

EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (GIS) EN EL MANEJO DE LA FAUNA SILVESTRE

Gilberto Chávez León*

RESUMEN

Se realizó una revisión de literatura para conocer el uso de los Sistemas de Información Geográfica (Geographic Information System: GIS) en el manejo de la fauna silvestre. Algunas agencias de recursos naturales internacionales y de los Estados Unidos de América están usando GIS para resolver problemas de la fauna silvestre con relación espacial, principalmente evaluaciones del hábitat. Aunque el método más usado para la captura de datos ha sido la digitalización manual o automática de mapas existentes, una nueva tecnología está facilitando la integración de sensores remotos y técnicas de radio telemetría con GIS, que permite reducir en gran medida los costos y el tiempo necesario para la captura de datos. El uso de GIS en el manejo de la fauna silvestre permite mayor eficiencia, flexibilidad y precisión que las técnicas manuales o mecánicas.

INTRODUCCION

Uno de los objetivos importantes en la investigación y manejo de la fauna silvestre es identificar, evaluar, mapear y manejar comunidades vegetales como hábitat para poblaciones animales, aspectos que generalmente han sido realizados con técnicas manuales o mecánicas, lo cual se dificulta en terrenos inaccesibles y además por falta de herramientas adecuadas y económicas para inventarios de grandes unidades ecológicas y la ausencia de sistemas apropiados para el almacenamiento, manejo y recuperación de datos (Mayer, 1984).

*Biólogo y M. en C. Investigador de la Red de Domesticación del Campo Experimental Uruapan, CIFAP-Michoacán, INIFAP.

Los rápidos avances en las áreas de la computación y de los sensores remotos han permitido disponer de herramientas más adecuadas para la colección, clasificación, manejo y análisis de datos espaciales, son las principales ventajas de los Sistemas de Información Geográfica (Geographic Information Systems: GIS).

Un GIS, para ser considerado un sistema de software, tiene que incluir como componentes principales los siguientes subsistemas: (1) captura de información, (2) almacenamiento y recuperación de datos, (3) manipulación y análisis de datos y (4) reporte de datos que deben funcionar eficientemente (Marble, 1977). Las funciones de estos cuatro componentes se definen de la siguiente manera de acuerdo a Marble y Peuquet (1983):

1) Captura de datos. Mezcla de operaciones manuales y automáticas de digitación junto con actividades asociadas de limpieza y edición de datos.

2) Almacenamiento y recuperación de datos. Creación inicial de la base de datos especial junto con operaciones subsecuentes de actualización y consulta de la misma.

3) Manipulación y análisis de datos. Creación de variables compuestas por medio de actividades de procesamiento dirigidas hacia atributos espaciales y no espaciales de las entidades del sistema.

4) Reporte de datos. Creación de reportes tabulares y cartográficos que reflejan una recuperación y manejo selectivos de entidades dentro de la base de datos.

El GIS se distingue de otros sistemas de información (por ejemplo, Sistemas de Información Administrativa (MIS) para aplicaciones de negocios) por su enfoque explícito en entidades e interrelaciones espaciales. Los biólogos de la fauna silvestre están empezando a usar la tecnología GIS conscientes de sus ventajas como una herramienta poderosa y eficiente para la solución de problemas de la fauna silvestre con relación espacial y temporal. Los principales usuarios son manejadores e investigadores del hábitat de la fauna silvestre, aunque su uso se está extendiendo a áreas tales como el estudio de poblaciones faunísticas y especies en peligro de extinción.

El propósito de este trabajo es contribuir a difundir en México la tecnología de Sistemas de Información Geográfica partiendo de una revisión de literatura de los resultados y problemas encontrados durante el uso de GIS en el manejo de la fauna silvestre en el extranjero, ya que esta tecnología es poco conocida en México.

Serán presentadas tres diferentes áreas de interés: (1) el uso de GIS por agencias de recursos naturales, nacionales y estatales de los Estados Unidos de América; (2) la interacción de alta tecnología (Sensores Remotos y Radio Telemetría) con GIS; y (3) sus aplicaciones específicas.

USO DE GIS POR AGENCIAS DE RECURSOS NATURALES

El Global Resources Information Database (GRID) del Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), usó un GIS (ARC/INFO) para la colecta y procesamiento de datos globales del medio ambiente a varios niveles (Simonett, 1988). Una de sus aplicaciones en el manejo de la fauna silvestre fue describir el número, distribución y tendencia de las poblaciones del elefante africano (*Loxodonta africana*). Una variedad de mapas temáticos tales como áreas protegidas, vegetación población y precipitación pluvial, fueron combinados con información sobre la cantidad de elefantes para desarrollar un modelo sobre la densidad. Este modelo fue usado para estimar densidades en áreas donde sus números no se conocían previamente. Como resultado, la información final fue usada por diferentes países africanos para establecer cuotas para el comercio de marfil antes de su veda internacional en 1989.

El Servicio de Pesca y Fauna Silvestre (Fish and Wildlife Service FWS) de los Estados Unidos usa GIS entre una variedad de herramientas de cómputo para ayudar a resolver problemas relacionados con el habitat. Los usos del GIS en este caso, incluyen la revisión y evaluación de áreas de conflicto para el desarrollo de recursos naturales y las alternativas de manejo, proveer información para modelos de habitats, modelos de vulnerabilidad, entre otros. (LaRoe *et al.* 1983), quienes destacan que la posibilidad de fusionar el GIS con otras herramientas de cómputo empleadas por el FWS y sus beneficios; sin embargo, señalan que las herramientas desarrolladas deben ajustarse al conocimiento biológico y no limitarse a las necesidades de la tecnología.

Uno de los primeros intentos para evaluar el GIS en el manejo de la fauna silvestre fue hecho por el FWS (Salmen, 1977). El objetivo de evaluar los sistemas

de Información Geográfica capacidad operacional que aceptara, almacenara, manipulara y produjera datos especialmente relacionada con el fin de ser empleados en una variedad de programas del FWS. Salmen *et al.* (*op. cit.*) compararon las capacidades operacionales de 54 sistemas existentes de software y bases de datos geográficas. En esa comparación de GIS se consideraron dos criterios: a) críticos operacionales referidos a las características generales del hardware y software de un programa particular y b) criterios funcionales referidos a la función de lógica real o tareas efectuadas por un software específico.

El National Wetlands Inventor y Project del FWS está construyendo una base de datos nacionales de áreas pantanosas con referencia geográfica usando con GIS (Gebhard, 1987). El GIS comprende tres sistemas principales: (1) el Sistema de Mapeo Analítico de Areas Pantanosas (Wetlands Analytical Mapping System: WAMS) el cual es un sistema de manejo que sirve como digitalizador editor y base de datos, (2) el Sistema Estadístico y de Sobreposición de Mapas (Map Overlay and Statistical System: MOSS), que se emplea para recuperar, analizar y desplegar mapas, y (3) el Sistema de Producción Cartográfica (Cartographic Output System: COS), que es un sistema de despliegue cartográfico.

El Servicio de Parques Nacionales (National Park Service: NPS) no tenía hasta 1983 grandes sistemas centralizados de computación de información o bases de datos en el área de manejo e investigación de fauna silvestre (Frondorf, 1983). En su lugar, los parques tenían que desarrollar sus propios sistemas en forma particular. Por ejemplo, el Parque Nacional Redwood del norte de California, desarrolló un GIS que produce mapas de localización de osos negros (*Ursus americanus*) en relación a tipos de vegetación y fisiografía (Frondorf, 1983).

Whitehead (1983) reportó la intención de la Tennessee Wildlife Resources Agency para reemplazar su Manejo de Información por Cuadrículas (Information Management on a Grid Cell System: IMGRID), por un GIS moderno a fin de dar respuesta a cuatro necesidades básicas de información en fauna silvestre: (1) utilización del hábitat por especies para reproducción, alimentación y anidación, (2) disponibilidad de hábitats, (3) localización del hábitat y (4) efectos en la diversidad y abundancia de hábitat a corto y largo plazo.

Otra agencia estatal que emplea GIS es la División de Fauna del Estado de Colorado. Su objetivo de aplicación es la captura, almacenamiento, recuperación,

despliegue y análisis de información computarizada de mapas en la distribución y habitats de la fauna silvestre regional (Shrup, 1983).

SENSORES REMOTOS, RADIO TELEMETRIA Y GIS

Los sistemas de información geográfica son poderosas herramientas para el manejo y análisis de datos espaciales. Los sistemas de sensores remotos son también importantes herramientas para la colecta y clasificación de datos espaciales. Sin embargo, los GIS han utilizado mapas existentes como su fuente primaria de datos espaciales. Estos documentos son digitalizados en forma manual (tableta) o automática (scanner) y registrados en la base maestra de datos espaciales del GIS. Aunque muchos de esos mapas son derivados de fotografías aéreas, también se puede hacer uso de datos digitales de sensores remotos, espacialmente de datos obtenidos por plataformas espaciales, como fuente directa (Marble y Peuquet, 1983).

La integración de sensores remotos y GIS está siendo una práctica común para las evaluaciones del habitat de la fauna silvestre. Williams *et al.* (1983) emplearon un GIS (Task Oriented Multipurpose Information System: TOMIS) y fotografía aerea en Pennsylvania para caracterizar los lugares utilizados por gallos de bosques (*Bonasa umbellus*) para atraer hembras y para desarrollar técnicas de análisis de datos espaciales para la caracterización de su habitat. Esto fue realizado en términos de la composición y arreglo espacial de los tipos de hábitat. Williams *et al.* (1983) concluyeron que el uso de un sistema geográfico de información incrementó la efectividad del análisis del hábitat del gallo de bosque.

Uno de los principales factores causantes de la declinación del cóndor de California (*Gymnogyps californicus*) fue la pérdida en extensión y calidad de su habitat. Scepan *et al.* (1987) emplearon la tecnología de Gis para almacenar, recuperar y desplegar una base de datos espacial y digital conteniendo variables del habitat de cóndor, tales como uso del suelo, propiedad de la tierra y topografía, así como para hacer un modelo predictivo de la distribución del habitat remanente. Basados en un estudio piloto exitoso, los autores propusieron una base de datos para mapear totalmente el área de distribución histórica del cóndor al sur de California. Identificaron 22 variables del habitat que son importantes para el cóndor de California y que servirían como estratos de datos en el GIS. La cobertura del suelo sería mapeada empleando el Mapeador Temático Landsat en forma de diapositivas de falso color. Scepan *et al.* (1987) concluyeron que su trabajo preliminar en la recopilación de datos del hábitat y

en la integración de observaciones de campo en un formato GIS demostró que un sistema geográfico de información permitiría una identificación y análisis mucho más eficiente del hábitat del cóndor que aun queda.

Stenback *et al.* (1987) construyeron un mapa de hábitats adecuados para venado integrando datos disponibles de propiedad del suelo, límites de áreas de distribución de invierno, elevación, pendientes, aspecto, suelos y tipos de vegetación, todo esto derivado de datos digitales del Landsat Thematic Mapper en un GIS. EL área de distribución en invierno del Eastern Tehamna Deer Herd (venado cola negra, *Odocoileus hemionus columbianus*) fue seleccionada como el área piloto para el desarrollo del GIS debido a que es un área pequeña que requiere menos espacio para el almacenamiento de datos. Las principales características de este sistema incluyeron: (1) integración de sensores remotos y un GIS, (2) integración de modelos del hábitat de la fauna y un GIS, (2) integración de modelos del hábitat de la fauna y un GIS y (3) utilización de datos existentes provenientes de otros GIS. Stenbhack *et al.* (1987) enfrentaron problemas relacionados con la resolución de las imágenes Landsat.

La planta preferida como alimento (*Ceanothus cuneatus*) se encontraba en masas más pequeñas que un pixel (unidad mínima de resolución de una imagen digital de satélite) y no podía ser identificada. Empleando el GIS, otros estratos asociados con la vegetación pudieron ser considerados, como el estrato de datos del suelo. Los autores concluyeron que hay un intercambio de ventajas entre el nivel de detalle y el tamaño del área estudiada. Es decir, el GIS tiene un mayor impacto sobre áreas grandes donde la planeación es difícil usando tecnología convencional.

La radio telemetría, una valiosa herramienta para los investigadores de la fauna silvestre, suministra información sobre la localización de un animal, su área de actividad y su preferencia de hábitat, lo que permite comparar su disponibilidad con el uso real del mismo. Koeln (1983) integró un sistema computarizado de radio telemetría (TELEM) con un GIS para contestar preguntas acerca de la distancia de la localización de un animal desde la orilla del hábitat, el tamaño mínimo de islas de hábitat a ser utilizadas y las distancias máximas entre la localización de un animal y los diferentes tipos de hábitat preferidos. La tarea más difícil fue el mapeo inicial de los tipos de hábitat y la digitalización de los mismos. Los ejemplos de los tipos de mapas que se pueden producir incluyen la distancia al camino más próximo, la distancia al cuerpo de agua más cercano, la distancia al límite del bosque más cercano, la distancia al cultivo agrícola más próximo y el tamaño de los bosques adyacentes. Una vez que el GIS tiene estos mapas, TELEM suministra al usuario un archivo que describe la localización de cada animal en términos de coordenadas geodésicas y de los valores del hábitat

en cada localidad. Además, por cada área de actividad calculada conoce la cantidad de hectáreas de los diferentes tipos de hábitat que ésta contiene. Koeln (1983) concluyó que la eficiencia de los estudios de radio telemetría se incrementa cuando se integran con sistemas de información geográfica.

El departamento de Fauna Silvestre del Estado de Washington desarrolló un sistema geográfico para facilitar evaluaciones del hábitat de la fauna. El Sistema incluyó la integración de datos Landsat y un programa de radio telemetría (HOMERANGE) en un GIS (Young *et al.*, 1987). En este proceso se producen tres estratos de datos espaciales empleando ARC/INFO: (1) localización de los animales por telemetría, (2) polígonos de áreas de actividad y (3) cobertura del suelo derivado de Landsat. Estos datos pueden ser examinados e interrelacionados empleando las herramientas analíticas del GIS. Como un ejemplo de la aplicación del sistema, Young *et al.* (*op. cit.*) emplearon la localización de búhos moteados (*Strix occidentalis*) por radio para evaluar su preferencia de hábitat. Los bosques antiguos de coníferas fueron usados más allá de la proporción a su disponibilidad, mientras que ningún otro tipo de hábitat fue usado aproximadamente a la proporción de su disponibilidad. El principal problema que Young *et al.* (1987) encontraron al desarrollar su sistema fue la necesidad de transferir los datos entre subsistemas (de HOMERANGE a ARC/INFO) por medio de un archivo ASCII. Ellos propusieron reescribir las secciones de entrada/salida del programa HOMERANGE para permitirle leer las coordenadas directamente de puntos de cubierta de ARC/INFO y escribir coordenadas de polígonos directamente a polígonos de cubierta de ARC/INFO. Al mismo tiempo, trabajaron para desarrollar una interfase más eficiente entre ARC/INFO y SAS (Statistical Analysis System).

OTRAS APLICACIONES

El uso del Map Analysis Package (MAP) en la evaluación del hábitat del venado fue demostrado por Tomlin *et al.* (1987) basados en datos de conteo de grupos de excremento de venado (*Odocoileus hemionus*). Su objetivo fue examinar la relación entre la cantidad de grupos de excreta y factores asociados con el contexto espacial de cada sitio de muestreo. Estos factores fueron: la cobertura del suelo, proximidad a rasgos físicos del sitio y tipo de diversidad de la cobertura del suelo. La codificación de los datos fue la tarea más costosa y que consumió más tiempo. Además, se encontró un problema en la falta de independencia estadística entre sitios de muestreo, limitando así la habilidad para sacar conclusiones acerca de la población de venados (Tomlin *et al.*, 1987).

Otro ejemplo del uso de ARC/INFO es la integración de la ecología del paisaje y GIS ejemplificado por Risser y Brigham (1984). Su proyecto involucró muestreo de campo, análisis con GIS y despliegue de datos obtenidos de paisajes heterogéneos. Los datos incluyeron mapas de área de actividad, información tabular de requerimientos de hábitat y mapas estratificados sintéticos de compatibilidad del paisaje. Risser y Brigham (1984) concluyeron que el estatus ecológico de un paisaje puede ser determinado de acuerdo a varios atributos geográficos para describir los requerimientos específicos de hábitat de organismos a través de su ciclo de vida.

CONCLUSION

De esta revisión de literatura se puede concluir que en un amplio rango de aplicaciones de sistemas de información geográfica en el manejo de la fauna silvestre, surgieron pocos problemas, siendo los más frecuentes la codificación y digitalización de los mapas base, lo cual es una tarea que consume mucho tiempo. Otra dificultad tiene que ver con la interfase de programas de radio telemetría y datos Landsat con sistemas GIS. Sin embargo, esos son obstáculos menores que están siendo resueltos y su integración es considerada una gran ventaja. La conclusión general de los artículos revisados es que los sistemas de información geográfica ayudan a resolver problemas de manejo de la fauna silvestre con relación espacial permitiendo mayor eficiencia, flexibilidad y precisión.

LITERATURA CITADA

- Frondorf, A. 1983. Use of computers in fish and wildlife programs on the National Park Service. Pp. 227-281 in National Workshop on Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.
- Gebhard, R. L. 1987. The National Wetlands Inventory. pp.98-101 in Proceedings of the 1987 Geographic Information Systems Workshop, ASP&RS.
- Koeln, G. T. 1983. Updates to program TELEM. Pp. 93-100. In National Workshop on Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.
- LaRoe, E. T., S. R. Amend, R. R. Ader, J. B. Johnston, and M. L. Schamberger. 1983. Solving habitat related problems using computer assisted tools. Pp. 112-119. In National Workshop on Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.

- Marble, D. F. and D. J. Peuquet. 1983. Geographic Information Systems and Remote Sensing. Pp. 923-950. In R. H. Colwell (ed.), *Manual of Remote Sensing*. Vol. 1, Am. Soc. of Photogrammetry. Falls Church, VA.
- Marble, D. F. 1987. Geographic Information Systems: an overview. Pp. 2-8. In W. J. Ripple (ed.), *Geographic Information Systems for Resource Management: a Compendium*, ASP&RS.
- Mayer, K. E. 1984. A review of selected remote sensing and computer technologies applied to wildlife habitat inventories. *Calif. Fish and Game*, 70:101-112.
- Risser, P. G. and W. V. Brigham. 1984. Natural history information in landscape ecological data bases. In J. Brandt and P. Agger (eds.), *Proceedings of the First International Seminar on Methodology in Landscape Ecological Research and Planning, Theme III: Methodology of Data Analysis*.
- Salmen, L. J., *et al.* 1977. Comparison of selected operational capabilities of fifty-four Geographic Information Systems. U.S. Fish & Wildlife Service, FWS/OBS-77/54. 25pp.
- Scepan, J., F. Davis, and L. L. Blum. 1987. A Geographic Information System for managing California condor habitat. pp. 476-486. In: *Proceedings of the 1987 Geographic Information System Workshop*, ASP&RS.
- Shrup, D. L. 1983. Computer uses at the Colorado Division of Wildlife. Pp. 220-241. In: *National Workshop of Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.*
- Simonett, O. 1988. Using Geographic Information Systems in a global context: the Global Resource Information Database (GRID). In: *ARC/INFO Users Conference*, ESRI.
- Stenback, J. N., *et al.* 1987. Application of remotely sensed digital data and a GIS in evaluating deer habitat suitability on the Tehama deer winter range. Pp. 440-445 in *Proceedings of the 1987 Geographic Information Systems Workshop*, ASP&RS.
- Tomlin, C. D., S. H. Berwick, and S. M. Tomlin. 1987. The use of computer graphics in deer habitat evaluation. pp.211-218 in W. J. Ripple (ed.), *Geographic Information Systems for Resource Management: a Compendium*, ASP&RS.
- Whitehead, C. J. 1985. Status of Tennessee fish and wildlife database. Pp.209-211. In *National Workshop on Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.*

- Willians, S. A., W. L. Myers, and G. L. Storm. 1983. The application of a Geographic Information System for ruffed grouse habitat analysis. P.313. In National Workshop on Computer Uses in Fish and Wildlife Programs, Virginia Poly. Inst. and State Univ.
- Young, T. N., J. R. Eby, H. L. Allen, M. J. Hewitt, and K. R. Dixon. 1987. Wildlife habitat analysis using Landsat and radio telemetry in GIS with application to spotted owl preference for old-growth. pp.595-600 *In*: Proceedings of the 1987 Geographic Information Systems Workshop, ASP&RS.