

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Forestal

Trabajo de graduación para optar por el grado de

Licenciatura en Ingeniería Forestal

Atlas Digital del Plan GAM 2013

Keren Ruiz Agüero



Cartago, 2014



Atlas Digital del Plan GAM 2013

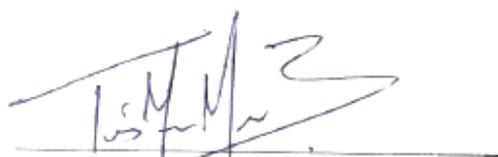
Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Miembros del Tribunal



M.Sc. Casia Soto Montoya

Profesora Asesora de la Escuela de Ingeniería Forestal (Directora)



M.Sc. Tomás Martínez Baldares

Profesor Asesor de la Escuela de
Arquitectura e Urbanismo
(Lector)



M.D.U Carlos Ugalde Hernández

Profesor Asesor de la Escuela de
Ingeniería en Construcción
(Lector)

Dedicatoria

A Dios por la bendición de la vida, a mi familia por su apoyo incondicional y creer siempre en mí, a mi hijo Santiago por ser la luz de mis días y mi inspiración. A mis amigos con quienes compartí risas y logros, pero también lágrimas y decepciones, nunca los olvidaré. Al bosque que me ha enseñado lo bello de lo simple e incomprensible, y en donde nacen mis mejores recuerdos.

Agradecimientos

A los profesores y administrativos de la Escuela de Ingeniería Forestal por todo lo aprendido, las oportunidades brindadas y el apoyo durante todo este tiempo.

A todo el equipo de la Secretaría Nacional del Plan de Desarrollo Urbano por aceptarme como parte de esta gran familia, especialmente a Tomás Martínez (Coordinador Ejecutivo) y a Carlos Ugalde (Coordinador Técnico) por abrirme las puertas para el desarrollo de esta tesis, haberme permitido crecer y enseñado que con perseverancia, esfuerzo y pasión, todo se logra.

Al CeNAT-PRIAS por toda la ayuda y amistad brindada durante la elaboración de esta tesis.

A Casia Soto mi tutora y amiga, por su paciencia, dedicación y por sus sabios consejos de vida.

A todos gracias infinitas.

Índice

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos	9
Área de estudio.....	9
Categorización de la Información	10
Conformación del diccionario de datos.....	10
Recopilación de la información.....	13
Post-procesamiento y producción de información geográfica	13
Publicación de mapas	14
Resultados y Análisis.....	15
Conclusiones.....	21
Bibliografía	22

Resumen

En el 2012 en un proceso de colaboración entre ONU-Hábitat, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, se oficializó bajo la coordinación de la Secretaría del Plan de Desarrollo Urbano (SPNDU) la iniciativa denominada Plan GAM 2013. Para consolidar las propuestas y objetivos de lograr este plan fue necesario generar un instrumento de información geográfica capaz de analizar y visualizar los contenidos técnicos del proceso de planificación y ordenamiento territorial, para cumplir este objetivo se utilizó el equipo de software y hardware disponible en la SPNDU y en el Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), además se aplicó una metodología que incluyó los procesos de recopilación y el diagnóstico de información existente, la creación de un diccionario de datos, la estandarización de los elementos cartográficos, la elaboración de metadatos y la generación de nuevas capas. El resultado de esta metodología fue una base de datos simple, accesible, de fácil manejo y con posibilidades de replicar, la cual se constituyó en un atlas digital con 83 mapas y 172 capas de información geográfica. La utilización de este atlas digital permitió analizar eficientemente la situación del Gran Área Metropolitana.

Palabras claves

SIG, diccionario de datos, Plan GAM 2013, cartografía, Información geográfica, estandarización.

Abstract

In 2012 a collaboration process between ONU-Habitat, Technological Institute of Costa Rica, the Ministry of Housing and Human Settlements and the National Institute of Housing and Urban Development, was oficialized under he cordination of Secretariat of Urban Development Plan (SPNDU) the initiative called Plan GAM 2013. To consolidate the proposals and objectives to achieve this plan was necessary to generate a GIS tool able to analyze and visualize the technical content of the planning and zoning, to achieve this objective, software and hardware available in the SPNDU and the National Center for High Technology (CeNAT) was used, also a methodology that included the compilation and diagnosis of existing information, the creation of a data dictionary, standardization of cartographic elements, metadata development and the generation of new layers. The result of this approach was a simple database, accessible, easy to use with the potential to replicate, which was incorporated into a digital atlas with 83 maps and 172 layers of geographic information. The use of this digital atlas allowed an efficient analyze of the situation at the greater metropolitan area.

Keywords

GIS, data dictionary, cartography, geographic information, standardization.

Introducción

El ordenamiento territorial busca maximizar la eficiencia en los procesos de ocupación, aprovechamiento del territorio y sus recursos (Cardona, 2001). Carvajal (2011) menciona, que los planes de ordenamiento territorial permiten observar la visión de territorio que se propone y la legitimación de su práctica a través de actores institucionales, para lograr esto es necesario optimizar la toma de decisiones en la gestión de una región, la construcción de bases de datos geográficos que se integren a distintos aspectos temáticos y de cartografía que permita la presentación de resultados (Bosque y García, 2001; Becerras et al., 2008); los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta de gran utilidad en el proceso de planificación territorial.

En términos generales los SIG abarcan una serie de funciones; como la actualización, almacenamiento, gestión, presentación y análisis de datos geospaciales (Bernhardsen, 2002a). En el ordenamiento del territorio, el principal objetivo de los SIG, es suministrar apoyo a las políticas de administración local y regional, de manera que sea compatible el desarrollo socioeconómico del territorio y la funcionabilidad de los sistemas naturales (Castell et al., 2003)

En Costa Rica a finales del 2012, se oficializó el proceso Plan GAM 2013 mediante la reactivación de la Secretaría del Plan Nacional de Desarrollo Urbano (SPNDU) y del Consejo Nacional de Planificación Urbana instaurados por el Decreto 31063. En este proceso se evidenció la necesidad de generar y aplicar una metodología eficiente para la creación de un Atlas Cartográfico Digital que permitiera visualizar y analizar los contenidos técnicos del Plan GAM 2013.

Este artículo presenta la metodología que se utilizó con el objetivo de generar un Atlas Digital de Información geográfica para lograr un manejo eficiente de la información en el proceso de elaboración del Plan GAM 2013. Adicionalmente, el trabajo realizado facilitará la actualización de los futuros planes de ordenamiento territorial.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica posee 1780 kilómetros cuadrados comprendidos entre el Valle Central y el Valle del Guarco. La figura 1 muestra la delimitación de las provincias y cantones del GAM.

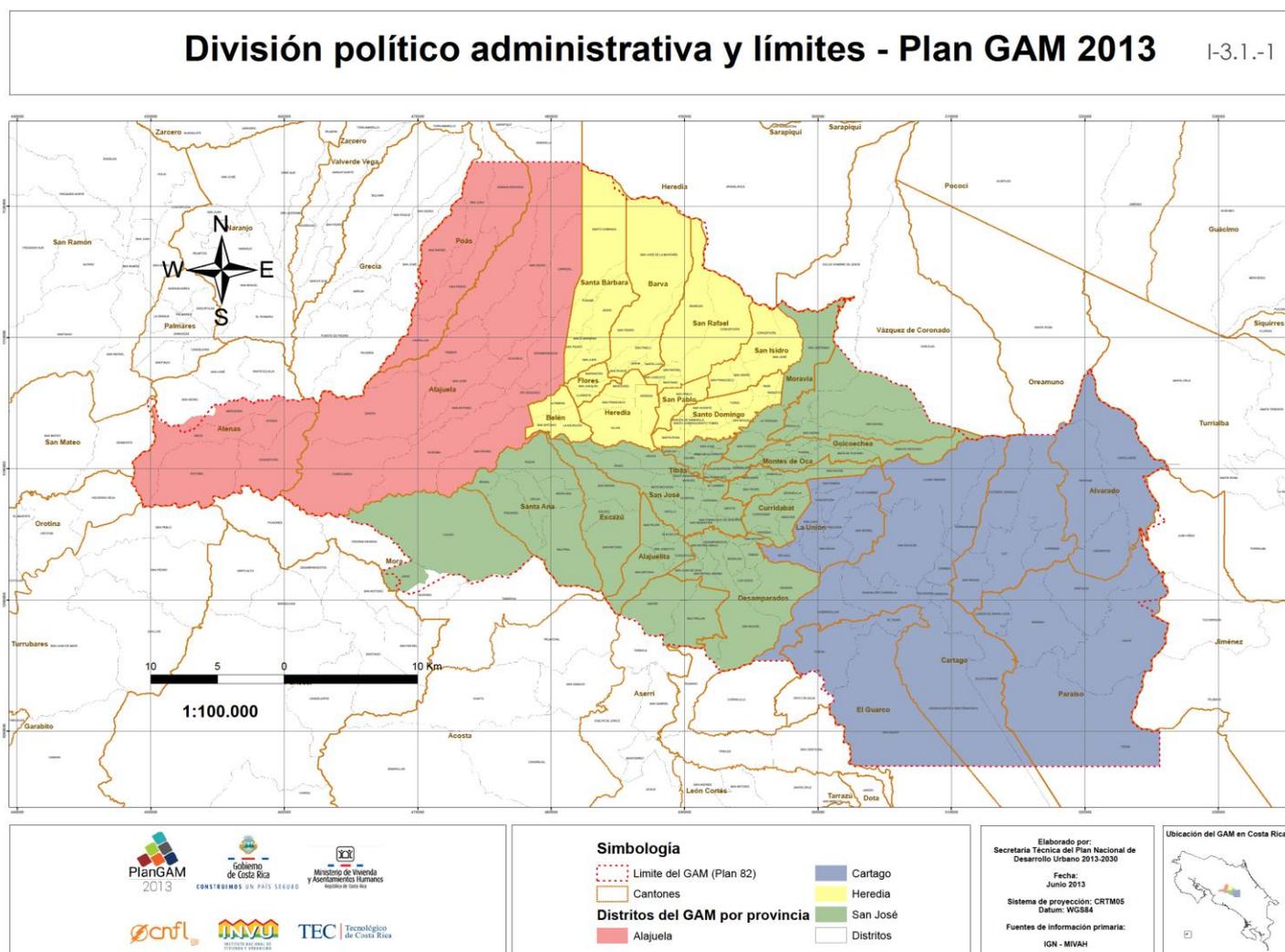


Figura 1. División político-administrativa, del GAM. Fuente: Plan GAM 2013

La metodología incluyó las etapas de categorización de la información, conformación del diccionario de datos, estandarización de la información, creación de metadatos, recopilación de la información, post-procesamiento, producción de información geográfica y publicación de mapas.

Categorización de la Información

Al inicio del proyecto fueron definidas once categorías (cuadro 1) para clasificar las capas de información geográfica y ordenar la información de las seis dimensiones del Plan GAM 2013.

Cuadro 1. Descripción de las categorías de información geográfica.

Nombre	Iniciales	Ejemplos
Información de Referencia	IR	Distritos, Cantones, Provincias,
Delimitación y Zonificación Regional	DZR	Anillo de contención y borde del GAM
Red Vial Regional	RVR	Plan Nacional de Transporte y anillo de circunvalación.
Sistema Integrado de Transporte Público	SITP	Rutas de buses, tren, paradas y estaciones.
Áreas Protegidas	AP	Áreas Silvestres Protegidas, Corredores Biológicos y propuestas a Corredores Biológicos.
Sistema hídrico	SH	Cuencas, subcuencas, microcuencas, pozos, zonas de recarga y mantos acuíferos.
Amenazas	A	Amenazas de fallas, inundación, erupción volcánica y deslizamientos.
Zonas Industriales y Parques Tecnológicos	ZIPT	Zonas francas e industriales y propuestas a parques industriales.
Vivienda-Equipamientos Colectivos e Infraestructura de redes	VECIR	EBAIS, territorios sociales, educación, cobertura de alcantarillado, radiobases y telefonía fija .
Sistema Ecológico	SE	Índices de Fragilidad Ambiental, Unidades del Paisaje, cobertura del suelo, relieve y condiciones bioclimáticas.
Zonas de Control Especial	ZCE	Reserva indígena Quitirrisí, Zonas Protectoras y conos de aproximación de los aeropuertos.

Conformación del diccionario de datos

En la memoria C:\ del computador se creó un sistema de once carpetas correspondientes a las categorías de información geográfica, cada una de estas se dividió en carpetas con un número consecutivo según la cantidad de capas de cada clase, estas a su vez se subdividieron en tres carpetas llamadas: FUENTE, MAPA y SHAPE, como se muestra en la figura 2, cada una de estas carpetas almacenó un tipo diferente de información sobre la capa.

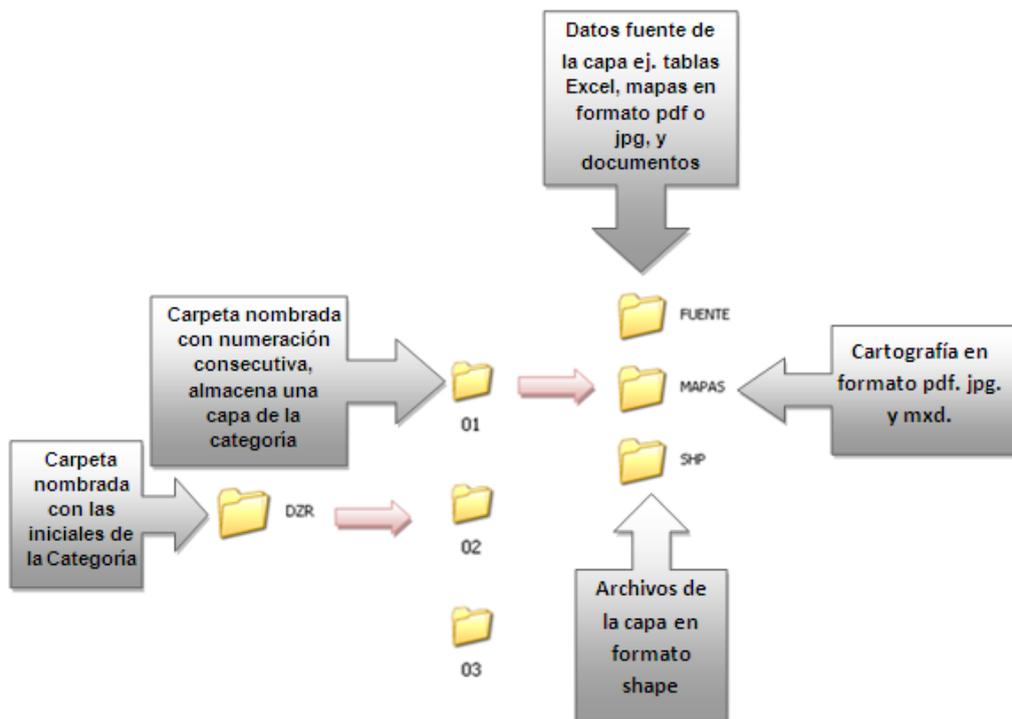


Figura 2. Modelo del diseño del diccionario de datos.

Además de las once carpetas, se creó una más con el nombre de METADATOS, que almacenó un archivo Excel que se organizó en dos bases de datos:

1. Diccionario de capas geográficas en formato shape (figura 3). En este se vinculó cada capa con la categoría y número de carpeta en la que se almacenó, se indicó el nombre (final y actual), el sistema de proyección final, el origen, las modificaciones y el nombre del responsable de la capa.

ID de la categoría	ID de la Capa	Identificador	Clasificación	Nombre final	Nombre actual	Tipo	Sistema de proyección	Origen	Modificaciones	Nombre de Responsable
A	01	A_01	Amenazas	Fallas_Clasificadas_GAM_2013_10_10.shp	fallas_Clasificadas_2013.shp	shp	CRTM05	C:\GAM2013_CNE\Sismología\fallas_Clasificadas_2013.shp	Cambio de nombre	CNE

Figura 3. Formato del registro de capas del Atlas Digital del Plan GAM 2013.

2. El diccionario de mapas (figura 4). Se estructuró por dimensión y se creó un enlace con los mapas contenidos en el documento del Plan GAM 2013. Este diccionario también enlazó cada mapa con la categoría y número de carpeta en el que se almacenó.

Dimensión	Nº de figura en el documento	ID de la categoría	ID de la carpeta (ID de la capa)	ID del mapa	Identificador	Clasificación	Nombre	Contenido
DA	DA-5.3.3-8	A	01	01	A_01_01	Amenaza	A_01_01_Amenaza_Fallas_Geologicas_2013_10	DZR_01/DZR_12/IR_02/IR_03/IR_05/RAV_01

Figura 4. Formato del registro de mapas del Atlas Digital del Plan GAM 2013.

En el ejemplo de la figura 3 y 4 se puede observar el campo de “identificador”, el cual se caracterizó por ser un código único, ya que el número consecutivo de la capa (ID_CAPA) y del mapa (ID_MAPA) es irrepetible dentro de una categoría. En la figura 5 se puede observar la estructura del identificador.

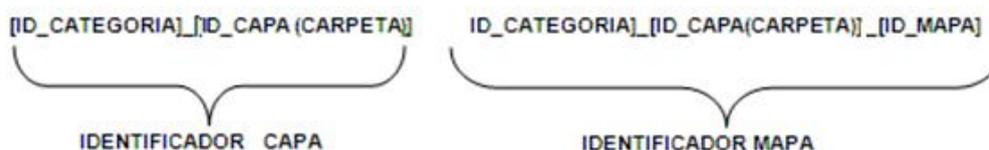


Figura 5. Estructura del elemento “Identificador” del diccionario de datos.

En la homogenización del nombre de capas (figura 6) y mapas (figura 7), se utilizó una estructura sencilla, que incluyó entre otros aspectos la fecha de creación de los elementos.



Figura 6. Estructura del nombramiento de las capas en el diccionario de datos.

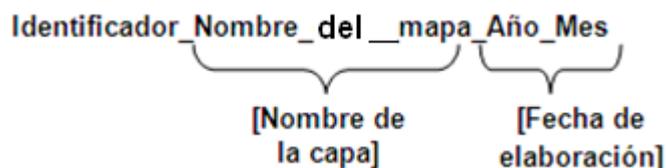


Figura 7. Estructura del nombramiento de mapas en el diccionario de datos.

Para el manejo de la información y evitar problemas como la duplicación de datos y

confusión de capas se tomó en cuenta las siguientes recomendaciones:

- A las carpetas dentro de una categoría se les asignó una numeración consecutiva que inició en 01.
- Las capas fueron de carácter exclusivo de cada categoría, es decir no se repitieron en ninguna otra carpeta.
- La carpeta “MAPA” puede no contener ningún mapa o tener más de un mapa.
- La información que se localizó en la carpeta “FUENTE” estuvo sujeta a la disponibilidad de documentación relacionada al origen de la capa.
- La carpeta “SHP” contiene una única capa en formato shapefile y siempre es la última versión de la capa.
- Las capas temporales se crearon en una carpeta de prueba
- El identificador (ID) de la categoría y carpeta pudo haberse repetido, pero el número del mapa nunca se repitió.
- A los mapas se les asignó el identificador de la capa principal, aunque estuvieran conformados con varias capas de referencia.

Recopilación de la información

Se recopiló la información del PRUGAM, en el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) y del POTGAM, en el Instituto Nacional de Vivienda e Urbanismo (INVU). Además, se incorporó información proveniente de instituciones como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) (proyecto Atlas Digital de Costa Rica 2008), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA), los Municipios, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE).

Post-procesamiento y producción de información geográfica

Se realizó un diagnóstico con el software ArcGIS 10.1, en el que se revisó el sistema de proyección, posición geográfica y el contenido de la tabla de atributos. En el postprocesamiento fue necesario proyectar a CRTM05 (sistema oficial para Costa Rica),

añadir información complementaria a la tabla de atributos y aplicar operaciones de geoprocésamiento. La producción de nuevas capas se realizó a partir de información alfanumérica e imágenes georreferenciadas. Los procesos que en esta etapa requirieron una alta capacidad de procesamiento, fueron realizados con el equipo que facilitó el CeNAT en sus instalaciones.

A las capas se les realizaron modelos cartográficos en Word y metadatos que se elaboraron en Excel basándose en la plantilla que creó el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la información vectorial, la cual utilizó como base la norma ISO 19115:2003 Geographic Information Metadata, la norma ISO 19115:2003 Geographic Information Services y el Perfil Latinoamericano de Metadatos (LAMP) (Registro Nacional, s.f.).

Publicación de mapas

Se estableció una plantilla estándar para todos los mapas (figura 8), y se añadió en la parte superior izquierda una marca de agua con el número de figura de los mapas que aparecen en el documento oficial del Plan GAM 2013.

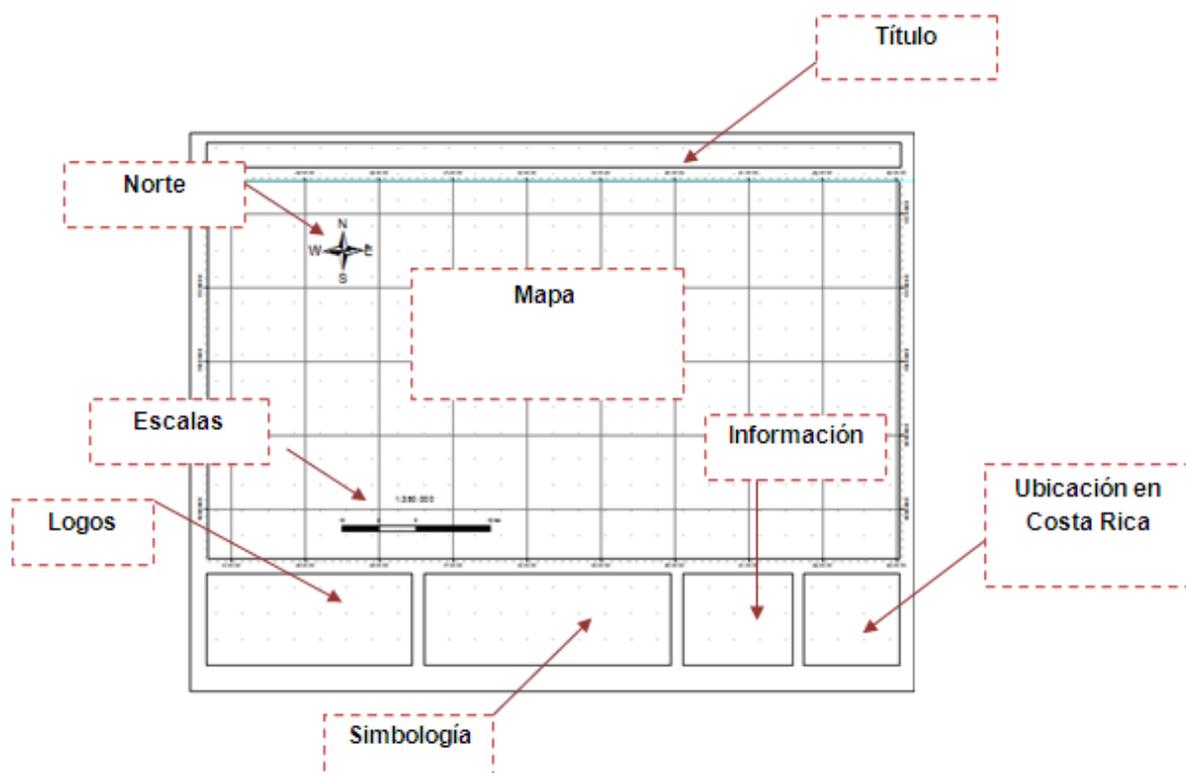


Figura 8. Plantilla estándar de mapas del Atlas del Plan GAM 2013.

Resultados y Análisis

El producto de la metodología del Atlas Digital para el Plan GAM 2013 se constituyó en un diccionario de datos actualizado, consolidado y ordenado, que facilitó la incorporación de nueva información. Otros proyectos similares como el SITXELL (Sistema d' Informació Territorial de la Xarxa d' Espais Lliures de la provincia de Barcelona) también se basaron en crear una estructura de módulos o categorías temáticas que cubren los diversos aspectos que intervienen en el ordenamiento territorial (Castell et al., 2003) y cuyo principal objetivo es describir la estructura de los datos (Bernhardsen, 2002b).

La utilización del diccionario de datos agilizó los procesos, lo que recompensó algunas dificultades que se presentaron, como los atrasos en el envío de información geográfica por parte de las instituciones, las capas desplazadas o con errores de traslape, las capas definidas en sistemas de proyección no reconocidos u oficiales y los mapas cartográficos ilegibles.

El Atlas del Plan GAM incluyó un total de 83 mapas y 172 capas. En la figura 9 se muestra el porcentaje de mapas distribuido por categoría.

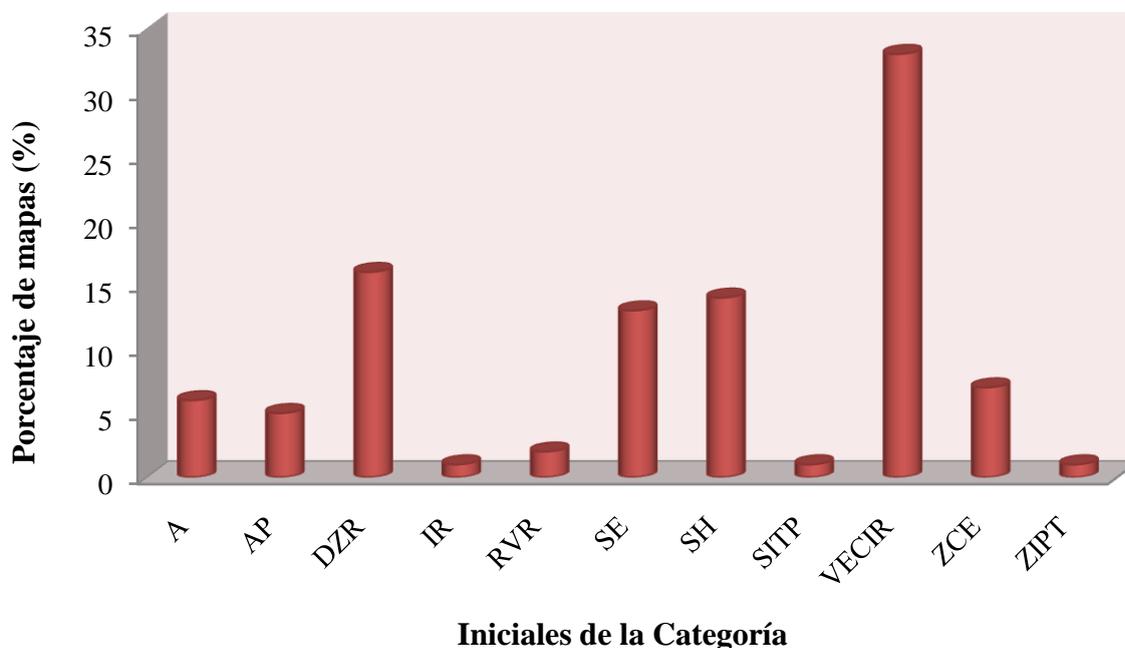


Figura 9. Gráfico del porcentaje de mapas por categoría.

La categoría que presentó mayor cantidad de mapas es la de Vivienda y Equipamiento colectivo e Infraestructura de Redes (VECIR), esto se debe a que en esta categoría se localizaron mapas para dos dimensiones: Equipamiento Social e Infraestructura de Redes. Algunos de los mapas que se localizaron en esta categoría fueron Territorios Sociales (figura 10), Equipamiento Social-EBAIS, Condición de Vivienda, Cobertura de Alcantarillado, Cobertura de Radiobases Instaladas y por Instalar y Distribución de Antenas de Celular (ICE).

Las clases con menor porcentaje de mapas fueron Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) y Zonas Industriales-Parques Tecnológicos (ZIPT), en estas categorías se registró un mapa que integró la mayoría de las capas (figura 11).

La dimensión ambiental abarcó una complejidad de temas e incorporó mapas de diferentes categorías, además, presentó el mayor porcentaje de mapas entre los que destacan: Amenaza de Fallas Geológicas, Capacidad de Recarga Hídrica (figura 12), Áreas Silvestres Protegidas y Zonas de Vida.

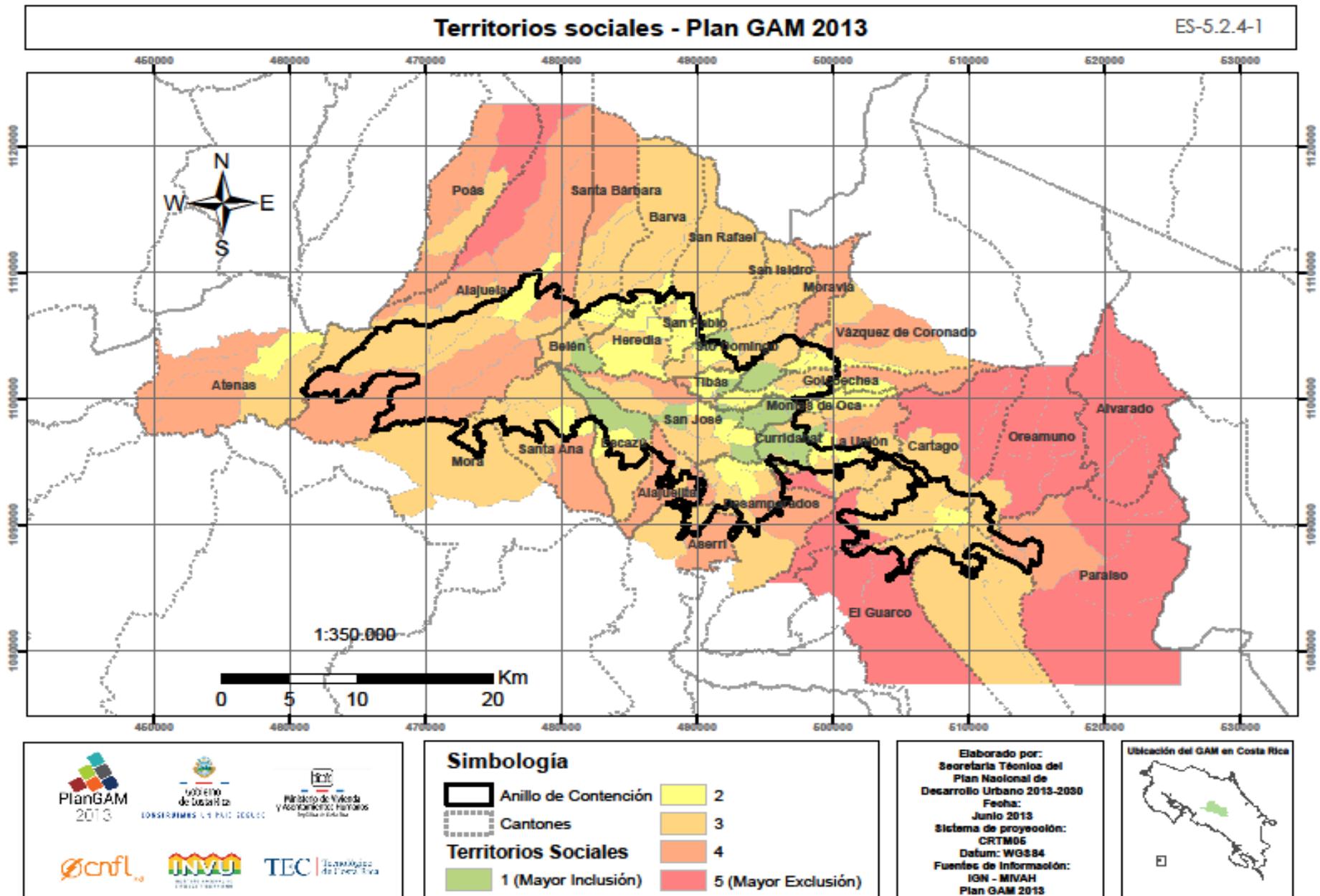


Figura 10. Territorios Sociales, Atlas del Plan GAM 2013. Fuente: Plan GAM 2013

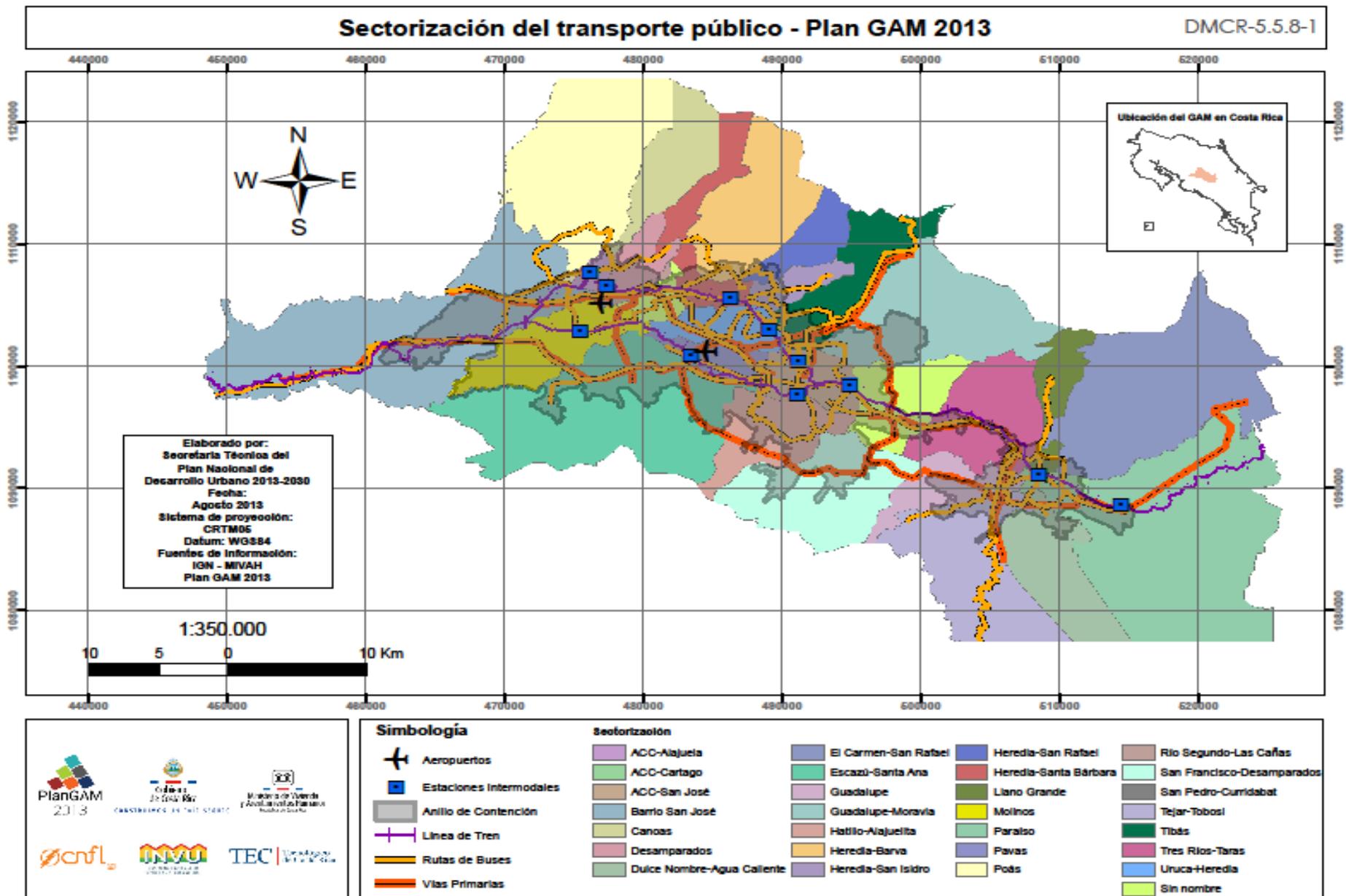


Figura 11. Integración de la información en el mapa de Sectorización del Transporte Público. Fuente: Plan GAM 2013

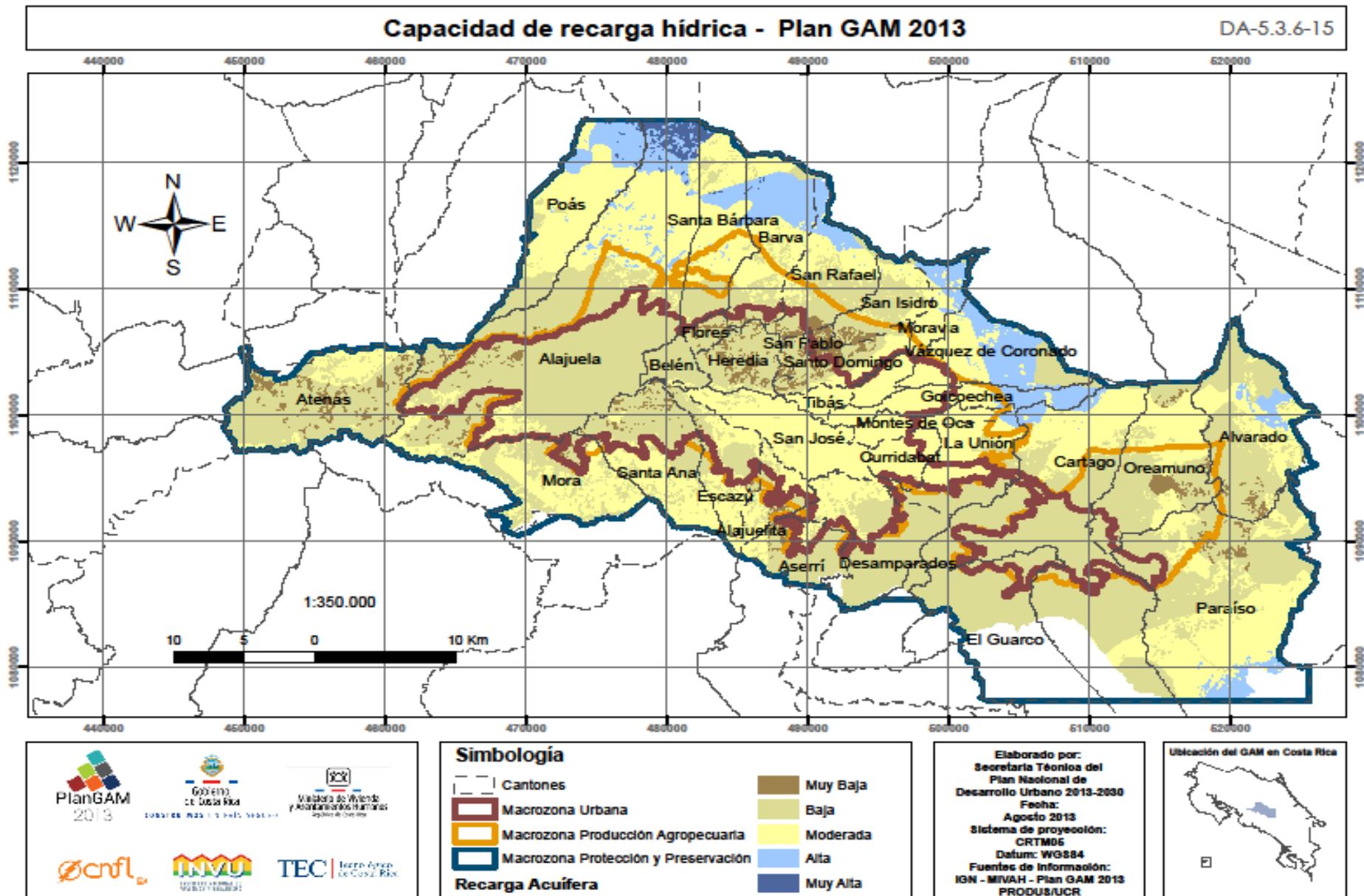


Figura 12. Capacidad de recarga hídrica. Fuente: Plan GAM 2013

En la figura 13, se observa la distribución de porcentaje de capas por categoría.

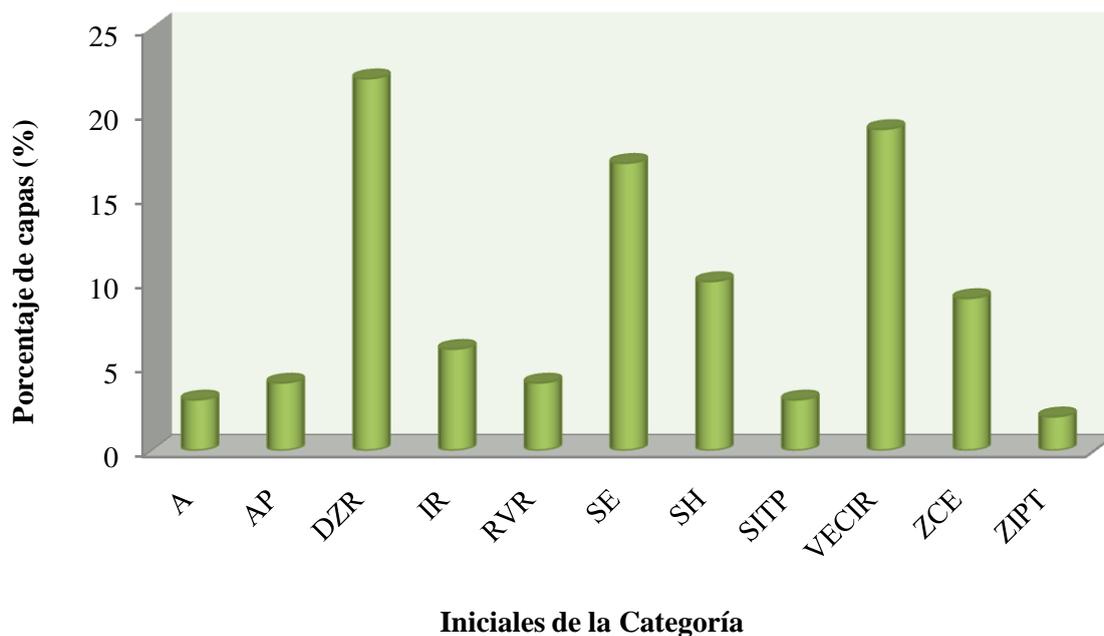


Figura 13. Gráfico del porcentaje de capas por categoría

Como se muestra en la figura 14, la mayoría de las capas se concentraron en las categorías de DZR, VECIR y SE, esto debido a la generalidad de estas clases. Otras categorías como Amenazas (A), Zonas Industriales y Parques Tecnológicos (ZIPT), debido a que su especificidad es mayor presentaron menor cantidad de capas.

En relación con la generación o procesamiento de la información geográfica, los modelos cartográficos sirvieron para respaldar el origen de las capas, lo cual es importante para garantizar un proceso objetivo, transparente y replicable.

La generación de metadatos estandarizados es fundamental para permitir el intercambio de información geográfica y mantener un control de los datos en el tiempo.

Conclusiones

La revisión de la información permitió seleccionar las capas geográficas confiables y actualizadas. Además, solventó los vacíos de datos y sirvió de apoyo para la creación de nuevas capas.

El uso de normas de estandarización en el diccionario, el empleo de información actual, la construcción de modelos cartográficos y la creación de metadatos bajo un estándar, fortaleció la calidad del Atlas Digital del Plan GAM 2013.

A pesar de las dificultades que se presentaron en el Atlas Digital, la aplicación de una metodología basada en un diccionario de datos, agilizó los procesos de búsqueda, incorporación y actualización de capas y mapas. Además, creó una base de datos simple, fácil de manejar y de replicar.

El Atlas Digital amplió las posibilidades para desarrollar instrumentos complementarios como por ejemplo: geoportales y herramientas interactivas; esto permitiría la conectividad entre municipios, simplificaría los trámites y facilitaría la actualización a nivel regional.

El Atlas Digital del Plan GAM 2013, se consolidó en una herramienta tecnológica, ordenada, eficaz y objetiva, que facilitó el análisis de la situación del Gran Área Metropolitana.

Bibliografía

- Becerras, E., Martínez, R., Pineda, E., Barreto, B., Hernández, N., Vidal, M., Rodríguez, I., Acosta., F & Cruz, A. (2008). Ordenamiento territorial y sistema de información en la agricultura cañera en Villa Clara. *Centro Agrícola*, Vol. 35, N° 4, p. 47-51.
- Bernhardsen, T. (2002a). Standards and Geographical Infraestructure. En *Geographic Information Systems* (pp. 377-401). New York, US: Ediciones John Wiley & Sons.
- Bernhardsen, T. (2002b). Geographical Information Systems and Graphical Information. En *Geographic Information Systems* (pp. 377-401). New York, US: Ediciones John Wiley & Sons.
- Bosque, J., & García, R.C. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol 20, p 49-67.
- Cardona, A.H. (2001). Reflexiones para un Futuro en el Ordenamiento Territorial y la Planificación de las Regiones Colombianas: Influencia del Medio Ambiente Global. *Revista Jurídica Piélagus*, Facultad de Derecho, Universidad de Surcolombia, N ° 2, p. 53-57.
- Carvajal Sánchez, N. (2011). La dinámica del ordenamiento territorial en Colombia: contraste de dinámicas urbano-rurales en la región metropolitana de Bogotá. (Tesis Doctoral). Universidad de Montreal, Ottawa, CA.
- Castell, C., Beltran, A., & Margall, M. (2003). El Sistema de d' Informació Territorial de la Xarxa d' Espais Lliures (SITXELL) de la provincia de Barcelona. En Diputación de Barcelona (Ed.), *El territorio como sistema* (pp. 159-179). Barcelona, ES: Institut d' Edicions de la Diputació de Barcelona.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (2011). Guía de Normas Edición en español Comité ISO/TC 211 Información Geográfica / Geomática. (en línea). Distrito Federal, MX. Consultado 22 jul, 2013. Obtenido desde http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf

Registro Nacional. (2013). Borrador del perfil oficial de metadatos para datos geospaciales de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional, San José, CR.