

# CIÉNEGA DE SANTA CLARA

## PROGRAMA INTEGRAL DE MONITOREO

Eduardo Peters, José Campoy Favela, and Karl Flessa  
(editores)



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SEMARNAT**



[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)



**Vivir Mejor**



Águila pescadora, un visitante frecuente de la Ciénega de Santa Clara

## AUTORES:

Jaqueline García	CIAD-Guaymas
Osvel Hinojosa-Huerta	Pronatura Noroeste
Cheryl McIntyre, Francisco Zamora	Sonoran Institute
Holly Cheong, Seth Shanahan, Xiaoping Zhou	Southern Nevada Water Authority
Jorge Ramírez Hernández	Universidad Autónoma de Baja California
Edward Glenn, Laura-Lopez Hoffman, Francisco Zamora	University of Arizona

FOTOS: Francisco Zamora

FOTOS DE PORTADA Y PÁGINA 16: Mark Lellouch

Primera edición: octubre, 2009

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña,  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)  
Periférico sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco,  
C.P. 04530. México, D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas  
Camino al Ajusco No. 200, Col. Jardines en la Montaña,  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx)

DISEÑO: Álvaro Figueroa  
TIPOGRAFÍA: Raúl Marcó del Pont Lalli  
VERSIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

Se recomienda citar esta obra como sigue:

Eduardo Peters, Jose Campoy Favela y Karl Flessa (eds.). 2009. *Ciénega de Santa Clara Comprehensive Monitoring Program*. Publicación especial del Instituto Nacional de Ecología, México.

ISBN 978 968-817-

Impreso y hecho en México ■ *Printed in México*

# PRESENTACIÓN

La Ciénega de Santa Clara (Ciénega) es el humedal más grande en el delta del Río Colorado. Es un hábitat de importancia crítica para varias especies de fauna y flora, en particular para algunas de las especies de aves y peces que están consideradas en peligro de extinción o amenazadas. Mientras que la importancia de la Ciénega para algunas de estas especies y sus relaciones con las condiciones del hábitat están bien documentadas (por ejemplo, el palmoteador de Yuma), otras características físicas y biológicas de la Ciénega no son conocidas o no han sido monitoreadas de manera sistemática. Algunas características, tal como la batimetría, no son conocidas del todo. La ausencia de información para algunos de los parámetros físicos y biológicos clave y su relación con la salud de la Ciénega se tienen que atender para así poder manejar de forma adecuada la toma de decisiones para el manejo a largo plazo de este humedal.

El propósito de este documento es servir de guía para la implementación de un programa integral de monitoreo de la Ciénega. Se basa en los resultados de un taller binacional que se llevó a cabo en enero del 2009, y que contó con la participación de 21 expertos y gerentes de agua de los Estados Unidos de América y de México. El taller fue organizado por la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (CONANP) y la Red Coordinadora de Investigaciones en el Delta del Río Colorado (RCN-CRD/UA). Durante el taller, los expertos revisaron los esfuerzos pasados y actuales de monitoreo del agua, de la vegetación, de la fauna, así como otros

parámetros que se han seguido durante las últimas décadas. Basándose en la información existente, y teniendo en cuenta las necesidades de manejo de la Ciénega, los expertos identificaron los objetivos de monitoreo, determinaron qué monitorear y cómo llevarlo a cabo para alcanzar estos objetivos, y definieron los protocolos para el aseguramiento de calidad y el uso compartido de datos.

El programa de monitoreo es integral en varios aspectos. Está diseñado para una implementación continua a largo plazo. Es sensato en cuanto a geografía y metodología, ya que usa un sólido diseño de muestreo y protocolos de análisis de datos probados. Y se desarrolló teniendo en mente que se convierta en una herramienta permanente para evaluar la salud del ecosistema de la Ciénega y para guiar el manejo activo de la misma.

La Ciénega de Santa Clara es un tesoro ecológico. Que haya sido creada accidentalmente no es lo destacable. Su importancia radica en que provee hábitat crítico para especies de aves residentes y migratorias y por los servicios ambientales que le proporciona a la sociedad. Y son los ciudadanos quienes tienen que asegurarse que la Ciénega de Santa Clara continuará proveyendo este hábitat crítico y servicios ambientales a pesar de que las demandas de agua se incrementan en la región y que el cambio climático disminuya la disponibilidad de este líquido vital. El programa de monitoreo que se presenta en este documento es un importante primer paso hacia un compromiso binacional para mantener el valor ambiental de este tesoro natural.

**Eduardo Peters**

Instituto Nacional de Ecología  
SEMARNAT

**José Campoy**

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas  
SEMARNAT

**Karl Flessa**

School of Earth & Environmental Sciences  
University of Arizona





Acceso a la Ciénega por la parte este, localmente conocido como entrada Flor del Desierto

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN	3	Aves playeras	17
USOS Y OBJETIVOS DEL PROGRAMA	7	Pez cachorrito del desierto	18
Protocolos de monitoreo	7	Vegetación y otras coberturas del suelo	19
HIDROLOGÍA	8	Teledetección	20
Flujos de agua	8	Análisis de vegetación en campo	20
Niveles de agua	9	Macro invertebrados	22
Levantamiento topográfico y batimétrico	10	Impacto económico local	22
Micro meteorología	12	Monitoreo por fotografía	23
CALIDAD DEL AGUA	13	Validación y disponibilidad de datos	24
RECURSOS BIOLÓGICOS	16	Referencias citadas	25
Aves de marismas	16	ANEXO I. PARTICIPANTES EN EL TALLER PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA DE MONITOREO BINACIONAL Y COLABORATIVO PARA LA CIÉNEGA DE SANTA CLARA	26





Canal Wellton y su vertedor construido recientemente cerca del punto de descarga a la Ciénega

## USOS Y OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Los expertos estuvieron de acuerdo en que el programa de monitoreo tiene que atender las necesidades de manejo de la Ciénega a corto, mediano y largo plazos. Tomando en cuenta estas necesidades, los expertos y los gerentes identificaron los siguientes usos y objetivos del programa:

Usos del programa de monitoreo:

- Como sistema de advertencia temprana que permita la identificación de las condiciones o problemas que necesiten atención antes de que se produzcan daños significantes a la Ciénega
- Para informar sobre la salud de la Ciénega de forma regular (anualmente o bianualmente)
- Para guiar y evaluar el manejo activo y adaptivo de la Ciénega para mantener su valor ecológico y socioeconómico a largo plazo

## OBJETIVOS DE MONITOREO DE LA CIÉNEGA DE SANTA CLARA

1. Determinar las tendencias en las componentes clave del ecosistema de la Ciénega de Santa Clara
2. Entender las pautas temporales y espaciales de estas tendencias
3. Identificar los mecanismos y causas de estas tendencias

## Protocolos de monitoreo

Durante el transcurso del taller, los expertos revisaron los esfuerzos de monitoreo ya existentes y seleccionaron los parámetros que se tienen que monitorear para cumplir con el propósito y objetivos arriba detallados. Estos parámetros son los siguientes:

1. Flujos de entrada
2. Niveles del agua
3. Batimetría y topografía
4. Calidad del agua
5. Especies de interés
6. Vegetación
7. Macroinvertebrados
8. Impacto económico
9. Suelo y sedimentos
10. Micro-meteorología
11. Plancton

Además, se deberá establecer un protocolo para la validación de datos y para el uso compartido de datos.

A continuación presentamos una descripción de los protocolos para cada parámetro. En la selección de parámetros y protocolos de muestreo se consideraron los costos de muestreo y análisis, tratando de minimizarlos sin comprometer la calidad de los resultados. Es posible que sean necesarios análisis adicionales para garantizar que los niveles de significancia, la solidez estadística, la sensibilidad (porcentaje de cambio que se puede detectar por año), el tamaño de la muestra y el plazo de cada protocolo sean apropiados.



# HIDROLOGÍA

## Flujos de agua

Las fuentes de agua de la Ciénega incluyen retornos de agua agrícola provenientes de Estados Unidos de America a través del canal MODE (Canal Principal de Desagüe, por sus siglas en inglés, también conocido como canal Wellton), y el flujo de retorno de las aguas agrícolas del distrito de riego de México por medio del dren Riito-Santa Clara. La Comisión Internacional de Límites y Aguas (IBWC/CILA) mide los flujos a la Ciénega todos los días en dos ubicaciones a lo largo de MODE. Uno de estos puntos está ubicado en los Estados Unidos de América, en un punto de MODE, cerca del Lindero Internacional Sur (SIB, por sus siglas en inglés); el otro punto está en México,

justo al sur del Lindero Internacional Sur. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mide flujos del canal Riito-Santa Clara en un punto a pocos kilómetros aguas arriba del punto de descarga a la Ciénega.

Se recomienda usar estos datos para determinar los flujos de agua a la Ciénega. Sin embargo, ya que estas medidas no se llevan a cabo en el punto preciso de descarga a la Ciénega, son necesarias las medidas manuales adicionales para poder calcular mejor los flujos reales en los puntos de descarga. Por razones de costo se prefiere realizar mediciones manuales en lugar de instalar una estación permanente de medición de flujos.

Mediciones manuales de flujo. Los flujos en los puntos de descarga se pueden calcular usando un instrumento de medición de flujo; sin embargo, no es práctico hacerlo diariamente de esta forma. El mé-

Midiendo flujos de agua en el canal Wellton



todo de curva de calibración del nivel-velocidad del agua es una manera práctica para calcular flujos, ya que se basa en el registro de los niveles del agua en el canal o dren y en el registro de la velocidad del agua bajo diferentes condiciones de flujo para desarrollar una curva de calibración. Una vez que se cuenta con dicha curva, los datos de la elevación del agua se pueden usar para calcular los gastos o caudal. Actualmente, la Universidad de Arizona y CIAD mide los flujos con este método, y se recomienda continuar con estos esfuerzos.

Las medidas manuales serán tomadas por lo menos una vez al mes usando un instrumento portátil para medir la velocidad del flujo. Para aumentar la exactitud de la curva de calibración del nivel-velocidad del agua, se recomienda que las medidas de flujo se hagan bajo diferentes condiciones de flujo y elevación del agua. Se requiere un instrumento de mano altamente sensible con la capacidad de medir flujos muy pequeños, especialmente para los flujos pequeños en el dren Riito-Santa Clara. Las medidas se tienen que tomar lo más cercano posible al punto de descarga, evitando áreas donde existen estancamientos en la parte donde termina el canal.

Para calcular las velocidades del flujo del agua también es necesario un perfil de velocidad del agua en un corte transversal de un dren o un canal. Esto se logra al poner un medidor de flujo durante varias profundidades del corte transversal y calcular la velocidad y la profundidad cada vez. La geometría del dren o del canal debe ser medida cada vez que se tomen las medidas de flujo.

Un medidor de nivel de agua de presión será instalado en el mismo lugar en el que se toman las medidas manuales. Se configurará el medidor para tomar medidas cada hora. Los datos del medidor serán descargados y analizarán una vez al mes. El gasto o flujo se obtendrá usando la ecuación de regresión de la curva de calibración. Después, estos cálculos de flujo serán comparados con los datos de IBWC/CILA y CONAGUA.



Instalación de regletas para medir nivel del agua en la Ciénega

## Niveles del agua

En general, en los humedales el nivel del agua es tal vez el factor principal (además de la calidad del agua) en el control de la distribución de la vegetación emergente. Tal es el caso de la Ciénega, en donde su planta emergente principal, el tule (*Thypha domingensis*), parece existir principalmente en áreas de menos de 0.7 metros de profundidad. Las variaciones en la profundidad del agua también resultan ser un buen indicador para identificar los posibles cambios en los flujos de agua y en las descargas.

Por el momento no hay monitoreos de la profundidad de agua (nivel) en la Ciénega. Los objetivos de monitoreo requieren una medida exacta de la profundidad del agua en la Ciénega a través del tiempo. A pesar de que el enfoque principal se centra en son las variaciones mensuales, también se recomienda el monitoreo de las variaciones diarias.

Para lograr lo anterior se necesitan dos tipos de medidas. Primero, es necesaria la instalación de regletas de fácil acceso en cada una de los principales cuerpos de agua. Se recomienda la instalación de por lo menos seis regletas: 4 en la región norte y 2 en la región sur. Estas regletas tienen que estar ubicados en un sitio que se visite frecuentemente como parte de las actividades de monitoreo, y deberán ser visibles desde la tierra firme y entre sí para reducir los costos de monitoreo. Deben estar nivelados tomando como referencia el nivel del mar u otro punto de referencia conocido. Es preferible usar regletas graduadas en centímetros para facilitar la toma de datos. La medida de la profundidad del agua se tiene que tomar mensualmente, aunque lo mejor es hacerlo semanalmente. Todas las regletas se tienen que medir el mismo día, y de preferencia al mismo tiempo.

En segundo lugar, los medidores automáticos de agua de presión se deberán instalar en el mismo lugar o cerca del lugar donde se colocaron las regletas del agua. Además, los medidores del nivel del agua se

podrían ubicar en lugares menos accesibles. La información del medidor de datos se tiene que descargar y analizar una vez al mes.

Para analizar los cambios estacionales se producirán mensualmente mapas de elevación del agua. Los datos de la elevación de agua se pueden combinar con los datos batimétricos para producir mapas de áreas húmedas y sus cambios estacionales.

## Levantamiento topográfico y batimétrico

Los datos topográficos y batimétricos existentes para la Ciénega y las áreas que la rodean son de baja resolución. Como mínimo se necesita una caracterización básica de las condiciones topográficas y batimétricos como línea base y para poder evaluar los posibles impactos en los humedales bajo diferentes condiciones de flujo. El siguiente protocolo está diseñado como un estudio básico. Sin embargo, se espera que sea muy valioso para determinar si se necesita un estudio más de-

Porción oriental de la Ciénega







Equipo de investigación instalando y nivelando puntos de elevación de referencia en la parte oeste de la Ciénega

tallado. Si los fondos están disponibles, el protocolo se podría modificar para aumentar la cobertura al incrementar la cantidad de puntos de estudio.

**ESTUDIO TOPOGRÁFICO.** El área de interés es la zona de transición dentro y afuera de la marca existente o conocida de la orilla (marca del nivel de agua) alrededor de la Ciénega. La meta del sondeo topográfico es captar las áreas cerca de las orillas de los humedales que podrían ser inundadas o desecadas por cambios en los flujos de agua (volumen del agua) a la Ciénega; es decir, los movimientos de la orilla de la Ciénega reflejan el cambio en el volumen del agua en la Ciénega.

Como una línea base inicial y algo arbitraria, el sondeo topográfico incluye un área entre 100 y 200 m del punto más alto de la orilla, dependiendo de la facilidad de acceso. Un transecto de al menos 200 m perpendicular a la orilla de la Ciénega deberá ser medido cada 500-1,000 m a lo largo del perímetro de la Ciénega. El transecto será centrado en la orilla del agua, lo que significa que se extenderá 100 m hacia adentro y hacia fuera de la línea del agua. Se deberá tomar una lectura de elevación por lo menos cada 20-50 m a lo largo de

cada transecto usando un sistema diferencial de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) de alta precisión. La Universidad Autónoma de Baja California (UABC) tiene un equipo diferencial GPS GR-3 Topcon con una precisión de 1-2 centímetros en X, Y y Z apropiado para este estudio. Idealmente, el GPS se montaría en un vehículo 4 x 4 para acelerar la investigación. La cantidad de transectos se podría incrementar o reducir dependiendo del presupuesto disponible.

El estudio topográfico incluye el establecimiento de varios puntos de referencia de elevaciones (mojoneras) alrededor de la Ciénega, los cuales deberán tener como referencia el nivel del mar usando un punto de referencia oficial en el área. En caso de que no haya punto de referencia de elevación se utilizarán puntos de referencia basados en un nivel nuevo que se definirá durante el estudio. En cualquier caso, se usarán puntos de referencia en la estación de base para el estudio de GPS diferencial.

**BATIMETRÍA.** Las áreas con vegetación en la Ciénega son un gran reto para el estudio batimétrico. Por lo tanto, el sondeo inicial está diseñado para capturar la



elevación del fondo de todas los cuerpos de agua (lagunas) y teniendo como referencia el nivel medio del mar o cualquier otra referencia de elevación conocida. En un mapa digital, una lamina cuadrículada de 50 x 50 m se sobrepondrá en cada masa de agua abierta y las ubicaciones de muestreo serán identificadas en 1-2 puntos dentro de cada celda. Las coordenadas serán transferidas a un sistema GPS para usarlo en el campo. La cantidad de puntos de muestreo se podrá aumentar de acuerdo con la disponibilidad de fondos. El GPS estará en la modalidad diferencial en todo momento.

Los datos registrados en la unidad GPS se descargarán al final de cada día o cuando sea necesario y se hará una copia de seguridad en un disco duro externo. La información será procesada en campo con el objetivo de minimizar o evitar el riesgo de la falta de datos o el posible mal funcionamiento del GPS en el levanta-

tamiento de días subsecuentes. Los datos se usarán para desarrollar curvas de nivel usando un algoritmo de interpolación apropiado a la calidad de los datos.

## Micro meteorología

Los parámetros básicos del clima local, tales como temperatura, viento, evaporación y humedad serán útiles para interpretar los datos del programa de monitoreo. A pesar de haber una estación meteorológica ubicada a aproximadamente 15 millas de la orilla norte de la Ciénega, se recomienda instalar una estación meteorológica básica en la misma Ciénega. Una estación meteorológica compacta y económica (menos de \$2,000 dólares) proveerá información para la misma Ciénega y garantizará el acceso a datos meteorológicos.



Personal de la UABC durante el reciente levantamiento topográfico

## CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades químicas y biológicas de los sistemas acuáticos que dependen del mantenimiento de una calidad del agua específica para poder sostener procesos bioquímicos necesarios para la vida de plantas y animales. Estos ecosistemas se ven influenciados por las entradas de metales, nutrientes, toxinas, erosión de la tierra, cenizas de fuegos, aguas residuales y biomasa.

Los parámetros principales de la calidad del agua reflejan la función física y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción. Los parámetros principales (temperatura, conductividad específica, turbidez, pH, oxígeno disuelto) se pueden medir fácilmente y constituyen una manera de clasificar posibles factores de estrés para la salud del sistema acuático. Además, otras medidas de calidad del agua (nutrientes primarios, sólidos disueltos totales, metales pesados, agentes patógenos, compuestos orgánicos) ayudan a caracterizar la calidad del agua y

a determinar los posibles impactos en la vida acuática y en seres humanos.

En la última década se han hecho varios esfuerzos para monitorear la calidad del agua en la Ciénega. Más recientemente, la UA y CIAD han monitoreado sistemáticamente algunos parámetros de la calidad del agua en 8 ubicaciones dentro de la Ciénega (ver mapa). El programa de monitoreo extendido incluye la toma de muestras en puntos adicionales para un total de 21 ubicaciones así como medidas de parámetros adicionales, entre ellos, compuestos orgánicos, iones principales, y metales traza en agua, sedimento y peces. La tabla de la página siguiente incluye los parámetros de la calidad del agua y la frecuencia de monitoreo en la Ciénega.

Los parámetros principales (temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad) se pueden medir mensualmente con medidores de parámetros múltiples en los 21 sitios de muestreo. Para grabar los datos, la sonda deberá ser colocada cerca de la superficie y en medio de la columna del agua. La sonda será examinada, calibrada, inspeccionada y



Transfiriendo datos de los sensores de conductividad instalados en la Ciénega

## Parámetros de calidad de agua que serán medidos en la Ciénega de Santa Clara

Parámetros	Unidades	Lugar del análisis	Frecuencia del muestreo
Temperatura	°C	En campo	Diario y mensual
Conductividad eléctrica	mS/cm	En campo	Diario y mensual
Salinidad	ppt	En campo	Mensual
Oxígeno disuelto	mg/L	En campo	Mensual
pH/ORP		En campo	Mensual
Nutrientes (amonía, nitratos+nitritos, nitrógeno-total kjeldahl, fósforo total)	mg/L	Laboratorio	Trimestral
Cloro, sulfato férrico sulfato, li-mos, acido sulfúrico, anti-escalante, sodio- bisulfato	ppm	Laboratorio y campo	Semestral
Coliformes totales	MPN/100 ml	Laboratorio	Trimestral
E. coli	MPN/100 ml	Laboratorio	Trimestral
Sólidos disueltos totales	mg/L	Laboratorio	Trimestral
Metales traza (Se, Pb, Cd, Hg, As) en agua	µm/lt	Laboratorio	Semestral
Metales traza (Se, Pb, Cd, Hg, As) en sedimentos	Mg/kg	Laboratorio	Semestral
Organoclorados y organofosforados, pesticidas, PCB en sedimentos	ppb	Laboratorio	Semestral
Organoclorados y organofosforados, pesticidas, PCB en agua	ppb	Laboratorio	Semestral
Organoclorados y organofosforados, pesticidas, PCB en peces	ppb	Laboratorio	Semestral
Metales traza (Se, Pb, Cd, Hg, As) en peces	Mg/kg	Laboratorio	Semestral

Nota: las mediciones diarias en campo se realizarán en 16 sitios usando un instrumento que se deja en el sitio. Las mediciones mensuales en campo se harán en 21 sitios usando un instrumento que mide varios parámetros.

mantenida de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

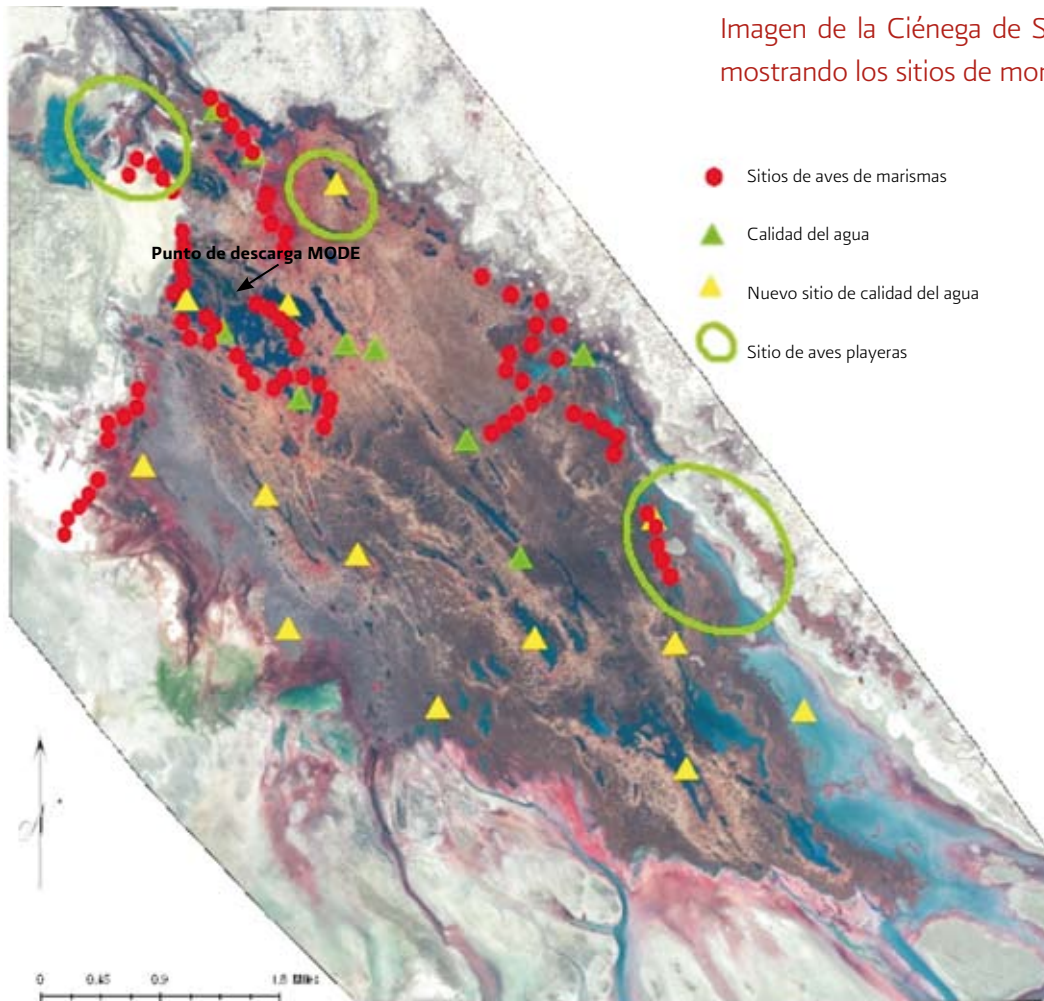
Se recomienda tomar medidas diarias de la temperatura y de la salinidad (conductividad) para poder identificar variaciones en salinidad y temperatura que puedan afectar la vida acuática. Actualmente, la UA tiene seis medidores de datos instalados en la Ciénega, para medir la salinidad, incluyendo uno en el canal Riito; sin embargo, un total de 16 sitios en

la Ciénega se tienen que monitorear para poder caracterizar los patrones espaciales y temporales de la salinidad en la Ciénega. Por lo tanto, recomendamos que sean instalados diez medidores de datos adicionales para conductividad y temperatura, incluyendo uno en el MODE. Es importante calibrar los medidores de datos una vez al mes.

Las concentraciones de otros parámetros de la calidad del agua (nutrientes, fósforo, sólidos disuel-



Imagen de la Ciénega de Santa Clara mostrando los sitios de monitoreo



tos totales, cloraminas, patógenos, metales traza y compuestos orgánicos) se medirán trimestralmente en submuestras de entre 7 y 10 de los 21 sitios de muestreo en la Ciénega. Al menos durante el primer año, se deberían medir pesticidas organoclorados y organofosforados, PCB y metales en el agua, en los sedimentos y en los peces, y se deberían ajustar de-

pendiendo de los resultados. Para peces, el análisis se debería hacer una vez al año usando cinco muestras compuestas. Estas muestras consisten de cuatro peces individuales recogidos en diferentes lugares en la Ciénega. La carpa es una buena especie objetivo, pero se tienen que evaluar otras antes de llevar a cabo el monitoreo.



## RECURSOS BIOLÓGICOS

### Aves de marisma

El programa de monitoreo de aves de marisma en la Ciénega comenzó en el año 1999 y ha sido implementado continuamente desde entonces, con la ayuda y el apoyo de Pronatura Noroeste, la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (CONANP), la Universidad de Arizona, CEDES, el Sonoran Joint Venture, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos Americanos y el CIAD. Se recomienda seguir usando el mismo protocolo para futuros esfuerzos en este sentido.

El objetivo de estos estudios de aves de marisma en la Ciénega de Santa Clara es detectar cambios en las tendencias de población y distribución de aves de marisma; entre ellos, el palmoteador de Yuma, el ralito negro, el rascón Virginia y la garcita de tular. Los estudios se llevan a cabo dos veces al año, duran-

te los comienzos de la época de cría (15 al 25 de marzo) y durante la época final de cría (15 al 25 de mayo).

Los procedimientos para estudios de campo se rigen por los protocolos estandarizados para el monitoreo de aves de pantano de Norteamérica (Conway 2002), con un pequeño cambio. Basado en años de coleccionar datos, Pronatura Noroeste modifico el protocolo usando solo dos temporadas de muestreo por año en vez de tres, como lo indica los protocolos estandarizados. Con solo dos temporadas de muestreo Pronatura Noroeste ha encontrado que el procedimiento presenta el mismo poder estadístico.

En general, el protocolo consiste en estudios de respuesta a vocalizaciones, en los que las vocalizaciones grabadas son transmitidas para obtener respuestas de las aves de marisma en cuestión. En cada punto de estudio, los observadores registran el número de aves que responde de cada especie durante un período pasivo de 5 minutos antes de

Vista aérea de la porción norte de la Ciénega mostrando la zona de lagunas y las instalaciones de ecoturismo



transmitir las vocalizaciones grabadas y durante el período en el que las vocalizaciones previamente grabadas son transmitidas en la Ciénega. El segmento específico del estudio en el que cada ave vocaliza también se registra para así poder determinar la eficiencia del protocolo y para poder calcular la probabilidad de la detección. También se calcula la distancia de las aves de los observadores al igual que si la vocalización que se escucha es de un ave nueva en ese punto de estudio o si es un ave que se ha vocalizado previamente.

Los estudios empiezan al amanecer y terminan a más tardar a las 10:30 a.m. Las estaciones de estudio se encuentran en terrenos circulares de distancias variables a 200 metros entre ellos, y agrupados en transectos, con 5 estaciones por transecto. Los estudios se llevan a cabo en equipos de un mínimo de dos personas y se hacen en canoa y a pie. Pronatura Noroeste diseñó el plan de estudio usando el programa MONITOR 6.2 (Gibbs 1995) y datos de los estudios del palmoteador de Yuma en la Ciénega (1999 y 2000), con el objetivo de detectar cambios en la población de <3% por año, con un nivel de significancia de 95% y un poder estadístico del 90% (Hinojosa-Huerta et al. 2000). El diseño del monitoreo consiste en 15 transectos en la Ciénega elegidos de forma aleatoria (un total de 75 puntos de estudio).

La secuencia de transmisión incluye vocalizaciones de las principales especies de aves de marisma que se espera se reproduzcan en la zona de estudio y son transmitidas usando un tocador de discos compactos portátil. La secuencia de las vocalizaciones de aves de marisma es la siguiente: ralito negro, garcita de tular, sora, rascón Virginia, rascón picudo y torcomón. Esta secuencia fue hecha para tocar las vocalizaciones de las especies que más vocalizan hasta el final, para así evitar la inhibición de respuestas de las especies que vocalizan menos.

Los datos de campo son integrados a una base de datos relacional en el programa MS Access y los

análisis estadísticos son hechos usando JMP IN 3.2 (Sall y Lehman 1996). Las aves detectadas en varios puntos de sondeo son contadas solamente una vez en el sitio de detección original. El número de palmoteadores detectados por punto es usado para calcular las tendencias de población tomando los promedios de los datos de cada transecto, incluyendo la época de cría temprana y final. Después, se lleva a cabo un análisis de regresión lineal usando el número de detecciones del palmoteador contra el año.

El programa DISTANCE (Thomas et al. 2002) se usa para estimar la densidad del palmoteador. Los modelos de distancia son seleccionados usando una combinación del criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés), la prueba de bondad de ajuste y el coeficiente de variación de los parámetros calculados. Los cálculos de abundancia se obtienen tomando en cuenta el área de estudio de la Ciénega de Santa Clara (5,800 ha; Glenn et al. 2001), y los intervalos de confianza de 95% de los cálculos de densidad de DISTANCE. Este cálculo supone un nivel de respuesta del 100% de los palmoteadores en los estudios de vocalización. Uno un poco menos conservador, considera un nivel de respuesta fijo del 60% (basado en Piest y Campoy 1999).

## Aves playeras

Este protocolo de monitoreo es desarrollado con una visión de largo plazo (más de ocho años) y tomando en cuenta el delta del Río Colorado completo, con la Ciénega de Santa Clara como una de las áreas importantes. El protocolo se basa en el programa Western Shorebird Survey (Bart 2004), el cual consiste en contar las aves playeras en sitios preseleccionados durante épocas críticas de migración, acondicionamiento para el invierno o anidación. Se seleccionan seis ubicaciones de muestreo en el delta. Para las áreas entre mareas: el Golfo de Santa Clara, isla Montague y bahía de Adair. Para lagunas de poca profundidad: Ciénega de Santa

Clara, Cerro Prieto, y Mesa de Andrade (en Zona de Lagunas Someras). El número de sitios de muestreo y la frecuencia de las mediciones por estación en cada sitio se deberían ajustar con base en el análisis de poder estadístico de los datos.

Para la Ciénega de Santa Clara se han identificado tres puntos de muestreo: la Laguna Norte, Playón y la Flor del Desierto (véase mapa). Cada sitio será visitado mensualmente. El protocolo de monitoreo consiste en contar todas las aves playeras dentro de una distancia de 200 metros entre el observador en ambos lados y de 400 metros enfrente (haciendo uso de un telescopio) en cada sitio de muestreo. Los estudios comienzan al amanecer y continúan hasta que se hayan visitado todos los sitios y contado todas las aves.

El monitoreo en tierra firme se debe complementar con estudios aéreos para así obtener índices de abundancia para toda la Ciénega, particularmente en la partes del sur de ésta. El protocolo de monitoreo debe basarse en las especificaciones de Morrison (1992). Se recomienda hacer tres estudios aéreos por temporada: en noviembre, enero y marzo. Los estudios se deberán llevar a cabo en la mañana.

## **Pez cachorrillo del desierto**

Los conjuntos de peces pueden ser indicadores efectivos de las condiciones ecológicas; los peces viven mucho tiempo y son móviles, se alimentan en diferentes niveles tróficos, integran ecosistemas en niveles tróficos altos y bajos y son relativamente fáciles de identificar en el campo. Algunos peces también responden a procesos más avanzados que son capturados en otros elementos, en particular, la vegetación emergente y sumergida, la cantidad del agua (para hábitat físico); la calidad del agua (para la salud), y los macro invertebrados (como alimento).

El pez cachorrillo del desierto (*Cyprinodon macularius macularius*) es una especie de interés para la conservación en la Ciénega y es una especie en peli-

gro de extinción en los Estados Unidos de America. Se cuenta con reportes previos de la situación de la población para la Ciénega, con la información más reciente publicada en revistas arbitradas en 2002, que resumen los resultados de los estudios de 1996 y 1997. Otros datos de estudio han sido recopilados anualmente (3 a 4 muestras por año) en la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado por científicos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) desde 2002.

Los detalles completos de estos estudios en la Ciénega no se conocían cuando se preparó el presente plan de monitoreo; sin embargo, lo que sí se sabe es que SEMARNAT está llevando a cabo estudios trimestrales de peces cachorrillo del desierto en ubicaciones conocidas. Se recomienda llevar a cabo inventarios anuales de poblaciones de los peces cachorrillo del desierto para describir tendencias con el paso del tiempo. A pesar de que el pez cachorrillo del desierto es una especie de interés, también se puede obtener información acerca de la población de peces no nativos durante estos estudios para evaluar los efectos de competencia. Se recomienda obtener estos datos simultáneamente con el muestreo de los peces cachorrillo del desierto.

Los peces cachorrillo del desierto se encuentran en áreas muy específicas de la Ciénega y el monitoreo debe muestrearlas con trampas y redes pequeñas. Además, se recomienda que los métodos de monitoreo de la calidad del agua descritos previamente se usen para documentar las condiciones ecológicas en los lugares en los que viven los peces cachorrillo del desierto. Por ejemplo, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y nivel del agua se pueden monitorear con instrumentos de campo durante eventos de muestreo de estos peces.

Se recomienda que se hable con SEMARNAT para obtener información acerca de los estudios de esta especie ya que ellos llevan a cabo estudios en





El tule es la principal especie de vegetación en la Ciénega y provee hábitat para muchas especies de aves y otra fauna

sitios conocidos. Si tal es el caso, pero la información no está aún disponible, no se recomienda repetir estos estudios, ya que existe la posibilidad de perjudicar la población de los peces cachorrito del desierto en la Ciénega debido a la manipulación o contacto excesivo con la especie.

Frecuencia de muestras recomendada:

- Estudios trimestrales de peces perrito del desierto
- Incluir mediciones mensuales de la calidad del agua y de los niveles del agua

## Vegetación y otras coberturas del suelo

Las áreas con vegetación y las lagunas son los componentes funcionales más importantes de los humedales. La cobertura y la distribución de estas áreas son sensibles a cambios hidrológicos así como a otros parámetros de la calidad del agua, como la salinidad. La vegetación y las lagunas sirven como hábitat para

recursos biológicos y las plantas son los indicadores principales de la calidad del agua en el humedal. Los cambios en la estructura y en la distribución de las áreas con vegetación y las lagunas afectan la distribución y la abundancia de las especies de vida silvestre.

En la Ciénega existen varios tipos de cubierta terrestre, y la mayoría de estos tipos consisten en áreas vegetadas; sin embargo, las áreas de lagunas también constituyen una cantidad considerable de cubierta. Las mediciones de vegetación y los cambios en las lagunas en el transcurso del tiempo constituyen información muy valiosa sobre los cambios en las funciones ecológicas de la Ciénega. Por eso, es muy importante monitorear la cobertura terrestre en la Ciénega de Santa Clara, en particular los cambios con una perspectiva temporal.

Se recomienda hacer un inventario básico, pero que se repita frecuentemente, de la cobertura terrestre de la Ciénega. Para evaluar los tipos de cu-



bierta terrestre en la Ciénega en el tiempo, se recomienda usar sistemas de información geográfica así como técnicas de análisis de imágenes de satélite o teledetección.

## Teledetección

Se recomienda usar técnicas de teledetección para desarrollar una clasificación de cubierta terrestre en la Ciénega. Para el análisis se recomienda usar imágenes QuickBird (resolución de 0.60 metros en pancromático y 2.4 metros en multiespectral) de la Ciénega. Un mapa de cubierta terrestre se debería desarrollar para un mínimo de dos estaciones por año, uno coincidiendo con el momento en el que la reflectancia de las plantas está en su punto más alto (verano) y otro cuando está en su punto más bajo (invierno). Si los fondos resultan suficientes, se puede elaborar cuatro veces al año un mapa de cubierta terrestre, uno para cada estación. En cualquier caso, el tiempo del año en el que las imágenes sean recopiladas debería ser el mismo. De manera similar, el método de clasificación de cubierta terrestre se debería desarrollar y evaluar para después usarlo de forma consistente en cada estación y cada año.

Además de los otros métodos que se han usado para analizar las imágenes de la Ciénega, se deberían usar tanto métodos de clasificación supervisada como no supervisada. Los estudios de campo se deberían llevar a cabo para la validación de datos y de métodos de clasificación. Actualmente, la UA está desarrollando un mapa de vegetación y cubierta terrestre de la Ciénega usando dos imágenes QuickBird (septiembre de 2008 y febrero de 2009). Además, se recomienda caracterizar las imágenes históricas (antes del 2007) para cuantificar los cambios que ocurren en la Ciénega de un año a otro. Las desviaciones de estos límites se pueden usar para sugerir relaciones de causa y efecto. Estos datos también tendrían que tomar en cuenta los cambios estacionales en la elevación del agua (véase la sección de hidrología).

Los estudios de campo se deberían llevar a cabo usando métodos de muestreo rápido (por ejemplo, método de Braun-Blanquet, véase el protocolo Braun-Blanquet de la sociedad de plantas nativas de California, 2003) y deberían coincidir con el monitoreo de la calidad del agua u otros eventos de campo. Se recomienda que el muestreo en los terrenos mida y/o documente la composición de la especie, el porcentaje de la cubierta vegetal y la altura de la vegetación. La cantidad específica y la ubicación de los terrenos dependerán, entre otros factores, de la resolución de las imágenes, de la familiaridad con el área que tenga el equipo de estudio, factores de logística, así como de la cantidad de tipos de cubierta terrestre presentes. Se podría usar un método simple, tal como el muestreo aleatorio estratificado en una lámina cuadrículada de la Ciénega. Los estudios de campo deben realizarse por lo menos una vez al año durante el monitoreo de la calidad del agua, que debería coincidir con la recopilación de imágenes.

## Análisis de vegetación en campo

Además, el programa integral de monitoreo requiere una investigación de la respuesta del tule a las condiciones de salinidad. Mediante estudios de invernadero y de campo se calibrarán y observarán pautas de crecimiento bajo condiciones reales y condiciones controladas. Los resultados del campo y del invernadero permitirán ampliar los resultados de la teledetección para tener cálculos de la Ciénega a nivel global acerca de la salud de la vegetación y su rendimiento.

Monitoreo de campo. Para el monitoreo de campo, seleccionaremos entre 8 y 12 sitios de

diferentes niveles de salinidad, incluyendo sitios con medidores de datos de salinidad. En cada sitio estableceremos tres parcelas de un metro cuadrado para monitorear el comportamiento de *Typha* y *Phragmites*. Al comenzar los esfuerzos de monitoreo, cortaremos la vegetación. Se hará un censo de las

plantas a intervalos regulares a lo largo del año. El crecimiento se determinará al monitorear la altura de las plantas. La sobrevivencia estará dada por la presencia o ausencia de plantas. Los niveles de salinidad en cada sitio serán monitoreados todos los días usando un medidor de datos de conductividad eléctrica. Los resultados se interpretarán usando análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) u otros modelos lineales.

Simulación en el invernadero. Durante la simulación en el invernadero, las plantas *Typha* y *Phragmites* se cultivarán en macetas de 20 litros y se llenarán de tierra. Tendremos cinco niveles de tratamiento de salinidad: 0, 2, 4, 6 y 8 partes por mil. El nivel del agua se mantendrá por encima del nivel de la tierra para que las raíces estén inundadas en todo momento. Una vez a la semana, el agua de las macetas será vaciada y se reemplazará para mantener en cada maceta el nivel de salinidad cerca del deseado. Al vaciar el agua mediremos el volumen y la salinidad del agua, permitiendo cálculos de consumo de agua y balance de sales. Ya que cada maceta tiene su propia fuente de agua, se tratará de réplicas estadísticas indepen-

dientes. Las macetas estarán colocadas en un diseño de bloque completo de forma aleatoria.

Aumentodeescalayteledetección. Combinaremos las medidas de campo del índice de superficie foliar (LAI, por sus siglas en inglés) y los cálculos QuickBird de la cubierta fraccional y las medidas de satélite MODIS basadas en imágenes del índice de vegetación mejorado (EVI, por sus siglas en inglés) para desarrollar cálculos cuantitativos de la cubierta fraccional, LAI, así como evapotranspiración. El procedimiento será: 1) establecer la biomasa existente con LAI y hacer mediciones de rebrote en las parcelas de un metro cuadrado; 2) localizar los pixeles de 250 metros de la imagen MODIS que rodea a cada sitio; 3) ubicar estos sitios en una imagen QuickBird de alta resolución y cuantificar la cubierta fraccional; 4) usar LAI y la cubierta fraccional y el rebrote de biomasa para correlacionar con índices de vegetación MODIS para los pixeles seleccionados (más o menos 10); 5) usar estas relaciones para aumentarlas a escala a la Ciénega completa y para proyectar los incrementos de salinidad y reducción de volumen usando índices de vegetación MODIS.

Ecoturismo en la Ciénega es una actividad importante que contribuye a la economía local



## Macro invertebrados

Los macro invertebrados bentónicos han sido usados extensivamente para evaluar las condiciones en ríos porque son sensibles a contaminantes y tienen un alto nivel de diversidad de especies. Además, viven en contacto con el sedimento donde los contaminantes tienden a concentrarse, y la respuesta de los diferentes taxones y formas de vida a los contaminantes se encuentran relativamente bien establecidas (Reice y Wohlenberg 1993). Los macro invertebrados contribuyen al ciclo de nutrientes y a la descomposición orgánica y son presas importantes para peces y otros vertebrados acuáticos. Al vivir en los sustratos del fondo o en el sedimento de ríos, las comunidades de macro invertebrados bentónicos responden de manera diferente a una variedad de factores de estrés. Por eso, el tipo de presión en un río se puede determinar analizando la distribución de especies de dicha comunidad (Peck et al. 2001). Los macroinvertebrados bentónicos pueden ser un indicador biológico importante de la calidad del agua y de las condiciones locales (Rosenberg y Resh 1993).

Sin embargo, no se han hecho estudios de ella en la Ciénega. Este protocolo de monitoreo básico está diseñado para proporcionarnos información para evaluar si los macro invertebrados pueden ser un buen indicador para evaluar las condiciones en la Ciénega. El programa de monitoreo clasificará esta comunidad al tomar muestras bentónicas en 21 sitios. Haremos esto una vez con el fin de establecer una línea base. Se usará una red colocada en el fondo y el sedimento será movido con los pies durante un tiempo específico para tomar cada muestra. Una o más muestras compuestas se pueden preparar al combinar dos o más muestras individuales según la ubicación, el tipo de hábitat u otros criterios. Para ayudar a la interpretación de los datos resultantes se deberían registrar varios parámetros del hábitat físico. Para identificarlas, las muestras se mandarían a un laboratorio externo.

## Plancton

El plancton es una parte importante de la cadena alimenticia, pero no existen datos acerca de la comunidad de plancton en la Ciénega. El programa de monitoreo recomienda caracterizar esta comunidad al tomar muestras de plancton en 21 sitios distribuidos en las varias lagunas de la Ciénega. Estas muestras serán coleccionadas remolcando una red de plancton detrás de una lancha por varios minutos. Las muestras se tomarán dos veces al año, en el verano y en el invierno. Para identificarlas se enviarán a un laboratorio externo. Con esta información se podrá determinar la necesidad de modificar el protocolo para una caracterización más completa de la comunidad de plancton de la Ciénega.

## Impacto económico local

Alrededor del 49% de la Ciénega es propiedad privada, mientras que el resto es propiedad federal. La propiedad privada pertenece a tres ejidos: Mesa Rica, Flor del Desierto y Luis Encinas Johnson. Estas tres comunidades (ejidos) se beneficiarán de manera directa de varias de las actividades que se lleven a cabo en la Ciénega, siendo el ecoturismo quizás la más importante. De acuerdo con los líderes de un grupo dedicado al ecoturismo en el ejido Luis Encinas Johnson, que llevan más de una década de operaciones, la cantidad de visitantes ha aumentado durante los últimos años.

En 2005, Pronatura Noreste y Environmental Defense Fund elaboraron un reporte sobre el uso de los recursos naturales de la Ciénega de estas tres comunidades (Carrillo-Guerrero 2005). El estudio se basó en una encuesta de los jefes de familia en tres comunidades locales, entrevistas con empleados de La Ruta de Sonora (el operador de las excursiones), y una encuesta de visitantes a la Ciénega. Los resultados del estudio proporcionan información de línea

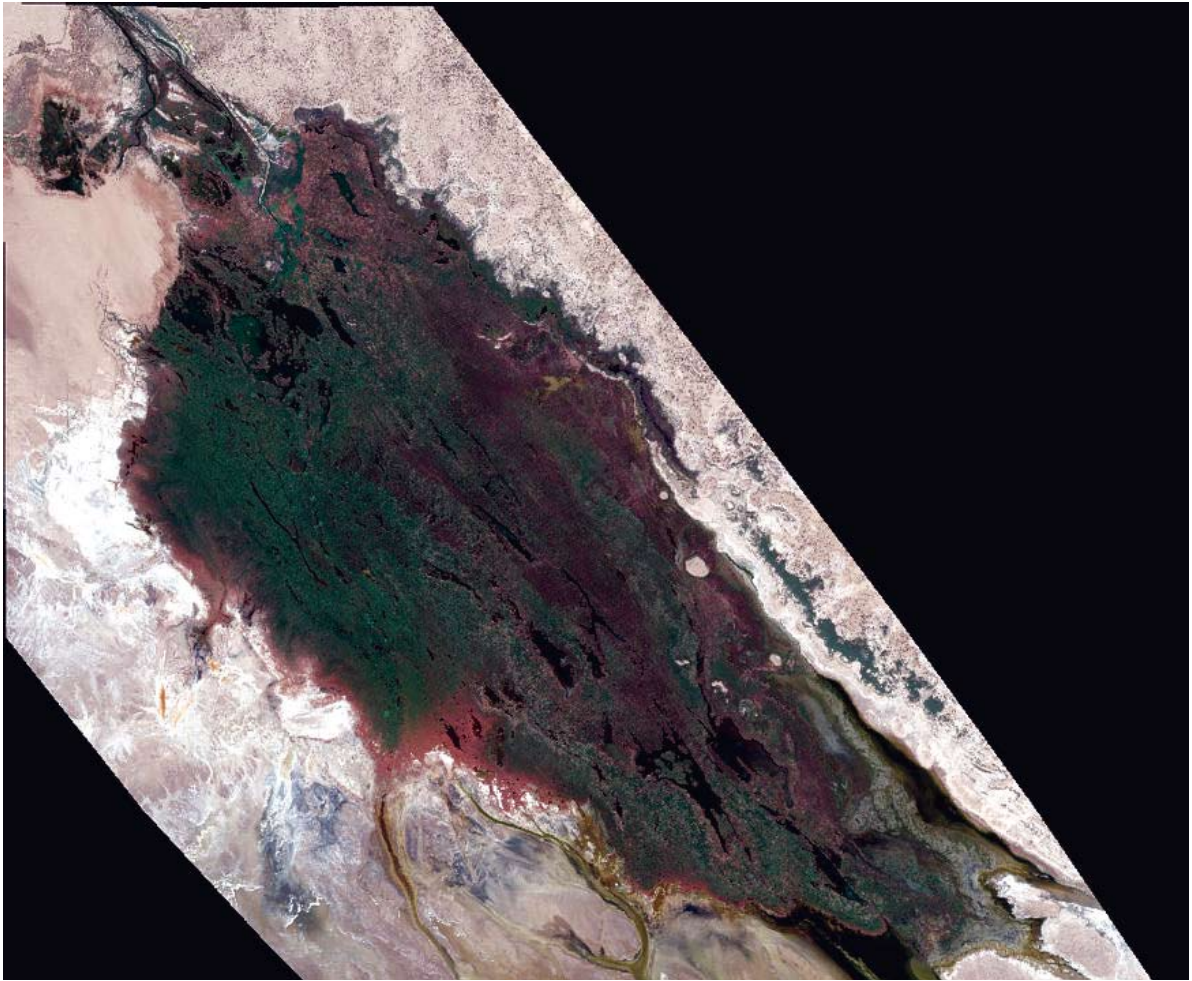


Imagen de satélite del 19 de agosto del 2009

base acerca de la forma que personas de estas comunidades usan la Ciénega y algunos beneficios económicos (ingresos) de estas actividades.

El componente socioeconómico del programa de monitoreo para la Ciénega se basa en este estudio de Pronatura Noroeste y de Environmental Defense Fund. El protocolo de monitoreo será ajustado no solamente para replicar los mismos mecanismos de encuestas, sino también para tratar de registrar el número actual de visitantes y los ingresos generados con el ecoturismo y con actividades relacionadas. Por lo tanto, los componentes del monitoreo son los siguientes:

- Entrevistas con jefes de familia
- Entrevistas con operadores de excursiones
- Entrevistas con visitantes

- Registro del número actual de visitantes y su información demográfica

El programa de monitoreo tiene como fin la cuantificación de los principales indicadores socioeconómicos agrupados en dos categorías: 1) los que están relacionados con las actividades en la Ciénega que generen ingresos; y 2) las actividades de subsistencia o usos de la Ciénega.

## Monitoreo por fotografía

Fotografía terrestre

La repetición de fotografías es un método sencillo que documenta cambios que ocurren con el paso



del tiempo. Se recomienda que se establezcan lugares permanentes para tomar fotografías en estaciones de monitoreo de la calidad del agua y/o lugares de validación de datos para documentar el cambio del sitio. Los lugares para tomar fotografías deberán marcarse con un objeto permanente que se pueda encontrar fácilmente, tal como una barra de hierro pintada con color fosforescente. Este objeto se debería rotular con un número de identificación y las coordenadas GPS tomadas en ese lugar. Para ubicar el lugar de la fotografía también se deberá sacar una fotografía del lugar del punto de monitoreo. Se deberán tomar fotografías repetidas en la misma dirección; por lo tanto, es importante capturar una característica distintiva en el fondo que se pueda usar para ubicar cada fotografía o simplemente orientarla con la ayuda de una brújula. Para cada imagen que se obtenga debe registrarse la siguiente información en la hoja de datos correspondiente: hora, fecha, marcación, descripción del sujeto que se ha fotografiado, nombre de la persona tomando la fotografía, y número de la fotografía. Para más información véase Hall (2002).

### Fotografía aérea

Simples fotografías aéreas (pero no ortofotos) se pueden usar para monitorear patrones de vegetación regional así como otras características hidrográficas de interés en la Ciénega. Por ejemplo, se pueden tomar fotos de los sitios de monitoreo y en otros sitios con el fin de entender los patrones espaciales y temporales de la vegetación y otros parámetros incluidos en el programa de monitoreo. Las fotografías aéreas serán tomadas anualmente en los meses de abril o mayo a una altitud de aproximadamente 1,000 pies (unos 305 m) en días soleados con buena visibilidad. Muchas veces estas imágenes son de importan-

cia crítica en la interpretación de las imágenes de satélite. Todas las fotografías serán tomadas desde la cabina de mando, con una cámara digital de alta resolución (por lo menos 8 megapíxeles). Hay varios proveedores que podrían ofrecer estos sobre vuelos a bajo costo (véase, por ejemplo, Lighthawk en [www.lighthawk.com](http://www.lighthawk.com) y Environmental Flying Services en <http://www.eflying.org/>).

### Validación y disponibilidad de datos

El programa de monitoreo que aquí se propone requiere de la participación de muchas instituciones y generará una gran cantidad de datos de muchos tipos (medidas de parámetros ecológicos, conteos de poblaciones, imágenes, análisis cuantitativos de imágenes). Por lo tanto, es importante integrar estos datos, hacerlos disponibles a todos los participantes con el propósito de su validación, y proveer una base de datos compartida para todas las partes interesadas en la Ciénega.

Estableceremos un almacén de datos (base de datos e imágenes) en la Universidad de Arizona. Los datos nuevos, que hayan sido coleccionados en el campo, se anunciarán durante las dos semanas posteriores a su obtención, y estarán disponibles para todos los participantes y agencias que hayan proporcionado fondos para propósitos de revisión y validación. Se podrá tener acceso a estos datos por medio de un sistema de contraseñas, las cuales se proporcionarán a cada participante y a cada agencia que haya aportado fondos. Se contará con un período de inspección de un mes para realizar cualquier corrección que sea necesaria. Después de esto, los datos y las imágenes serán subidas a un sitio público y estarán disponibles para todos.

Alentaremos la publicación de datos y análisis en literatura científica arbitrada. Los autores tendrán

que mencionar a todos los participantes del programa de monitoreo así como todas las fuentes de financiamiento.

## REFERENCIAS CITADAS

- Bart, J. R. 2004. Shorebird Monitoring Plan for Western North America. Forest and Rangeland Ecosystem Science Center, U.S. Geological Survey. Disponible en: [http://fresc.usgs.gov/research/StudyDetail.asp?Study\\_ID=115](http://fresc.usgs.gov/research/StudyDetail.asp?Study_ID=115).
- California Native Plant Society Relevé Protocol. 2003. Disponible en: <http://www.cnps.org/archives/forms/releve.pdf>.
- Carrillo-Guerrero, Y. 2005. Community use of the Ciénega de Santa Clara by the Ejidos owing it: Ejido La Flor del Desierto, Ejido Mesa Rica, and Ejido Luis Encinas Johnson. Pronatura Noroeste Special Report presented to Environmental Defense. 46 pp.
- Conway, C. J. 2008. Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols. Wildlife Research Report #2008-01. U.S. Geological Survey, Arizona Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Tucson, AZ. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/research/azfwru/cjc/research/National%20Marsh%20Bird%20Monitoring...%20North%20America/publications/NorthAmericanMarshBirdSurveyProtocols.pdf>.
- Gibbs J. P. 1995. *Monitor version 6.2 users manual*. Exeter Software. Setauket, New York.
- Glenn, E. P., F. Zamora-Arroyo, P. L. Nagler, M. Briggs, W. Shaw y K.W. Flessa. 2001. Ecology and conservation biology of the Colorado River Delta, Mexico. *Journal of Arid Environments* 49: 5-15.
- Hall, F. C., 2002. Photopoint Monitoring Handbook. Pacific Northwest Field Station, U.S. Department of Agriculture. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr526>.
- Hinojosa-Huerta, O., S. DeStephano y W.W. Shaw. 2000. Distribution, abundance, and habitat use of the Yuma clapper rail in the Colorado River Delta, Mexico. Preliminary Report to the U.S. Fish and Wildlife Service. University of Arizona, Tucson. 15 pp. Morrison, M. L. 2002. Wildlife restoration: Techniques for habitat analysis and animal monitoring. Society for Ecological Restoration. Island Press, Washington, DC.
- Peck, D. V., D. K. Averill, J. M. Lazorchak y D.J. Klemm (eds.). 2001. Environmental monitoring and assessment program surface waters: Western pilot study field operations and methods for nonwadeable rivers and streams. U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, OR.
- Piést, L. y J. Campoy. 1999. Report of Yuma clapper rail surveys at the Ciénega de Santa Clara, Sonora, 1998, Report to Arizona Game and Fish Department, Yuma, AZ.
- Reice, S. R. y M. Wohlenberg. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health. Pp. 287-305. En: D. M. Rosenberg y V. H. Resh (eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York.
- Rosenberg, D. M. y V. H. Resh (eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York, NY.
- Sall, J. y A. Lehman, 1996. *JMP start statistics*. SAS Institute, Duxbury Press, Belmont, CA.
- Thomas, L., J. L. Laake, S. Strindberg, F. Marques, S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. R. Anderson, K. P. Burnham, S. L. Hedley y J. H. Pollard. 2002. Distance 4.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment (<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>), University of St. Andrews.

**Anexo 1. Participantes en el taller para desarrollar un programa de monitoreo binacional y colaborativo para la Ciénega de Santa Clara. 15 al 16 de enero de 2009. Organizado por la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (CONANP) y el Research Coordination Network-Colorado River Delta (RCN-CRD/UA)**

Equipo de monitoreo	Afiliación	Correo electrónico
José Campoy Favela	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) - Reserva de la Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado	jcampoy@conanp.gob.mx
Karl Flessa	Research Coordination Network-Colorado River Delta, University de la Arizona (RCN-CRD/UA)	kflessa@email.arizona.edu
Rocío Brambila	Research Coordination Network-Colorado River Delta, University of Arizona (RCN-CRD/UA)	brambila@email.arizona.edu
Francisco Zamora	Sonoran Institute y University of Arizona (SI/UA)	Fzamora@Sonoran.Org
Osvel Hinojosa	Pronatura Noroeste	osvelhh@gmail.com
Jaqueline García	Centro de Investigación y Alimentación y Desarrollo (CIAD-Guaymas)	jaqueline@ciad.mx
Laura Lopez -Hofman	University of Arizona (UA)	lauralh@email.arizona.edu
Ed Glenn	University of Arizona (UA)	eglenn@ag.arizona.edu
Lourdes Mexicano	University of Arizona (UA)	mexicano@email.arizona.edu
Cheryl McInteryre	Sonoran Institute (SI)	CMcIntyre@Sonoran.Org
<b>Additional Participants</b>		
Roberto Márquez	Instituto Nacional de Ecología (INE)	rmarquez@ine.gob.mx
Chuck Cullom	Central Arizona Project (CAP)	ccullom@cap-az.com;
Holly Cheong	Southern Nevada Water Authority (SNWA)	Holly.Cheong@snwa.com
Francisco Bernal	Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA)	fbernal@cilamexuea.gob.mx
Adriana Reséndez	Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA)	aresende@cilamexuea.gob.mx
Carlos Peña	International Boundary and Water Commission (IBWC)	carlospena@ibwc.state.gov
Jennifer Pitt	Environmental Defense Fund	jpitt@edf.org
José A. Huerta R.	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) /Organismo Cuenca Peninsular B.C.	jose.huerta@conagua.gob.mx
José Francisco Téllez G.	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) /Organismo Cuenca Peninsular B.C.	francisco.tellezg@conagua.gob.mx
María Ramírez	United States Bureau of Reclamation (USBR)	mr Ramirez@lc.usbr
Peter Silva	Metropolitan Water District	psilva@mwdh2o





Juan Butron, un líder local en la conservación de la Ciénega