



“Los pueblos y los humedales: un nexo vital”

7a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), San José, Costa Rica, 10 al 18 de mayo de 1999

Sesión Técnica IV:

Instrumentos para evaluar y reconocer los valores de los humedales

Documento 4

Aplicaciones de un SIG asequible para el usuario a la conservación de los humedales a nivel de sitio

Por Suzanne Palminteri, George Powell, R. Glenn Ford, Janet Casey

1. La protección y la gestión informada de un humedal exige el conocimiento de las relaciones geográficas entre los componentes clave, incluidos el agua, el suelo, la vegetación, los animales y la infraestructura humana. La posibilidad de representar en el espacio y analizar la información de que dispone le facilitará y fortalecerá su capacidad de planificar y adoptar decisiones sobre la gestión. En esta exposición, examinaré la forma en que los sistemas de información geográfica asequibles al usuario pueden mejorar la capacidad de los administradores en el sitio para asimilar e interpretar datos que les ayuden a responder a las preguntas sobre la gestión.

¿Qué es el SIG?

2. **Definición:** El Sistema de Información Geográfica (SIG) combina el soporte lógico con el soporte físico para acceder a visualizar, manipular y desplegar una amplia serie de información orientada geográficamente, tal como usos de la tierra, tipos de suelos, tipos de vegetación, precipitaciones, curvas de nivel, infraestructura humana o distribuciones de las especies -es decir, todo lo que pueda ser registrado en un mapa.
3. **Conceptos simples:** El concepto del SIG no es difícil: su metodología básica consiste en superponer dos hojas de acetato transparente, cada una con información geográfica sobre una zona. Cuando los diferentes conjuntos de datos sobre la misma zona geográfica se superponen y visualizan juntos, a menudo surgen configuraciones y relaciones entre ellos que de otra manera permanecerían ocultas. Para demostrar la forma de superponer datos en un trabajo SIG, muestro una serie de mapas, el primero de los cuales indica la serie de tipos de vegetación sobre la costa occidental del lago Manyara, en Tanzania septentrional. Un segundo mapa de la zona presenta el límite del Parque Nacional Manyara, con el acantilado que desciende hasta la zona del lago. Si se superponen, estos dos conjuntos de datos proporcionan más información: por ejemplo, juntos indican los tipos de vegetación que están protegidos por el parque y aquellos que quedan fuera del parque.

4. Un mapa compuesto del parque y su vegetación resultará útil como un mapa base para estudiar las migraciones entre los humedales que se encuentran a lo largo del lago y otros tipos de hábitat adyacentes, tanto dentro como fuera del Parque, o bien, como un instrumento de promoción para comunicarse con los funcionarios del gobierno, los turistas o el público, con el objeto de demostrar la variedad de hábitat que protege el Parque.
5. **Obstáculos:** A pesar de su valor y simplicidad conceptual, el SIG ha quedado fuera del alcance de muchas personas encargadas de la conservación en el terreno debido a los elevados costos iniciales, a una curva de aprendizaje marcada, y al desconocimiento de su valor para la conservación. Pero esto necesariamente no tiene por qué ser así, un ordenador normal y una inversión del orden de 750-1.000 dólares EE.UU. en soporte lógico, una tablilla digitalizadora más pequeña, una impresora de chorros de tinta y un GPS (Sistema de Posicionamiento Mundial) manual proporcionarán a la mayoría de los grupos suficiente capacidad, desde el punto de vista del SIG, como para producir mapas y llevar a cabo análisis ecológicos básicos.
6. Durante más de un decenio, han existido varias opciones de alta tecnología y poderosos SIG que clasifican y analizan grandes imágenes por satélite y/o llevan a cabo programas avanzados de modelación. Esta alta tecnología, en manos de expertos informáticos, ha resultado sumamente valiosa para los análisis mundiales, continentales y regionales. Sin embargo, está surgiendo ahora otro nivel de SIG que permite a los encargados de la gestión y de la conservación a nivel de terreno aplicar, con mínimos conocimientos informáticos, los mismos tipos de análisis para la protección y la gestión de un sitio de humedal.
7. Me centraré en esta exposición en la puesta a disposición de los administradores que trabajan en los distintos sitios la tecnología propia del SIG. Existen sistemas más sencillos, cuyo aprendizaje lleva sólo unos pocos días, y no meses, que cuestan unos pocos cientos de dólares, en lugar de miles, que pueden adquirirse y prestar la mayoría de las funciones que necesitan los usuarios en la esfera de la conservación y gestión de los recursos naturales. Estos sistemas se basan en ordenadores estándar, que están al alcance de la mayoría de los grupos dedicados a la conservación.
8. Por supuesto, el alcance del proyecto de cada uno, así como las necesidades de análisis y presentación del mismo, determinarán la escala de la inversión en soportes lógico y físico. Sin embargo, es importante reconocer que muchas de las funciones básicas, especialmente a nivel de la reserva o del sitio objeto de investigación, pueden ser desempeñadas por los administradores o investigadores mismos con un equipo corriente.

El valor del SIG para la conservación de los humedales

9. La utilidad de un SIG asequible al usuario para la conservación de los humedales depende de las necesidades del administrador de los recursos. Se podría preparar un mapa en el que se indique la ubicación de un proyecto de carretera o fábrica en relación con un humedal existente, mientras en otro mapa se podría determinar en qué forma la hidrología de la zona corresponde a las ubicaciones de colonias de aves zancudas o comunidades de vegetación. Sin embargo, tal vez otros deseen preparar mapas de la vegetación existente en los humedales en

distintos años para indicar la difusión o la disminución de determinadas especies, tales como perifiton o espadañas (*typha*).

10. Un SIG asequible al usuario puede ayudar a los profesionales encargados de la conservación a proteger y administrar los recursos de humedales mediante: 1) la comunicación de una situación o relación; 2) la realización de análisis sencillos, tales como la medición y la intersección de los elementos cartográficos; 3) el análisis de las distribuciones de especies y hábitat; 4) la elaboración de modelos de variaciones potenciales o cambios en el hábitat, tales como el flujo de agua transmisora de contaminantes; y 5) la guía de los recursos y la planificación del aprovechamiento de la tierra, respondiendo a preguntas sobre gestión a través de la superposición de los datos.
11. Para demostrar en qué forma pueden seguirse estos procedimientos con un programa SIG relativamente sencillo utilizaré como ejemplo mapas preparados en un SIG fácil de aprender denominado CAMRIS. No obstante, las aplicaciones presentadas en estos estudios de casos prácticos pueden aplicarse a diversos programas.

El poder de comunicación de los mapas

12. Uno de los usos más básicos e importantes del SIG para la conservación es la comunicación de información a las personas encargadas de adoptar decisiones, los donantes, la prensa, los vecinos y el público en general. Como ejemplo, proporciono un mapa simple de Florida Everglades que indica las posiciones relativas de una de las principales "cuencas superiores del humedal", Taylor Slough, y una expansión de la agricultura en los lugares donde se proponía una mayor desecación. Si bien el impacto potencial del desarrollo agrícola lamentablemente es evidente para cualquier defensor de los humedales, una simple demostración como ésta puede resultar de gran ayuda para que las personas encargadas de adoptar decisiones y que carecen de información suficiente comprendan las amenazas de una acción de ese tipo para un humedal. Si es cierto que una imagen vale mil palabras, un mapa anotado que indique las posiciones relativas de los componentes sensibles de un humedal y las actividades destructivas propuestas vale muchos miles de palabras. El SIG nos permite reunir rápidamente los componentes pertinentes de una cuestión y presentarlos en una forma muy elocuente.
13. La capacidad de un SIG para exponer información a diversas escalas espaciales ayuda a los propietarios, a los administradores de sitios y a otros a reconocer el papel que cumple su propiedad o sitio en el paisaje más amplio. Dado que no siempre son evidentes las conexiones entre los humedales de una región para los políticos o el público en general, puede ser de ayuda mostrar la información de que se dispone en mapas a diferentes escalas espaciales. Por ejemplo, si observamos este mismo mapa a una escala espacial más amplia, vemos que el lago Manyara y los humedales conexos no están funcionando aisladamente, sino que son parte de un complejo de humedales más vasto. Esta superficie más grande incluye los arroyos y humedales del vecino Parque Nacional Tarangire, que son fuentes de agua durante la estación seca esenciales para muchos animales de Tanzania septentrional. Si se consideran los datos de esta forma, puede resultar más fácil a los administradores o conservadores del Parque justificar la protección de las tierras asociadas a los sistemas de humedales en estos dos Parques, o las limitaciones al uso de las mismas por los seres humanos.

Análisis sencillos

14. En el SIG los mapas se utilizan no sólo para mostrarlos a los demás sino también para determinar las prioridades de investigación o conservación en el seno del propio equipo de investigación o conservación. Análisis geográficos simples, tales como la medición, la amplificación, y la intersección de los elementos cartográficos, permitirá establecer distancias, tales como la existente entre un terreno para edificar y un humedal, o superficies tales como la extensión de un bosque inundado o una zona continuamente inundada.
15. Disponemos de un mapa de base de la Reserva Celestún (llamada también Parque Natural Celestún), situada en el lado occidental de la Península de Yucatán, en México. La ventaja de dividir los datos en láminas, utilizando un SIG, es que permite al usuario no solamente tomar y elegir las láminas de información que desee para examinar en determinado momento lo que le interese, sino también actualizar rápidamente el mapa y luego imprimir, cuando sea necesario, más copias. Por ejemplo, si un investigador en Celestún deseara situar tipos de vegetación específicos en la Reserva, sin tener que mirar las ciudades y carreteras, le bastaría sacar las láminas donde se señalan las carreteras y ciudades y añadir la lámina que contiene los datos sobre la vegetación.
16. El administrador de la Reserva Celestún podría tener otros intereses que exigieran visualizar la estructura humana. Por ejemplo, podría incluir o no en el mapa simple de base información sobre la vegetación y ver rápidamente e imprimir una imagen ampliada de un sector específico de la Reserva, tal como el extremo septentrional. Esta posibilidad sería útil si, digamos, se propusiera mejorar un pequeño camino de tierra situado en ese sector. Al actualizar la lámina que contiene el camino, el administrador podría entonces medir el largo del camino dentro de la Reserva.
17. Si usted fuera administrador del sitio, tal vez desearía identificar zonas donde hay determinados tipos de vegetación, o salinas, estuarios y las riberas que resultarían afectadas por la ampliación del camino. Para hacerlo, podría poner de relieve las zonas que serían afectadas si el impacto de la ampliación del camino se extendiera un kilómetro en cada dirección. Un simple cálculo de márgenes de amplificación le proporcionará la información deseada.
18. ¿Cuál será el impacto del camino si se extendiera realmente dos kilómetros en cada dirección? Las mismas características básicas de la disposición de mapas de un SIG le permitirán crear múltiples versiones de un mapa, utilizando la misma información básica y cambiando solamente la lámina que contiene la zona que recibirá el impacto del camino, sin tener que recrear todas las láminas cada vez. Utilizando un SIG para superponer la lámina que contiene la zona de impacto o de amortiguación con una lámina que contiene los tipos de vegetación de esa zona, podrá saber la cantidad de cada tipo de vegetación que resultará afectada por el camino.
19. Este conocimiento es esencial para examinar la situación con los funcionarios del gobierno, otros propietarios de tierras, los constructores de carreteras y el público. Probablemente el constructor utilizará un SIG para determinar el lugar más económico y eficaz para ampliar la

carretera, pero tal vez con información adicional del administrador de la Reserva, tendrá también en cuenta en su decisión el impacto para el medio ambiente.

Análisis de la distribución

20. Los análisis de distribuciones, tales como tipos de hábitat o movimientos estacionales de individuos o grupos de animales, pueden llevarse a cabo mediante un SIG asequible al usuario. Se pueden combinar mapas oficiales de la vegetación o de la vida en determinada zona, o imágenes por satélite, con los datos reunidos en el terreno que se incluirán en el SIG a partir de un sistema de posicionamiento mundial (GPS) o señalizaciones sobre mapas del terreno impresos.

Distribuciones de hábitat

21. Disponemos de una imagen por satélite donde se indican distintos tipos de bosques inundados, o Varzea, en la Reserva Mamiraua, en el Amazonas brasileño. Los diferentes colores corresponden a distintos tipos de vegetación, que se distinguen por sus diversos niveles de inundación, dado que las aguas del Amazonas y sus afluentes aumentan y descienden hasta 10 metros cada año. Esta Reserva es el hábitat, durante parte del año, de miles de aves zancudas, incluidos los cormoranes y las aningas, las cigüeñas, los airones y varias especies de garzas. El mayor número de aves llega cuando el nivel de las aguas desciende, y los peces se concentran en extensiones de agua más pequeñas y aisladas.
22. Las imágenes por satélite proporcionan información a gran escala sobre los tipos de vegetación y los actuales usos de la tierra de una zona en determinado momento. En un trabajo a una escala más refinada, también resultan útiles fotos aéreas e imágenes por satélite de alta resolución para situar y determinar las distribuciones de determinadas comunidades, tales como los manglares o la vegetación sumergida.
23. Una visión ampliada de la imagen indica que existen determinados lagos dentro de la Reserva Mamiraua. Si bien esta imagen muestra las dimensiones y la ubicación de los lagos en determinado momento, se puede comparar con otra imagen anterior o posterior que indique cambios de vegetación, que podrían revelar a su vez cambios en la calidad o cantidad del agua. Además de visualizar los distintos tipos de vegetación Varzea, así como la arena y el agua, el SIG puede ayudar a calcular la superficie de cada tipo de vegetación. Si se utilizan imágenes de dos años diferentes, el administrador de la Reserva podrá comparar la superficie total abarcada por cada tipo de hábitat.

Estacionalidad de las distribuciones de animales

24. Otra característica útil para el administrador del sitio es la capacidad de importar determinados puntos, sea de una base de datos, con referencia del GPS, o de trazados gráficos sobre mapas del terreno. Si los puntos representan observaciones, tales como estos sitios de observación de un cocodrilo radioisotopizado en la Reserva Mamiraua, el usuario del SIG puede calcular un polígono convexo mínimo básico alrededor de esos puntos, así como polígonos que

representen el 50% o el 95% de las observaciones del animal, estableciendo de esa forma el alcance de su hábitat.

26. Si estos puntos de observación se superponen a la imagen del Mimiraua, el usuario podrá estimar no solamente la extensión del hábitat, sino también los tipos de vegetación en los cuales este determinado animal probablemente se encontrará. Estos cálculos proporcionan al usuario la información sobre la utilización del espacio de determinadas especies que puede orientar los esfuerzos de protección.
27. Los datos reunidos a lo largo de una faja lineal, tal como la línea de una costa, pueden presentarse gráficamente como series lineares de polígonos para facilitar la visualización. Los humedales que se encuentran a lo largo de la Bahía Delaware, sobre la costa de New Jersey, en los Estados Unidos, son una escala para las migraciones mundiales de aves costeras. A cada segmento de faja de línea costera se asignan valores numéricos basados en las densidades de las distintas especies de aves costeras (aves por kilómetro) en ese segmento durante la migración de primavera. El científico que ha hecho este mapa creó una zona de reserva alrededor de la línea costera real para elaborar una línea costera poligonal. Las bandas coloreadas más oscuras representan zonas con densidades más altas de aves costeras.

Representación mediante modelos

28. Si bien el programa SIG a nivel de sitios a menudo se utiliza principalmente para elaborar mapas y presentar información, puede resultar útil también para predecir situaciones futuras, según las actividades actuales. Al administrador de un humedal tal vez le interesen los efectos de los cambios en el uso de la tierra para los cursos de agua de determinada vertiente o la proporción de petróleo o contaminantes que las aguas pueden llevar a la costa o a otra extensión de agua, y la dirección en que pueden hacerlo.
29. Para los humedales, tales como aquellos a lo largo de la Bahía Delaware, que están situados cerca de centros urbanos o comerciales, el administrador tal vez desee presentar en un modelo el impacto de tales derrames para las aves costeras o la calidad del agua. Como ejemplo, he aquí una visión de la superposición del mapa de densidad de aves costeras con el resultado del modelo de derrame de petróleo de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA materiales peligrosos), que indica el movimiento del petróleo sobre la base de un escenario de derrame de 48 horas.
30. En el caso de humedales de la Laguna Mugu, en California, que están situados cerca de fuentes de contaminación comprobadas, un modelo de transporte de la contaminación producida se intercala con el SIG. He aquí un mapa donde se indican los resultados del modelo de transporte, que señala las fuentes de contaminación, las zonas de la laguna con densidades más altas y más bajas de contaminantes y la dirección e intensidad de la corriente de agua a través de un ciclo de mareas sobre una cuadrícula.

Planificación

31. La planificación para la conservación de los sitios de humedales puede incluir una o varias de las actividades siguientes: la determinación de los sitios prioritarios para conectar las zonas naturales, la negociación sobre la selección de los emplazamientos para una nueva reserva, una nueva obra de construcción o un proyecto agrícola, o la formulación de recomendaciones de políticas a nivel de sitios para los encargados de adoptar decisiones. Para llevar a cabo cualquiera de estas actividades, los profesionales encargados de la conservación deben considerar diversos factores naturales y humanos, tales como la inclinación, el tipo de suelo, el nivel freático, la distribución de las especies amenazadas, el precio de la tierra y la extensión del hábitat en el sitio, así como su distancia de otros hábitat naturales, corredores de transporte y centros de población. La superposición de tales datos proporciona información sobre las interacciones y situaciones geográficas relativas de estos diferentes factores. Esta información es decisiva para poder responder a preguntas de gestión tales como 1) ¿Cuáles superficies están inundadas todo el año? 2) ¿Qué zonas no protegidas son fundamentales para mantener las corrientes de agua que se dirigen a una zona de humedales? 3) ¿Qué zonas son utilizadas más intensamente por las aves zancudas? 4) ¿Qué sitios exigen restauración? 5) ¿Qué zonas contienen plantas amenazadas? 6) ¿Qué zonas contienen plantas amenazadas y requieren restauración?
32. Las respuestas a preguntas como éstas permiten al administrador del humedal tener información acerca de los lugares donde se presentan oportunidades y amenazas de conservación, indican sitios que merecen una atención prioritaria y ayudan a fortalecer los argumentos en pro de la conservación en lo que concierne a la ubicación de obras de construcción o al desarrollo de políticas favorables a las zonas que rodean los humedales.
33. Por ejemplo, los datos sobre la distribución de aves zancudas fueron reunidos durante varios meses en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, en México sudoriental. Sobrevolando la zona para seguir determinadas fajas e introducir datos de la observación en el SIG, los investigadores de la ONG Amigos de Sian Ka'an establecieron una base de datos con respecto a densidades de aves zancudas basados en valores de densidad asignados a cuadrantes de dos minutos en la cuadrícula. Utilizando el SIG, los investigadores generaron curvas de densidad sobre la base de estos valores de cuadrantes.
34. Estos datos sobre la densidad indican dónde se congregan las aves zancudas, pero también pueden elaborarse curvas para responder a tipos concretos de interés, tales como especies raras o endémicas. Estos datos se pueden aplicar a varias preguntas relativas a la gestión, entre ellas: dónde ubicar zonas protegidas clave en la Reserva Biosfera, dónde concentrar los esfuerzos de investigación y protección, o qué lugares los turistas deben o no visitar. El conocimiento de las preferencias de las aves también puede utilizarse en el futuro como un indicador preliminar de las distribuciones respectivas de vegetación o inundaciones, que permitirían a los administradores de la Reserva reaccionar en forma adecuada a los cambios que se verifiquen en uno u otro de estos factores.

¿Por qué utilizar un SIG asequible al usuario?

35. El empleo de un SIG puede beneficiar prácticamente a todos aquellos que se ocupan de la investigación, el monitoreo ecológico, la gestión y la conservación de humedales. Todas estas

actividades tienen un componente espacial importante y, en consecuencia, se pueden facilitar con el tratamiento de la información geográfica.

36. De nuestra experiencia de formación de grupos que se ocupan del medio ambiente, estudiantes, administradores de zonas protegidas e investigadores de países en desarrollo, hemos comprobado que para que los encargados de la conservación en el terreno sean eficientes, el SIG debe resultar fácil tanto desde el punto de vista del aprendizaje y la aplicación, como desde el punto de vista de la enseñanza.
37. Además, debe permitir al usuario almacenar, actualizar, visualizar, analizar y desplegar información -utilizando siempre un equipo informático normalizado. Esto es especialmente válido para el personal y los grupos que trabajan en el terreno en comunidades más pequeñas, que no tienen acceso a departamentos comerciales o institucionales de geografía y tratamiento de datos. A menudo estos grupos no tienen la capacidad técnica de un analista SIG a tiempo completo ni los fondos para contratar especialistas en SIG para que preparen los mapas que necesitan.
38. En algunos países, los usuarios de SIG pueden adquirir archivos de datos específicos -tales como fronteras políticas, zonas protegidas, carreteras y ríos de una región- en formato digital, que ahorra considerable tiempo para el ingreso de los datos. Sin embargo, en muchos casos, estos datos generalmente se obtienen de fuentes a una escala aproximada, y a menudo no se consiguen en el mundo en desarrollo. En muchos países en desarrollo, el acceso a los datos digitalizados es limitado o inexistente, y muchos grupos deben ingresar todos los datos básicos de sus esferas de interés en el SIG ellos mismos. Y, por supuesto, un proyecto típico de investigación irá generando continuamente nuevos datos, que luego podrán incorporarse a la base de información.
39. Incluso si uno dispone de datos digitales o imágenes por satélite de su sitio o región, nada podrá sustituir una verdadera verificación en el terreno y el conocimiento de su zona. El administrador de recursos, que conoce el sitio de su proyecto y las especies de interés puede detectar errores en los mapas en papel y las imágenes a una escala aproximada y utilizar el SIG para actualizar la información geográfica cuando sea necesario. Muestro mapas que muestran los datos sobre la ubicación de las zonas de bosques más altos y más secos (restinga) en la Reserva Mmiraua, en el Brasil, reunidos mediante sobrevuelos. La distribución de esta zona de restinga fue analizada e incorporada en el SIG, donde pudieron compararse con los tipos de vegetación indicados por las imágenes por satélite de la zona.
40. En consecuencia, un SIG que permita el fácil ingreso de los datos de los mapas en papel, los sistemas de posicionamiento mundial, la brújula, las lecturas a distancia, y los archivos de datos permitirán a una Organización o a un proyecto de investigación reunir la información geográfica básica que necesita para comenzar a analizar y presentar información. Un sistema de bajo costo y asequible al usuario también alienta a una gama más amplia de funcionarios de organizaciones o de proyectos a utilizar el programa, asegurando de esa manera la continuidad del acceso a los datos, incluso si un usuario importante del SIG abandona el grupo.

41. Permitiendo al usuario llevar a cabo operaciones tales como las que acabamos de examinar sobre un sistema cuyo aprendizaje y empleo resulta fácil, el SIG a nivel de sitios podrá ayudar a las organizaciones más pequeñas en el terreno y a los estudiosos a aprovechar sus limitados recursos de conservación de la forma más eficiente y eficaz posible.