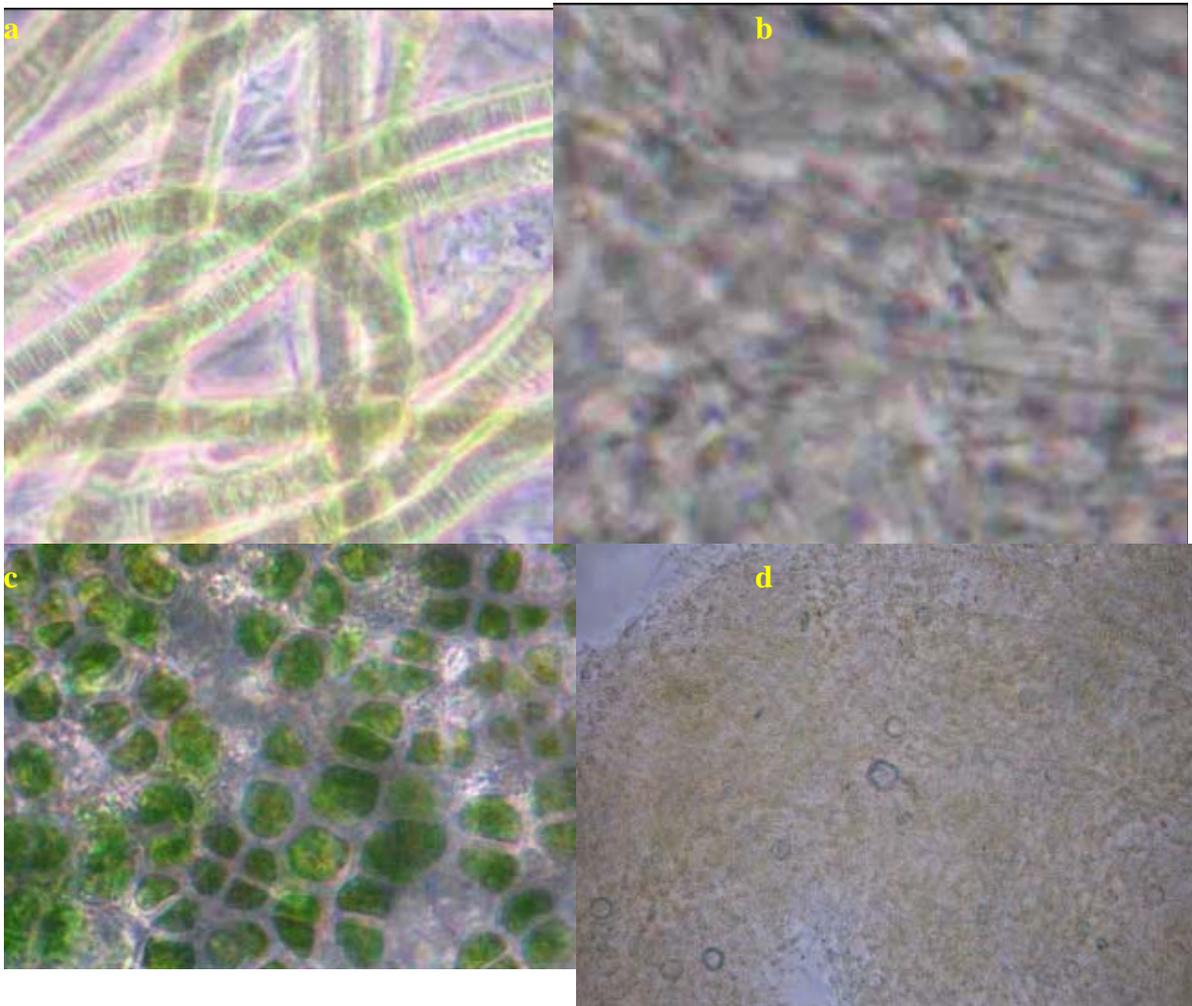


Figure 31. Microscope observations (40x) of filamentous (upper) and unicellular (lower) cyanobacteria treated with glyphosate (b, d) and their controls (a, c).

Further, our DNA analysis showed that stromatolite samples treated with glyphosate produced fragmented DNA that could not be amplified (Fig. 32).

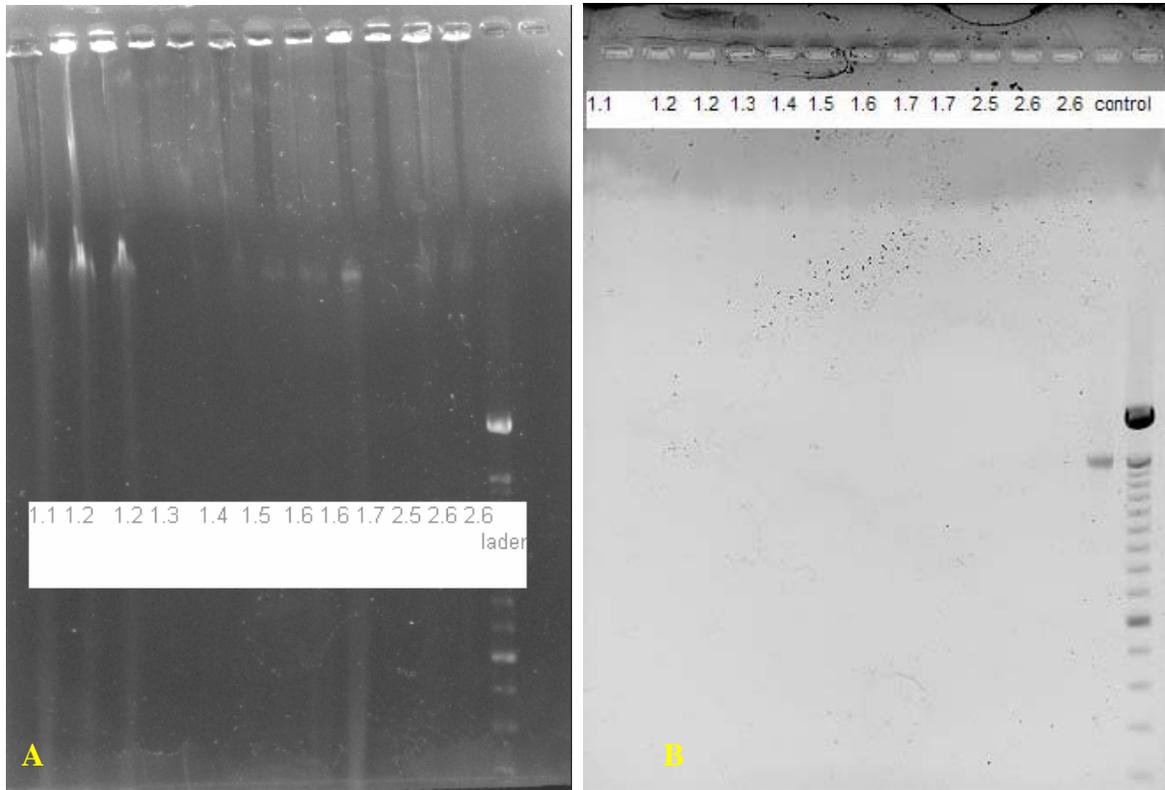


Figure 32. Extracted DNA (a) and PCR amplification (b) from samples treated with glyphosate and control at time 0 before application, The treated samples correspond to 2 times series after careful exposure of *Arundo* to glyphosphate at recommended dosis and applied by hand with a brush, 1 is after 3 weeks of application (November 2005), 2 is 3 months after application (February, 2006).



Figure 33. Experimental site and application of glyphosate

References

- Amrhein N, Deus B, Gehrke P, Steinrucken HC 1980 The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. II. Interference of glyphosate with chorismate formation *in vivo* and *in vitro*. *Plant Physiol.* 66: 830-834.
- Capone D.G., 1993. Determination of nitrogenase activity in aquatic samples using the acetylene reduction procedure. In: Kemp P.F., B.F. Sherr, E.B. Sherr and J.J. Cole (eds.) *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. Lewis Press, Boca Raton, FL, p 621-631.
- Falcón, LI., Cerritos R., Eguiarte LE., Souza V. (*in revision, Microbial Ecology*). Nitrogen Fixation in Microbial Mat and Stromatolite Consortia from Cuatro Ciénegas, Mexico.
- Herrmann KM, Weaver LM. 1999. The shikimate pathway. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 50:473-503.
- Hollander H, Amrhein N 1980 The site of action of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. I. Inhibition by glyphosate of phenylpropanoid synthesis in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant Physiol.* 66: 823-829.
- Monsanto advertising supplement. 1992. *Farmers Weekly*, 5 June.
- Rubin JL, Gaines CG, Jensen RA 1982 Enzymological basis for herbicidal action of glyphosate. *Plant Physiol.* 70: 833-839.
- Schönbrunn, E, S. Eschenburg, W.A. Shuttleworth, J.V. Schloss, N. Amrhein, J.N. S. Evans and W. Kabsch. 2001. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail *Proc Natl Acad Sci U S A.* 98(4): 1376–1380.
- Sinha RP, Ambasht NK, Sinha JP, Hader DP. 2003. Wavelength-dependent induction of a mycosporine-like amino acid in a rice-field cyanobacterium, *Nostoc commune*: role of inhibitors and salt stress. *Photochem Photobiol Sci.* Feb. 2 (2): 171-6.
- Sheridan RP. 2001. Role of ultraviolet radiation in maintaining the three dimensional structure of a cyanobacterial mat community and facilitating nitrogen fixation. *J. Phycol* 37: 731-737.
- Steinrucken HC, Amrhein N 1980 The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl-shikimic acid-3-phosphate synthase. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 94: 1207-1212.
- Souza et al. 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *PNAS* 103: 6545-6570.
- Zhou J, Bruns MA, Tiedje JM. 1996. DNA recovery from soils of diverse composition. *Appl Environ Microb* 62: 316-322.

Créditos y Agradecimientos.

Primeramente agradecemos al U. S. Fish & Wildlife, sección “Vida Silvestre sin Fronteras” por el apoyo financiero para operar este proyecto sobre el control del carrizo gigante en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Agradecemos también a cada una de las siguientes personas, que sin su apoyo, ya sea por las enseñanzas y experiencias en el control y ecología del carrizo gigante, material bibliográfico, revisión y crítica a los avances del proyecto, etc., por el apoyo en la logística de los Talleres impartidos, hicieron posible realizar este documento. Así como el apoyo en la toma de imágenes de fotografía en el helicóptero (Patrocinado por el Gobierno del Estado de Coahuila y en la avioneta tipo Cessna 182.

- Dr. Mark Newhouser – Sonoma Ecology Center, Sonoma, California.
- Dr. David Spancer – University of California in Davis, Davis, California.
- Dr. John Goolsby – United State of Department of Agriculture, Weslaco, Tx.
- Dr. Dean Hendrickson – Texas Universidad at Austin, Tx.
- Dra. Valeria Souza – Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dra. Luisa I. Falcón – Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dr. Luis E. Eguiarte – Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ing. Jorge Carranza – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).
- Biól. Oscar Jiménez – Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas (CONANP).
- M. en C. Juan Carlos Ibarra – Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas (CONANP).
- Benjamín Horacio Hornelas - Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas (CONANP).
- Biól. Hidalgo Rodríguez Vela – Laboratorio de Paleontología, F.C.B./U.A.N.L.
- Dr. Ignacio Marsh – The Nature Conservancy, México, D.F.
- Biól. Hernando Cabral – The Nature Conservancy, Nuevo León, México.
- Dra. Mandy Tu – The Nature Conservancy.
- Dr. Héctor Franco López, SEMARNAT, Gobierno del Estado de Coahuila.
- Biól. Ricardo Colín Núñez – Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

LITERATURA CONSULTADA

- Anónimo. 2005. Giant reed (*Arundo donax* L) network improvement of productivity and biomass quality, biomatnet.org - Biological Materials for Non-Food Products; BioMatNet c/o CPL Press, Liberty House, The Enterprise Centre, New Greenham Park, Newbury, Berks RG19 6HW, UK. Tel: +44 1635 817408, Fax: +44 1635 817409. Available from <http://www.biomatnet.org/secure/Fair/F666.htm> accessed (22 August 2005).
- Bell, G. P. 1993a. Prado Basin resource management plan for the control of Giant Reed (*Arundo donax*). The Nature Conservancy.
- Bell, G. P. 1993b. Re-vegetation of riparian habitat: hauling coals to Newcastle? The Nature Conservancy.
- Bell, G. P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax* and approaches to riparian habitat restoration in southern California. Pg. 103-113 in J.H. Brock, M. Wade P. Pysek, and D. Green, eds. *Plant Invasion: Studies from North America and Europe*. Leiden, The Netherlands: Backhuys.
- Bell, G. P. 1999. Santa Margarita management plan for the control of Giant Reed (*Arundo donax*). The Nature Conservancy.
- Belyayev, A., O. Raskina, and E. Nevo. 2001. Evolutionary dynamics and chromosomal distribution of repetitive sequences on chromosomes of *Aegilops speltoides* revealed by genomic in situ hybridization. *Heredity* 86: 738-742.
- Boose, A. B., and J. S. Holt. 1999. Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weed Research* 39: 117-127.
- Decruyenaere, J. G. and J. S. Holt. 2001. Seasonality of clonal propagation in giant reed. *Weed Science* 49: 760-767.
- Decruyenaere, J. G. and J. S. Holt. 2005. Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae) in Southern California. *Plant and Soil* 277: 41-52.
- DellaCioppa, G., S.C. Bauer, B.K. Klein, D.M. Shah, R.T. Fraley, and G. Kishore. 1986. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 83. 6873-6877.
- DiTomaso, J. M., Healy, E. A., 2003. Aquatic and Riparian Weeds of the West. University of California, ANR Pub. 3421. p. 441.
- Dudley, T. L. 2000. *Arundo donax* L. Pg 53-58 in C.C. Bossard, J. M. Randall, and M.C. Hoshovsky, eds. *Invasive Plants of California's Wildlands*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Environmental Protection Authority. 2001. Shark Bay World Heritage Property: Environmental values cultural uses and potential petroleum industry impacts. http://www.epa.wa.gov.au/docs/1642_SBWHP_Report01.pdf
- Faix, O., D. Meier, and O. Beinhoff. 1989. Analysis of Lignocelluloses and Lignins From *Arundo donax* L and *Miscanthus sinensis* Anderss and Hydroliquefaction of *Miscanthus*. *Biomass* 18: 109-126.
- Franz, J.E., M.K. Mao and J.A. Sikorski. 1997. Glyphosate: A Unique Global Herbicide. American Chemical Society. Chap. 4 pp. 65-97
- Ghosal, S., S. K. Dutta, A. K. Sanyal, and S. K. Bhattacharya. 1969. *Arundo donax* L. (Graminae). Phytochemical and pharmacological evaluation. *Journal of Medicinal*

- Chemistry 12: 480-483.
- Henry, C. J. K. F. Higgins, and K. J. Buhl. 1994. Acute toxicity and hazard assessment of Rodeo[®], X-77 Spreader[®], and Chem-Trol[®] to aquatic invertebrates. Archives of Environmental Contamination and Toxicology (Historical Archive). 27: 392 - 399
- Herrera, A. M. and T. L. Dudley. 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. Biological Invasions 5: 167-177.
- Hewitt, C. N., R. K. Monson, and R. Fall. 1990. Isoprene Emissions From the Grass *Arundo donax* L Are Not Linked to Photorespiration. Plant Science 66: 139-144.
- Hutber G.N., L.J. Rogers, A.J. Smith. 1979. Influence of pesticides on the growth of cyanobacteria. Z Allg Mikrobiol. 19:397-402.
- Iverson, M.E. 1994. The impact of *Arundo donax* on water resources. IN: Jackson, N. E., Frandsen, P. & Douthit, S. (Ed) November 1993 *Arundo donax* Workshop Proceedings, Ontario, California, 19-25.
- Khudamrongsawat, J., R. Tayyar, and J. S. Holt. 2004. Genetic diversity of giant reed (*Arundo donax*) in the Santa Ana River, California. Weed Science 52: 395-405.
- Khuzhaev, V. I., B. Tashkhodzhaev, and S. F. Aripova. 1995. [*Arundo donax* Alkaloids .3. Revision of Donaxarine and Donaxaridine Structures]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 720-727.
- Khuzhaev, V. U., and S. F. Aripova. 1995. [Alkaloids of *Arundo donax*]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 328-329.
- Khuzhaev, V. U., S. F. Aripova, and R. S. Shakirov. 1994. [Arundin As a New Dimeric Alkaloid of *Arundo donax* Roots]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 685-686.
- Khuzhaev, V. U., S. F. Aripova, and R. S. Shakirov. 1994. [Dynamics of *Arundo donax* Alkaloids Accumulation]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 687-688.
- Khuzhaev, V. U., S. F. Aripova, and U. A. Abdullaev. 1995. [*Arundo donax* Alkaloids .4. Donaxanin As a New Pyrrolidine Alkaloid From *Arundo donax*]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 728-730.
- Khuzhaev, V. U., S. F. Aripova, and U. A. Abdullaev. 1996. [Alkaloids of *Arundo donax* .6. Structure of Donine]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 221-224.
- Khuzhaev, V. U., Y. A. Abdullaev, and S. F. Aripova. 1996. [Alkaloids of *Arundo donax* .5. Mass-Spectrometry of *Arundo donax* Alkaloids]. Khimiya Prirodnykh Soedinenii : 217-220.
- Kolesik, P., A. Mills, and M. Sedgley. 1998. Anatomical characteristics affecting the musical performance of clarinet reeds made from *Arundo donax* L. (Gramineae). Annals of Botany 81: 151-155.
- Laerke, P.E., 1995. Foliar Absorption of Some Glyphosate Formulation and their Efficacy on Plants. Pesticide Science. Vol. 44. pp. 107-116
- Lewandowski, I. Scurlock, J. M. O., Lindvall, E. Christou, M., 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy 25: 335-361.
- Mavrogianopoulos, G. V. Vogli, and S. Kyritsis. 2002. Use of wastewater as a nutrient solution in a closed gravel hydroponic culture of giant reed (*Arundo donax*). Bioresource Technology 82: 103-107.
- Miles, D. H., K. Tunsuwan, V. Chittawong, P. A. Hedin, U. Kokpol, C. Z. Ni, and J. Clardy. 1993. Agrochemical Activity and Isolation of N-(4'-Bromophenyl)-2,2-Diphenylacetanilide From the Thai Plant *Arundo donax*. Journal of Natural

- Products-Lloydia 56: 1590-1593.
- Miles, D. H., K. Tunsuwan, V. Chittawong, U. Kokpol, M. I. Choudhary, and J. Clardy. 1993. Boll Weevil Antifeedants From *Arundo donax*. *Phytochemistry* 34: 1277-1279.
- Mochizuki, K., H. Takikawa, and K. Mori. 2000. Synthesis of 2,2,4,4-tetramethyl-N,N'-bis(2,6-dimethylphenyl)cyclobutane-1,3-diimine, a unique compound from *Arundo donax*, and its analogues to test their antifeedant activity against the boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 64: 647-651.
- Neto, C. P., A. Seca, A. M. Nunes, M. A. Coimbra, F. Domingues, D. Evtuguin, A. Silvestre, and J. A. S. Cavaleiro. 1997. Variations in chemical composition and structure of macromolecular components in different morphological regions and maturity stages of *Arundo donax*. *Industrial Crops and Products* 6: 51-58.
- Obataya, E., and M. Norimoto. 1995a. [Acoustic Properties of Cane (*Arundo donax* L.) Used For Reeds of Woodwind Instruments .2. Analysis of Vibrational Properties By a Viscoelastic Model]. *Mokuzai Gakkaishi* 41: 449-453.
- Obataya, E., and M. Norimoto. 1995b. [Acoustic Properties of Cane (*Arundo donax* L.) Used For Reeds of Woodwind Instruments .1. the Relationships Between Vibrational Properties and Moisture Contents of Cane]. *Mokuzai Gakkaishi* 41: 289-292.
- Obataya, E., and M. Norimoto. 1995c. [The Water Sorption Isotherms of Cane (*Arundo donax* L.) Used For Reeds of Woodwind Instruments]. *Mokuzai Gakkaishi* 41: 1079-1085.
- Obataya, E., and M. Norimoto. 1999a. Acoustic properties of a reed (*Arundo donax* L.) used for the vibrating plate of a clarinet. *Journal of the Acoustical Society of America* 106: 1106-1110.
- Obataya, E., and M. Norimoto. 1999b. Mechanical relaxation processes due to sugars in cane (*Arundo donax* L.). *Journal of Wood Science* 45: 378-383.
- Obataya, E., T. Umezawa, F. Nakatsubo, and M. Norimoto. 1999. The effects of water soluble extractives on the acoustic properties of reed (*Arundo donax* L.). *Holzforschung* 53: 63-67.
- Perdue, R. E. Jr. 1958. *Arundo donax* -- Source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Botany* 12: 368-404.
- Rossa, B., A. V. Tuffers, G. Naidoo, and D. J. vonWillert. 1998. *Arundo donax* L. (Poaceae) - a C-3 species with unusually high photosynthetic capacity. *Botanica Acta* 111: 216-221.
- Schuette, J. 1998. Environmental fate of glyphosate. *Environmental Monitoring & Pest Management*. Department of Pesticide Regulation. Sacramento, CA 95824-5624
- Seca, A. M. L., J. A. S. Cavaleiro, F. M. J. Domingues, A. J. D. Silvestre, D. Evtuguin, and C. P. Neto. 2000. Structural characterization of the lignin from the nodes and internodes of *Arundo donax* reed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 817-824.
- Secretaría de Desarrollo Social. 1994. Decreto por el que se declara como área protegida, con el carácter de protección de flora y fauna, la región conocida como Cuatro Ciénegas, municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Diario Oficial De La Federación, México CDXCIV(5):5-11*
- Shafroth, P.B., Cleverly, J.R., Dudley, T.L., Taylor, J.P., Van Riper, C., III, Weeks, E.P. &

- Stuart, J. N. 2005. Control of *Tamarix* in the Western United States: Implications for Water Salvage, Wildlife Use, and Riparian Restoration. *Environmental Management*, 35, 231-246.
- Shikha, Singh DP, Darmwal NS. 2004. Effect of glyphosate toxicity on growth, pigment and alkaline phosphatase activity in cyanobacterium *Anabaena doliolum*: a role of inorganic phosphate in glyphosate tolerance. *Indian J Exp Biol* 42: 208-13.
- Spatz, H. C., H. Beismann, F. Bruchert, A. Emanns, and T. Speck. 1997. Biomechanics of the giant reed *Arundo donax*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 352: 1-10.
- Speck, O. and H.-C. Spatz. 2003. Mechanical properties of the rhizome of *Arundo donax* L. *Plant Biology* 5: 661-669.
- Spencer, D. F., G. G. Ksander, L. C. Whitehand. 2005. Spatial and temporal variation in RGR and leaf quality of a clonal riparian plant: *Arundo donax*. *Aquatic Botany* 81: 27-36.
- Spencer, D. F., P.-S. Liow, W. K. Chan, G. G. Ksander, K. D. Getsinger. 2006. Estimating *Arundo donax* shoot biomass. *Aquatic Botany* 84: 272-276.
- Stein, Bruce A., Lynn S. Kutner, Jonathan S. Adams, editors. 2000. *Precious Heritage: The Status of Biodiversity in the United States*. Oxford University Press, Oxford.
- Szabo, P., G. Varhegyi, F. Till, and O. Faix. 1996. Thermogravimetric Mass Spectrometric Characterization of Two Energy Crops, *Arundo donax* and *Miscanthus sinensis*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 36: 179-190.
- Vandermerwe, C. G., H. J. Schoonbee, and J. Pretorius. 1990. Observations On Concentrations of the Heavy Metals Zinc, Manganese, Nickel and Iron in the Water, in the Sediments and in 2 Aquatic Macrophytes, *Typha capensis* (Rohrb) Ne Br and *Arundo donax* L of a Stream Affected By Goldmine and Industrial Effluents. *Water Sa* 16: 119-124.
- Ware, G. W., Dee, M. K. and W. P. Cahill, W. P. 1968. Water Florae as Indicators of Irrigation Water Contamination by DDT. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* 3: 333-338.
- Wijte, A. H. B. M, T. Mizutani, E. R. Motamed. M. L. Merryfield, D. E. Miller, and D. E. Alexander. 2005. Temperature and endogenous factors cause seasonal patterns in rooting by stem fragments of the invasive giant reed, *Arundo donax* (Poaceae). *International Journal of Plant Science* 166: 507-517.
- Wijte, A. H. B. M. 2005. Combating *Arundo donax* and other rhizomatous aquatic and estuarine nuisance grasses by exploiting their ecophysiological characteristics. Scholarship Repository, University of California.
- World Health Organization. 1994. International programme on chemical safety: Environmental health criteria 159: Glyphosate. Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation, and the World Health Organization. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc159.htm>
- WSSA. 1983. *Herbicide handbook of the Weed Science Society of America*, 5th ed. Champaign-Urbana, Illinois, Weed Science Society of America.
- Zhalolov, I., V. U. Khuzhaev, B. Tashkhodzhaev, M. G. Levkovich, S. F. Aripova, and N. D. Abdullaev. 1998. *Arundo donax* alkaloids - VII. Spectroscopic and X-ray diffraction study of arundinin, new dimer alkaloid of above-the-ground part of *Arundo donax*. *Khimiya Prirodnykh Soedinenii* : 790-795.

- Zhizhaev, V. U., and S. F. Aripova. 1998. *Arundo donax* alkaloids. *Khimiya Prirodnykh Soedinenii* : 134-135.
- Zimmerman, P. 1999. Rates of transpiration by a native willow, *Salix exigua*, and by a non-native invasive, *Arundo donax*, in a riparian corridor of northern California. IN:Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council. California Exotic Pest Plant Council, Sacramento, California.