

1312.

AGENCIA CARTOGRAFICA DE DEFENSA  
SERVICIO GEODESICO INTERAMERICANO  
(DMA - IAGS)



*Bisbis*

27 SET. 1979



APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA  
ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS

Sr. Donald D. Loff

Ingeniero Jefe en Geometría  
Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los E.E.U.U.  
Washington D.C. 20013  
USA



Presentado en la  
Semana de Intercambio Tecnológico  
14 - 19 de mayo de 1979  
Panamá, República de Panamá





APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA  
ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS

Sr. Donald D. Loff  
Ingeniero Jefe en Geometría  
Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los EE. UU.  
Washington D. C. 20013  
USA

RESUMEN

Los programas automatizados de información digital están disponibles para los gerentes de recursos del Servicio Forestal de los EE. UU., para ayudarlos en el proceso de toma de decisiones. Este documento describe cómo se recopila la información necesaria y se convierte en datos digitales, cómo se administra y cómo se aplica el resultante despliegue de productos en el manejo de los recursos naturales.

---

INTRODUCCION

Los gerentes de recursos del Servicio Forestal están encargados de la administración de casi 187 millones de acres (74,800,000 hectáreas) de terreno del gobierno, en todos los EE. UU. La mayor parte de estos terrenos se administra para una variedad de fines tales como para la recreación, la tala, como pastisales, cuencas, hidrográficas, fauna silvestre, etc. Parte de la tierra se dedica a usos específicos como áreas para esquiar, almacenamiento de aguas, generación de energía o para alojar líneas de abastecimiento, etc. Otros terrenos por ley permanecen en estado selvático. Las decisiones respecto al uso de estos terrenos para que sus ventajas sean mayores para el mayor número de personas son difíciles y, los impactos sobre el ambiente tienen un interés vital para los gerentes al igual que para los usuarios. A todo gerente de recursos le compete obtener la mayor ventaja posible de cuanta información esté a su alcance cuando tome estas decisiones. El hecho de que buena parte del terreno es montañoso y panorámico restringe aún más las alternativas disponibles en el proceso de la toma de decisiones. Si pretendemos sobrevivir en esta tierra, debemos aprender a administrar eficazmente el uso de los recursos terrestres. Hoy, la realización de los problemas ocasionados por nosotros mismos, nos da un precipitado sentido de urgencia por adoptar los instrumentos eficaces que ayuden al gerente de recursos en la toma de decisiones acertadas de gerencia.

La difundida aceptación pública de los errores cometidos en el pasado y los problemas resultantes han incrementado la demanda por obtener soluciones. Ya no es posible tratar síntomas solamente, ni poder darnos el lujo de obviar la identificación de problemas para entrar en soluciones inmediatas. Todavía hay que seguir un proceso sistematizado de recopilación y organización de la información. La aceleración de este proceso sin sacrificar el valor de los datos esenciales es vital. Es indispensable un análisis objetivo, crítico y cabal de las prácticas pasadas de recopilación y organización de los datos antes de poder identificar nuevos métodos y maneras de acelerar el proceso. Seguidamente, hay que identificar cuáles son los mejores instrumentos actualmente disponibles y los que hay que desarrollar para acelerar el proceso. Finalmente, necesitamos combinar instrumentos y procedimientos en un solo sistema integral que pueda usarse eficazmente en el proceso de la toma de decisiones.

RECOPIACION DE DATOS

En el Servicio Forestal, las técnicas de muestreo de múltiple etapa utilizando todas las fuentes de imágenes disponibles, constituyen ya un procedimiento corriente de operaciones. Desde hace muchos años nos hemos dedicado a investigar la aplicación de los datos de exploración multispectral provenientes del LANDSAT a la conservación de bosques y pastisales. Aunque muchas aplicaciones son prometedoras y los resultados de las pruebas pilotos en los terrenos de la Floresta Nacional han tenido éxito el uso de datos digitales derivados del satélite aún no se están utilizando en el Servicio Forestal en estos momentos.

La recopilación de datos básicos se efectúa principalmente por fotoanálisis y fotointerpretación aérea combinada con datos auxiliares y con las técnicas de toma de muestra en la tierra. La cobertura cíclica de la floresta nacional mediante fotografía aérea de 1:80,000 y 1:24,000 es casi de uso universal en tre los administradores de recursos. Las fotografías de 1:80,000 recopiladas en un ciclo de 7-10 años se usan mayormente para planificar áreas amplias, para revisión de mapas y para preparación ortofotográfica.

La escala mayor de 1:24,000 se obtiene para la interpretación de recursos generales, en un ciclo de 3-5 años, y es de uso amplio entre especialistas de recursos. Estas fuerzas se complementan ocasionalmente con fotografías de media escala (de 1:40,000 - 1:60,000) y con imágenes conformadas a un proyecto (de 1:6,000 - 1:12,000).

En la actualidad, el uso de las imágenes del sistema de cámara de barra óptica se está evaluando como posible sustituto para la fotografía de recursos estándar. Estas imágenes tienen la ventaja de la alta resolución (0.5 metros en nadir), de costo relativamente bajo, de una cobertura amplia con menos imágenes que manejar. Su formato poco convencional (4-1/2" x 50") dificulta un poco su uso y su utilidad en el equipo de estéreo trazado aún no ha sido demostrado.

#### DIGITALIZACION DE DATOS

Hay actualmente excelentes instrumentos disponibles para recopilar datos espaciales que se graban en cintas magnéticas. La fotografía aérea controlada proporciona los pares estéreo iniciales de fotografías que pueden ser explorados fotogramétricamente de manera sistemática, grabando los datos espaciales (posiciones x, y, z) en incrementos conocidos. Estos datos se graban automáticamente y se almacenan en cintas magnéticas. En el centro de computadoras del Servicio Forestal, en Fuerte Collins, Colorado, los programas de "software" convierten los datos espaciales a productos cartográficos, delimitando declives, aspectos, elevaciones, contornos, áreas visibles, perspectivas y muchos otros datos.

Las mismas fotografías aéreas también sirven de instrumento básico para recopilar y grabar los datos sobre recursos (posiciones x, e, y) como suelos, geología y vegetación. La información grabada en las fotografías las clasifica el especialista en recursos y luego son transferidas manualmente, a veces con la ayuda de estéreo trazadores, a mapas básicos.

En el curso de los años, los especialistas en recursos han organizado su información sobre mapas estableciendo referencias recíprocas de datos estadísticos. Han diseñado claves de identificación que describen los datos incluidos en la leyenda de los mapas. Dicha información también puede digitalizarse y grabarse en cintas magnéticas con los instrumentos existentes. Sin embargo, la mayor parte de la recopilación de datos ha sido efectuada independientemente por cada especialista en recursos. Aquí no ha habido uniformidad en cuanto a normas, escalas, exactitud, o un proceso sistematizado para luego poder combinar los resultados de los esfuerzos individuales. En la actualidad, es vital recopilar dichos datos en las categorías de suelos, geología y vegetación de una manera uniforme, coordinada y sistematizada para evitar duplicaciones posteriores de este esfuerzo.

Al perfeccionarse la exploración automatizada o los dispositivos de seguimiento de línea, éstos serán de gran ayuda en la recopilación de una gran cantidad de información escalonada, precisada en el manejo de los recursos nacionales.

Los datos topográficos digitalizados por la Agencia Cartográfica del Departamento de Defensa (DMA) derivados de mapas de escala de 1:250,000 del Servicio Geológico de los EE. UU. están a la disposición de todos los Estados Unidos. Los datos convertidos a declives, aspectos, contornos, trazados de perspectivas, etc. son ampliamente usados por los expertos en topografía para la planificación de áreas extensas.

Sin embargo, la exactitud de los datos digitales derivados de este mapa en pequeña escala, prohíbe su uso en un sitio específico y la mayor parte de la aplicación de recursos.

#### USO DE DATOS DIGITALES DEL TERRENO

Hay en la actualidad tres sistemas de "software" en uso en el Servicio Forestal que utilizan Datos Digitales del Terreno (DTD) como fuente de información. El Sistema de Análisis Topográfico (TOPAS) fue desarrollado para uso interno en 1975, y es usado intensamente por los gerentes de recursos para evaluar el impacto de los usos alternos del terreno de la Floresta Nacional. El Método Sistematizado de Alternativas para Modificación del Paisaje (MOSAIC) se efectuó bajo contrato, y constituye un sistema de fotomontaje que emplea gráficas trazadas en computadora que proponen alteraciones al paisaje y que se superponen a una fotografía del área actual.

LANDFORM identifica a una serie de programas que se usan para cotejar los DTD contra diseños de realce a fin de explorar alternativas. Ha sido diseñado para tomar los DTD y ortogonales o en perspectiva. Las características básicas de cada sistema y sus usos primarios serán discutidos aquí.

Los tres sistemas pueden operar en una computadora Univac 1100/42 del Centro de Computadoras del Servicio Forestal. Los programas se preparan en FORTRAN y pueden obtenerse de cualquier oficina del Servicio Forestal que posea capacidad de tramitación en grupo a baja velocidad. Los productos gráficos usualmente se logran usando trazadoras de tambor de comp cal 900/1136.

TOPAS es un paquete de programas de computadora, para la recopilación, manipulación y análisis de datos digitalizados del terreno. TOPAS fue creado para darle apoyo a los administradores de tierra en la planificación de áreas extensas. Los productos gráficos de contornos, declives y aspectos, áreas visibles, y vistas en perspectiva se pueden producir para áreas de vertientes solas o para unidades de planificación dando una vista general de las características topográficas que pueden afectar las decisiones de gerencia relacionadas con las tierras. La precisión de los DTD no es tanta como la de los datos para sitios específicos y, por lo general, las cintas de datos del DMA bastan para la mayoría de estos fines.

Los productos que se obtienen del TOPAS son:

- Trazados de contorno a intervalos de contorno seleccionados por el usuario, con una diversidad de pesos y símbolos de línea. Los rótulos son optativos.
- Líneas de isodeclives (isoslopes) a intervalos especificados por el usuario, por ejemplo de 10, 20, 35 por ciento. Estas líneas se crean a través de programas de contorno.
- Declives y Zonas de Aspecto, trazados a intervalos especificados por el usuario. Puede mostrarse un máximo de 20 zonas de declive y de 8 aspectos. El declive y el aspecto son trazados por separado, pero pueden sobreponerse para identificar áreas que coinciden dentro de una zona dada de declive y aspecto.
- Trazados de cuadrícula combado en perspectiva. Son dos las opciones disponibles:
  - 1) usando cada uno de los puntos informativos en el cuadrícula de elevación de entrada; y
  - 2) usando un punto sí y otro no en el cuadrícula de elevación.
- Trazados de áreas visibles que indican todos los puntos visibles dentro del archivo de datos, desde un punto de observación específico. Puede especificarse más de un punto para cada trazado, hasta un total de 50 puntos. Los puntos pueden estar en o sobre la elevación actual del terreno.
- Trazados de la línea de vuelo que describen los perfiles terrestres de la línea de vuelo, para cada pista de vuelo, con anotación de la información a altura de cámara para las cámaras de longitud focal alterna. Los trazados se compilan y cada trazado muestra un número de pista, la escala horizontal y vertical y la gráfica horizontal y vertical.

MOSAIC - Métodos Sistemizados de Alternativas para la Modificación del Paisaje - Estos emplean gráficas obtenidas por computadoras para describir las alteraciones al paisaje y que se sobreponen a las fotografías del área existente. Con el MOSAIC se produce una vista en perspectiva con gráficas obtenidas de una computadora, con un registro exacto al de la fotografía. Se pueden producir perspectivas múltiples, desde diferentes puntos de observación, de la misma alteración del paisaje. Actualmente, son varias las aplicaciones de la alteración del paisaje que hay disponibles dentro del sistema de MOSAIC. Pueden usarse: en alteraciones de la superficie, tales como ruptura de oleoductos, tala de árboles y pistas de esquiar; en alteraciones de la topografía tales como minas de superficie, terraplenes de escombros, subestructuras de caminos y ferrocarriles, lagos artificiales y diques de tierra; y en estructuras construidas por el hombre, tales como torres de distribución de energía, torres basculantes, cabinas, depósitos de agua y chimeneas. Las alteraciones de la superficie se introducen al sistema como segmentos de líneas de cualquier tamaño y forma; las alteraciones de topografía se introducen como características geométricas con matrices (plantillas) específicas de sección transversal; y las estructuras construidas por el hombre son características que tienen que ser preprogramadas.

El sistema LANDFORM está actualmente en su etapa de desarrollo, aunque partes del mismo han sido utilizadas con éxito durante dos años, en las oficinas regionales. Los DTD de las condiciones existentes se usan como base y se producen los aperos para el diseñador tales como declive, aspectos, contornos, trazados en

perspectiva, etc. Estos trazados son similares a los producidos por el sistema TOPAS, pero por lo general son mucho más precisos y se usan en los casos relacionados con sitios específicos. Con estos medios, un equipo diseñador podrá adaptar su diseño al uso propuesto para dicho terreno, ya sea para conservarlo como zona boscosa, para utilizarlo con fines recreativos, o como habitat para aves o animales silvestres o para cualquier modificación que se desee. Los modelos existentes y los nuevos diseños podrán compararse para explorar varias alternativas, hasta que el diseño satisfaga los requisitos de estética, costo, factibilidad, etc. Se obtienen cómputos de las cantidades de materiales, acarreo y colocación de materiales que ayudan a la producción de los bosquejos finales, del estimado de costo y de los datos de control del proyecto. Además, el diseño seleccionado puede obtenerse como una hoja superpuesta, de trazado ortogonal o en perspectiva.

Este sistema se aplica en particular en las grandes operaciones de movimiento de tierra tales como diques o minas de cielo abierto. Actualmente está en desarrollo un proyecto de demostración que trata de la integración de datos del subsuelo (información exploratoria sobre perforaciones) con DTD para determinar las cantidades de sobrecarga, los yacimientos de metales de baja o de alta ley, en un área propuesta de minas de fosfato. Un plan de habilitación del área, uno sobre minas de sitio específico, y uno de rehabilitación serán desarrollados a través del sistema LANDFORM previo a cualquier perturbación de la superficie.

## USOS DE LOS DATOS DIGITALES PLANIMÉTRICOS Y SOBRE RECURSOS

Los gerentes de recursos del Servicio Forestal han estado recopilando información espacial de los mapas y fotografías aéreas en inventario por muchas décadas. Desde finales del 60, se han creado numerosos sistemas de mapas de computadoras o de Despliegue de Información sobre Recursos, dentro del Servicio Forestal, con miras a automatizar algunas de las tareas más tediosas de recopilación, manipulación de datos y de los procesos de presentación. Como resultado de los esfuerzos de varias unidades regionales, surgieron varios sistemas que tenían funciones similares. Para evitar mayores duplicaciones de este esfuerzo, el Sistema de Despliegue de Información sobre Recursos (RIDS) fue adaptado para ser usado a través de todo el Servicio. El RIDS es un sistema procesador de mapas superpuestos que utiliza a la computadora para derivar, resumir y presentar la serie de información digitalizada de mapas y fotografías aéreas. La información puede entrar al sistema ya sea en forma de cuadrículado "grid" (celda) o de polígono.

El cifrado por cuadrículado o celda es una forma especial del cifrado de línea de las áreas; las celdas son polígonos rectangulares. Debido a la regularidad de las formas y como generalmente cubren un paisaje completo, las celdas pueden almacenarse como un conjunto (array), en vez de una lista. Esto es un modo eficiente de obtener ciertos datos ya que el acceso se establece a través de una referencia coordinada, por ejemplo: un índice para ese conjunto en vez de la localización por listas.

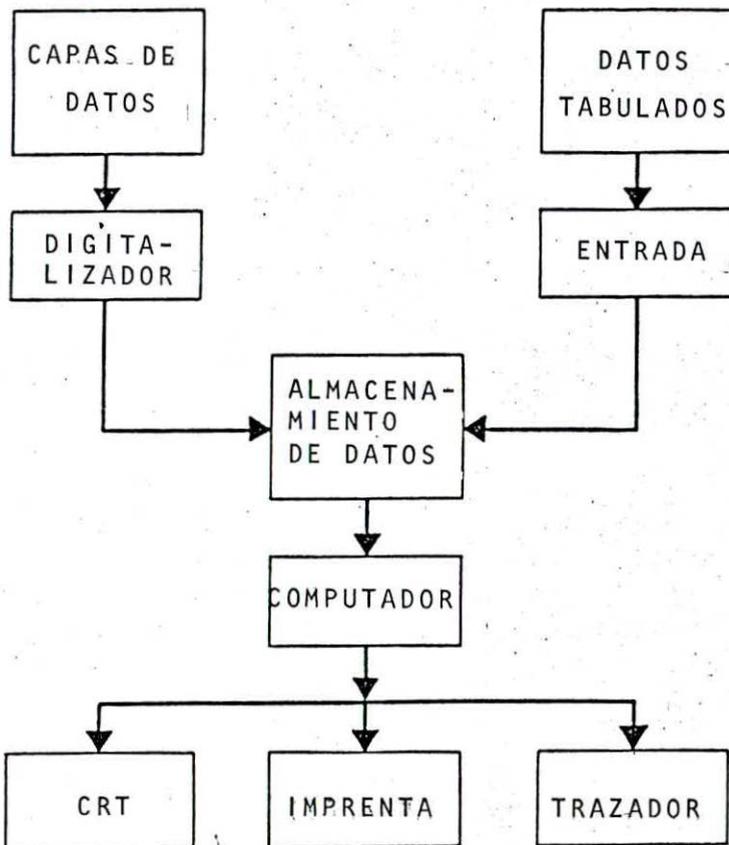
Los polígonos tienen usualmente formas irregulares. La información que es recopilada en estos usualmente se digitaliza en forma lineal compuesta por nodos y segmentos de línea. La organización de los datos digitalizados generalmente se maneja a través de listas. La digitalización de línea ofrece una representación de datos geográfica de tipo muy general y es particularmente ventajosa en lo que respecta a requisitos de almacenamiento para la descripción de algunas cosas como linderos, regiones de formas irregulares, y características lineales para los que se requiere una representación real.

Los dos métodos de cuadrículado y de polígono son necesarios debido a los diversos requisitos de exactitud para diferentes niveles de planificación (de Área, Forestal, de la Unidad y de Proyectos) y a la diferencia en el costo de los dos métodos. El método de polígono es mucho más costoso que el de cuadrículado, tanto en la manipulación de datos como en el costo de almacenamiento.

La información respecto a tales recursos como clases de maderas, clases de suelos, unidades geográficas por clasificación ecológica, etc., son interpretadas y delineadas en mapas o fotografías y luego digitalizadas para ser introducidos al Sistema RID. Las características planimétricas digitalizadas tales como las de linderos políticos, redes terrestres, medios de transporte, etc., también son introducidas al sistema. Los datos topográficos convertidos a través del TOPAS o del LANDFORM a zonas de declive, zonas de aspectos, áreas visibles, etc., también pueden convertirse en una serie (capa) de datos en el banco de datos digitales. El sistema RID ha sido diseñado para que se manipule una capa contra la otra para tramitar respuestas a las solicitudes de los gerentes de recursos. Por ejemplo, si uno quiere saber cuantas hectáreas de árboles de madera dura hay en cierta unidad de planificación, en suelo clase XG, en declive entre 20 - 30 por ciento, fuera de las áreas de recreación delineadas, y áreas dedicadas a bosques, la respuesta a esa pregunta se obtendría en forma de lista de datos estadísticos sobre hectáreas de árboles de madera dura y en forma gráfica ya sea como impreso de línea, o imagen de tubo de rayo catódico o trazados en papel hechos por el trazador de precisión, que podrían estar registrados en un mapa básico. Aquí le presentaremos un diagrama de la distribución del trabajo del Sistema RID.

# DISTRIBUCION DE TRABAJO DEL RIDS

RECOPIACION DE DATOS



ENTRADA/ALMACENAMIENTO

MANIPULACION

SALIDA/DESPLIEGUE

## MUESTRA DE UNA SOLICITUD DE UN USUARIO

CAPAS DE ENTRADA



### CRITERIO PROPUESTO

TODOS LOS ARBOLES DE MADERA DURA DEL SUELO XG, EN LOS DECLIVES ENTRE 20-30% QUE ESTAN FUERA DE LAS AREAS DE RECREACION Y BOSQUES.

SALIDA



## RESUMEN

Las decisiones acertadas para la administración de recursos terrestres dependen, en gran parte, de la correcta interpretación de los datos recopilados. Sin embargo, es muy importante conocer los datos que se deben recopilar para poder darle respuesta a ciertos requisitos urgentes. También es importante que los datos correctos estén disponibles en el momento exacto del proceso de la toma de decisiones. En consecuencia, un paso importante es acelerar el proceso que va desde la recopilación de datos a la toma de decisiones correctas. El uso de modernos instrumentos de fotogrametría, combinados con sistemas automatizados, garantiza la existencia de información precisa para los gerentes de recursos de hoy.

Los sistemas descritos brevemente en este documento no son la respuesta final en la toma de decisiones acertadas. Sin embargo, sí representan un paso notable en comparación con los medios de recopilación, almacenamiento y reobtención, manipulación y despliegue de hace unos cuantos años. Con estos sistemas, los gerentes de recursos pueden explorar alternativas, modeladas por computadora, hasta límites previamente desconocidos. Los despliegues gráficos generados por computadora le dan al gerente la oportunidad de compartir con el público las opciones que él confronta al administrar los recursos.

Es de esperarse que con la ayuda de la tecnología actual, se puedan tomar mejores decisiones respecto al uso de los recursos terrestres.

## REFERENCIAS

- Albee, W. R. Mahan, R. Mahoney, "Topographic Analysis System," USDA, Forest Service, June 1977, English/Spanish.
- Pelletier, R. T., "The MOSAIC/PHOTOMONTAGE System", USDA, Forest Service, February 1978.
- Mahan, R., D. Nelson "LANDFORM, A computer-aided Planning & Design Demonstration," USDA, Forest Service, November 1978.
- Gossard, T., "Applications of DMT in the Forest Service," USDA, Forest Service, December 1978.

