

Catálogo de objetos para la agroindustria de la palma de aceite

Catalogues of Objects for the Oil Palm Agro-industry



AUTORES

Rafael E. Hurtado Camacho

Investigador titular, PhD. Líder Programa Agricultura de Precisión. División de Agronomía.

Leonardo Araque Torres

Asistente de investigación, Programa Agricultura de Precisión. División de Agronomía.

Victor Rincón Romero

Auxiliar de investigación, Programa Agricultura de Precisión. División de Agronomía.

Fabio Montealegre Medina

Estudiante-pasante, U. Distrital. Facultad de Ingeniería Catastral

Palabras CLAVE

Catálogo de objetos, Sistema de información geográfica, Agroindustria de palma de aceite, Agricultura de precisión, Objeto geográfico, Norma técnica colombiana, Estandarización.

Catalog of Objects, Geographic Information System, Oil Palm Agro-Industry, Geographic Object, Precision Farming, Colombian Technical Standard, Standardization.

Recibido: 3 marzo 2009
Aceptado: 6 mayo 2009

Resumen

El catálogo de objetos para el sector palmero está orientado a estructurar y estandarizar la información geográfica de la agroindustria de palma de aceite, con el fin de brindar una herramienta útil para la comunicación entre sus productores y usuarios. La estructura del catálogo clasifica los objetos geográficos principalmente utilizados en la administración del manejo agronómico de un cultivo de palma de aceite, identifica su importancia, define sus relaciones y atributos, y describe elementos geográficos que son de interés general para una plantación. Ello permite orientar a los productores en la adopción de un estándar que considera las particularidades y singularidades del sector palmero colombiano. El catálogo de objetos presenta las características propias de los elementos geográficos a escala 1:2.000, agrupa las ocurrencias de un tipo de objeto según su naturaleza, e identifica atributos inherentes al objeto como lo es el tipo de geometría espacial (la representación geométrica de un tipo de objeto varía según la escala de representación). Sin embargo, no se explica la representación espacial de instancias del objeto geográfico con fines cartográficos. La representación espacial de estos elementos se encuentra consignada en el catálogo de símbolos cartográficos para la agroindustria de palma de aceite en Colombia a escala 1:2.000, un importante insumo que permite representar la realidad de una plantación en papel o a través de la pantalla del computador, es decir, realizar una abstracción de la realidad. Al estandarizar la información se optimizan actividades de flujo de información, se mejora la administración y el manejo agronómico dentro de la plantación y se reducen costos. También se evita con ello la duplicación de esfuerzos, y se favorece la toma de decisiones para el manejo de recursos. Por otra parte, contribuye al desarrollo del sector palmero, ya que brinda un mejor entendimiento del entorno geográfico del país, de manera que se puedan aprovechar sus cualidades y recursos. Este artículo forma parte de los compromisos del protocolo que para tal fin buscó desarrollar y estructurar el catálogo de objetos y el catálogo de símbolos, dentro del Programa de Agricultura de Precisión (AP) de Cenipalma. Su conceptualización, desarrollo tecnológico, manejo y estandarización de la información alfanumérica y geográfica asociada al sistema productivo de la palma de aceite, se encuentran inmersos en los conceptos de AP.

Summary

The Catalog of objects for the oil palm sector is oriented to the structure of the geographic information of oil palm agro-industry, standardize this information in order to provide a useful tool for communication between producers and users of geographic information. The structure of the Catalog of objects classified mainly geographical objects used in the management of agricultural crops of oil palm, identifying its importance, defining attributes and their relations, aiming to describe geographic features that are of general interest to a plantation, and to guide producers of geographic information in the adoption of a standard that considers the specificities of the oil palm sector. The Catalog of objects sets the characteristics of the geographic objects to scale 1:2000, grouping occurrences of a type of object according to its nature, identifying attributes associated with the object as it is the type of geometry (geometric representation of a type object varies with the scale of representation). By standardizing the information activities is optimized information flow, allowing the exchange to generate a greater understanding of the context of palm oil, contributing to improved management and agronomic management within of the plantation and cutting costs to avoid raising unnecessary information. These benefits help to prevent duplication of efforts, helping to make the right decisions for resource management.



Introducción

Para el sector palmero la información geográfica puede clasificarse en fundamental y en temática. La información fundamental es principalmente producida por entidades oficiales como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y en casos específicos por entidades o personas profesionales en el área geográfica y topográfica.

La información temática, por su parte, está surgiendo de las actividades asociadas a la agroindustria. Si bien una plantación puede manejar de forma particular la administración de su información, es posible que se encuentren inconvenientes en el momento de homologarla o integrarla con otros conjuntos de información de diferentes plantaciones para dar contexto a manejos regionales.

Esta investigación relaciona el proceso de definición de lo que es un *catálogo de objetos* y un *catálogo de símbolos*, que considera las particularidades de la agroindustria de la palma de aceite, de tal forma que la estandarización del manejo de información geográfica responda a sus necesidades y a la semántica de un modelo de datos geográfico.

El catálogo de objetos para la palma de aceite se basó en información de estándares y normativas existentes, nacionales e internacionales, que permitieron estructurar su contenido. En Colombia el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) es el organismo rector de la información geográfica del país. En los años 1995 y 1996 produjo los catálogos de objetos CO-25 versión 2.0 a escala 1:25.000 y CO-U versión 1.0 escala 1:2.000, respectivamente, que son los más utilizados por distintas entidades para la estandarización de su información geográfica.

En el año 2008, en su proyecto de norma técnica colombiana, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec) presentó para consulta pública una versión preliminar del documento: *Metodología para la catalogación de objetos geográficos*, el cual expone un procedimiento para estructurar la información geográfica adaptando para el país la norma internacional ISO/DIS 19110 de 2005.

Desde el punto de vista internacional, se presentan referencias como: Authorative Topographic Kartographie Information System (Atkis) Objektartenkatalog Basis-DLM, que es el catálogo de objetos geográficos utilizado en Alemania.



De Canadá se referencia el estándar Spatial Data Standard for Facilities, Infrastructure and Environment (SDSFIE), Versión 2.6 de 2007, que orienta las posibilidades de extensión de un catálogo que modela distintas temáticas de orden social, político, ingenieril, militar o ambiental. Ello muestra una característica básica de un catálogo de objetos, cual es la flexibilidad, basada en la parametrización y documentación de sus distintos objetos.

Estructuras y organización de la información geográfica

Catálogo de objetos

El significado de catálogo de objetos se puede encontrar en la norma ISO/TC2¹: estándar 19110 del año 2005, que dice: “Definición y descripción de los tipos de objetos, las funciones de los tipos de objetos, los tipos de atributos de objetos y los tipos de relaciones entre objetos, que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos”.

Los objetos geográficos estructurados en el contenido del catálogo de objetos son abstracciones de elementos del mundo real; debido a que la realidad es compleja, la información almacenada no captura con gran detalle las riquezas y características propias de los objetos geográficos. Sin embargo, plantea los atributos y datos necesarios para su identificación en el espacio. Esta simplificación del entorno contribuye a la organización y estructuración eficiente de la información geográfica, que permite definir con claridad elementos como forma, geometría, significado, posición, atributos y relaciones intrínsecas de la información, con el fin de que cualquier usuario la pueda analizar y comprender sin ningún problema.

Los objetos geográficos son representaciones de ocurrencias o instancias de fenómenos discretos asociados a una posición específica en el espacio y en el tiempo. Con base en estos objetos se pueden crear salidas cartográficas mediante la representación de símbolos que identifican claramente la naturaleza del objeto, con el propósito de observar grandes extensiones de terreno a diferentes escalas con sus características relevantes según sea el caso.

Si en la creación y manejo de la información geográfica no se posee ningún criterio o estándar, se puede caer en la subjetividad del agrimensor designado para desarrollar esas tareas. Por ello es necesario establecer directivas de estandarización de información geográfica, digital y análoga, tanto nacionales como internacionales, que contribuyan al flujo y al intercambio de información entre diferentes empresas o entidades, de tal forma que se evite la duplicación de esfuerzos y que se incurra en costos innecesarios. Además, que apoyen el mejor entendimiento del entorno geográfico en diferentes ámbitos. De esta forma, las entidades competentes entregarán a los usuarios finales de la información un producto claro, y fácil de comprender y manipular. El catálogo de objetos es un insumo importante para lograr tal propósito y apoyar tecnologías como los sistemas de información geográfica (SIG) en la estructuración y estandarización de los datos espaciales.

Generalidades de las bases de datos espaciales

Entrada de información temática

Terminada la operación de digitalización y generación de la base de datos espacial, es necesario añadir los datos temáticos a cada objeto geográfico. Dado que la información temática se debe ingresar en una base de datos, es importante aprovechar las herramientas de entrada de datos de manera que se alcancen mecanismos de manipulación de hojas de cálculo, edición de datos temáticos por fila y columna, gestión de relaciones por clave primaria o secundaria, gestión de versiones e integración con formatos estándar SIG. De este modo, el proceso de digitalización en formato vectorial es organizado de tal forma que se puede identificar la información espacial y temática.

Bases de datos espaciales

Los sistemas de información geográfica vectoriales tienen un componente de gestión de bases de datos de los atributos temáticos que se puede definir como: una aplicación de computadores para el almacenamiento, edición y recuperación de la información de una base de datos.

1. Comité Técnico 211 de la Organización de Estándares Internacionales (ISO), el cual tiene como objetivo desarrollar normas referentes al área de la geomática y la información geográfica.

En la organización de una base de datos es necesario distinguir entre la organización física y el diseño lógico. Este aspecto es importante porque se refiere a las relaciones entre el conjunto de datos almacenados. El paso de análisis previo de la información que se va a incluir en la base de datos se refiere a un diseño de relaciones que definan un concepto e integren distintos elementos. Existen varias formas de realizar esta operación, pero la más ampliamente utilizada es la que corresponde al enfoque entidad-relación (Cebrian de Miguel, 1988).

Tipos de base de datos

Los elementos del modelo entidad-relación que describen una situación se pueden detallar en distintos tipos de base de datos, y operativamente distinguir según la manera de gestionar la información que manipulan en el dominio de un SIG vectorial.

Los sistemas de bases de datos jerárquicos, al igual que los de red, son ya anticuados y poco empleados en SIG. La jerarquía de este sistema se basa en que cada tipo de entidades está relacionada solo con un tipo inferior a él y por otro lado con una entidad de carácter superior, con lo que se genera un árbol jerárquico de entidades. Es posible generar varias dimensiones en el árbol, dado el concepto de red, pero no se logra la flexibilidad necesaria para los requerimientos en una base de datos geográfica.

En la actualidad la organización de la base de datos más empleada en los sistemas de información geográfica es la denominada relacional.

Materiales y métodos

Fuentes de información

Para la determinación del modelo de datos común orientado a homogenizar los conjuntos de información geográfica de las plantaciones de palma de aceite del país, se parte de evaluar el conjunto de información geográfica de 31 plantaciones de palma de aceite, 29 de la Zona Central y 2 de la Oriental.

La selección de los conjuntos de información para evaluar se enfoca en trabajos de organización de información geográfica realizada por las plantaciones con un alcance de estudio de suelos para la definición de unidades de manejo agronómico (UMA). Esto permite

evidenciar las características de la información como: calidad de la edición cartográfica, escala de trabajo empleada, codificación y representación de objetos geográficos, consideraciones para el levantamiento de la información por distintos perfiles profesionales contratados por una plantación y empleo de herramientas CAD, SIG o base de datos espacial.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, para hacer el inventario de la información, la misma se observa con respecto al parámetro y su definición (Tabla 1).

Evaluación de la calidad de los datos

El proceso de inventario de la información permite observar los niveles de información o capas que pertenecen a distintas plantaciones para representar y almacenar sus datos geográficos. Se encontraron 315 capas en total, provenientes de las 31 plantaciones consideradas en el estudio, las cuales se dividen en 55 capas diferentes dependiendo del nombre asignado a cada una de ellas por una determinada plantación. En la Figura 1 se muestra el nivel de ocurrencia o frecuencia de uso de las 55 capas en las plantaciones que intervienen en el estudio.

El siguiente paso es identificar cuáles de esas 315 capas están representando la misma información geográfica. Para este proceso se realizó una evaluación con base en unos principios de calidad de la información (Figura 2), con el propósito de eliminar la información redundante del conjunto de datos. Tal evaluación se basó en la información que se expone en la norma internacional ISO 19113 Geographic information-Quality principles, desarrollada por el comité ISO/TC211 en el año 2002. Vale aclarar que no se siguió al detalle la norma, solo se consultaron los criterios que se deberían contemplar para este proceso (Tabla 2).

El proceso arrojó como resultado 31 capas de las 315 consideradas en el estudio, en las cuales se agrupó la información o los totales de las capas que reflejaban una representación similar. De aquí en adelante estas capas serán denominadas como *tipos de objetos geográficos*, ya que surgieron de la evaluación de un conjunto de datos geográficos. Con la información depurada se procedió a determinar la frecuencia de uso de las capas en las distintas plantaciones consi-

**Tabla 1.** Identificación de las características de información geográfica por plantación

Parámetro	Descripción	Formato	Ejemplo	Observación general
Plantación	Nombre de la plantación de donde proviene los datos o la información.	Texto	Palmar de La Vizcaína	Asociado a nombre de plantación como unidad de manejo de producción, frente a identificación de razón social.
Zona	Nombre de la zona palmera a la que pertenece la plantación.	Texto	Central, Oriental, Norte, Occidental	Necesario definir el criterio que limite las zonas palmeras.
Nombre de capas	Nombre de las capas o niveles de información.	Texto	Vías, lote, cerca	Nombres y codificación, definidos independientemente por cada proveedor de información.
Atributos	Características principales de las capas o niveles de información.	Texto	Nombre, área, viva	Atributos y codificación, definidos independientemente por cada proveedor de información.
Elemento geográfico	Capa o entidad referida netamente al espacio geográfico.	Boleano	Si, no	Definido independientemente por cada proveedor de información.
Geometría	Geometría o forma que poseen las capas o niveles de información.	Texto	Punto, línea, polígono	Definido independientemente por cada proveedor de información.
Formato original	Formato en que se encuentran capas o niveles de información.	Texto	dxf, dwg, mxd, shp	Definido independientemente por cada proveedor de información, con mayor tendencia a generar formatos cad.
Producto generado	Formato generado para la presentación del usuario final.	Texto	pdf, jpeg, tiff	Definido independientemente por cada proveedor de información, con mayor tendencia a generar formatos pdf, a manera de distribución digital.
Fuente de los datos	Fuente o procedencia de la información de cada plantación.	Texto	Cartografía Igac, Levantamiento topográfico	Definido independientemente por cada proveedor de información, con mayor tendencia a levantamientos topográficos sin cartografía básica.
Sistema de referencia	Sistema de referencia geográfica en que se encuentra la información.	Texto	Coordenadas planas (Epsg 21892)	Tendencia a georeferenciar en coordenadas planas.
Escala	Relación matemática entre las dimensiones del terreno y las de la capa.	Entero	1:7500, 1:10000	Tendencia a realizar levantamientos a escala 1:10000.
Observaciones	Observaciones importantes acerca de los inconvenientes o problemas que presenta la información.	Texto	La Capa no posee o carece de información suficiente para análisis posteriores	Se relacionan capas de información cuya representación e información corresponden a atributos de otra capa. Se emplea la herramienta cad bajo conceptos de una herramienta sig.
Fecha de actualización	Fecha de la toma o actualización de los datos.	Texto	Julio 2006, mayo 2008, enero 2005.	Necesidad de integración a partir de distintas fuentes de información.

Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión (2009).

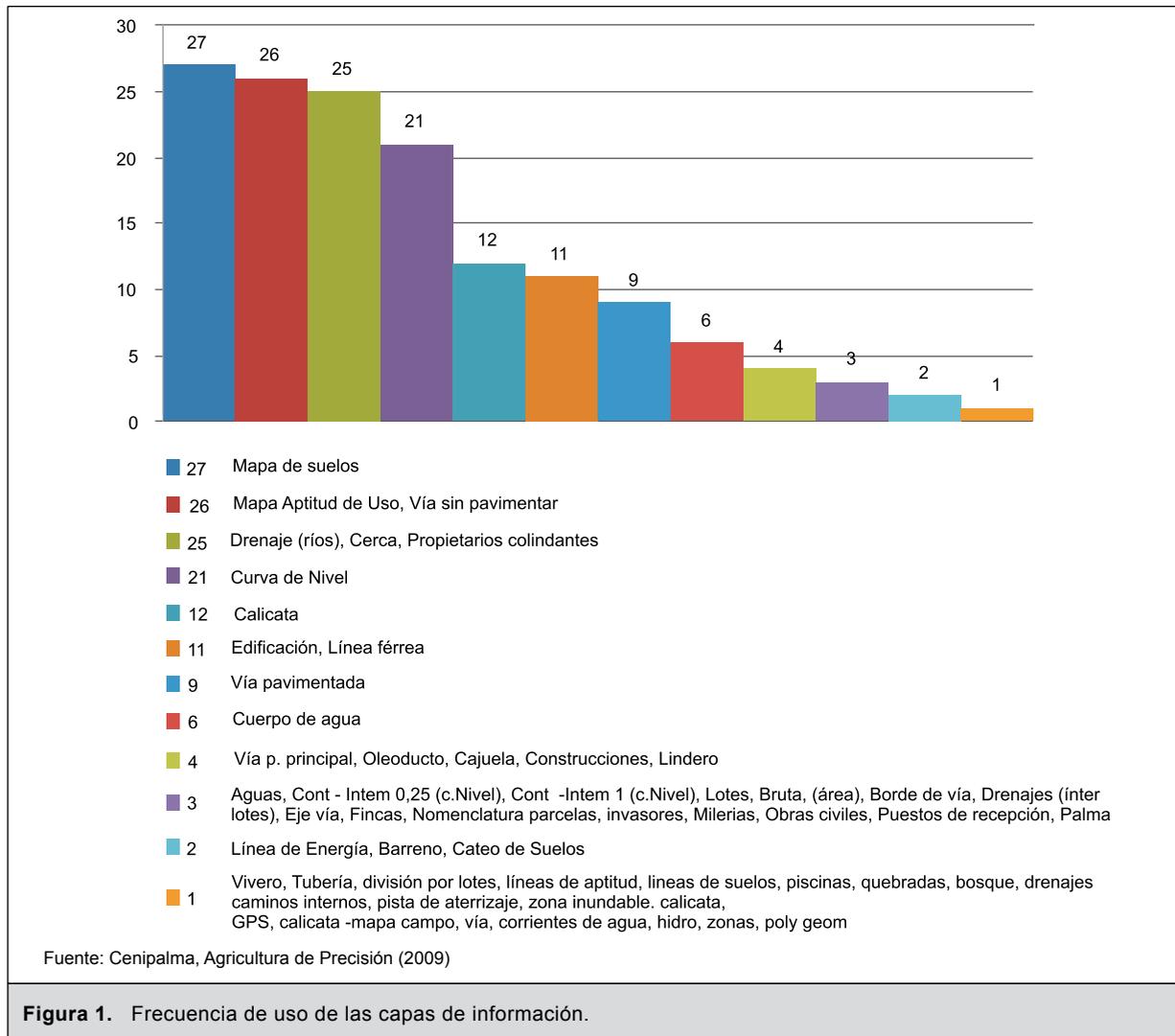
deradas en el estudio. El resultado de esta actividad se expone en la Figura 3.

Luego de analizar las frecuencias de ocurrencia, se valoró el nivel de importancia que tenía un determinado tipo de objeto para ser considerado en el contexto de la agroindustria de la palma de aceite. Si bien se encontraron tipos de objeto como los drenajes, las curvas de nivel y las vías, entre otros, cuya alta frecuencia evidenciaba su nivel de importancia, se encontraron casos como “palma” que solo se iden-

tificó en tres plantaciones; no obstante, se mantuvo debido a su relevancia en términos del propósito de este estudio, pues la palma es la *mínima* unidad espacial de análisis.

Correlación con catálogos de objetos existentes

Luego de identificar los niveles de información geográfica utilizados en el sector palmero, se correlacionaron los niveles de información o capas consideradas en



el estudio para la realización del catálogo de objetos para el mismo sector, con los elementos geográficos consignados en los catálogos de objetos que se relacionan a continuación:

Nacionales:

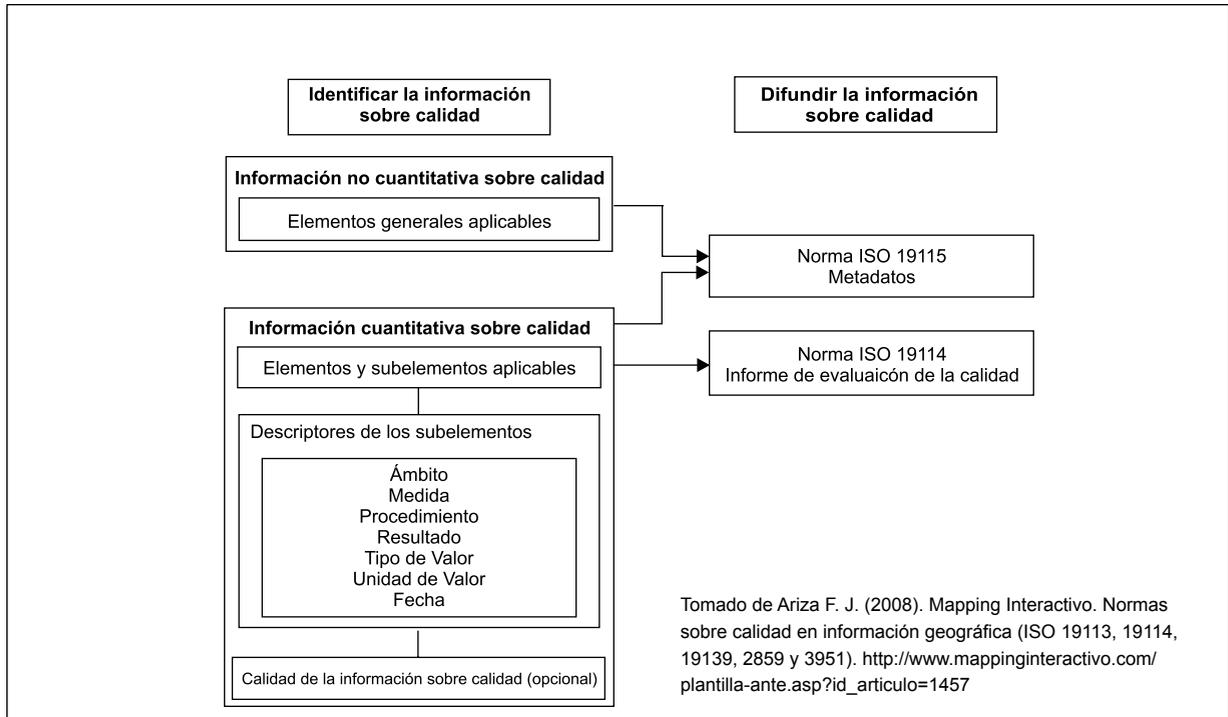
1. CO-25 versión 2.0, escala 1:25.000 (IGAC, 1995)
2. CO-U versión 1.0, escala 1:2.000 (IGAC, 1996)
3. Proyecto de norma técnica colombiana, catálogo de objetos geográficos básicos (Icontec, 2001)²
4. Catálogo de objetos geográficos urbanos versión 1.0 (Ideca, 2006)

Internacionales:

1. Catalogación de objetos Authorative Topographic Kartographie Information System (Atkis), Objektartenkatalog Basis-DLM; versión 3.1, 2002 (Alemania)
2. Spatial Data Standard for Facilities, Infrastructure, and Environment, SDSFIE; versión 2.6, 2007 (Canadá)

Debido a que los catálogos de objetos del IGAC son el estándar para la identificación de elementos geográficos en Colombia, tienen una mayor consideración en el estudio, sin perder de vista que fueron creados en los años 1995 y 1996. Es por esta razón que su

2. La versión de este proyecto de norma técnica del año 2005 contiene un listado de elementos geográficos básicos. En la versión publicada en el año 2008 para consulta pública, se explica una metodología para la catalogación de elementos, mas no se expone un listado de elementos geográficos.



Tomado de Ariza F. J. (2008). Mapping Interactivo. Normas sobre calidad en información geográfica (ISO 19113, 19114, 19139, 2859 y 3951). http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1457

Figura 2. Principios de calidad (ISO 19113).

Tabla 2. Criterios de evaluación de la calidad

Criterio	Descripción	Ejemplo
Nombre de capas similares.	La misma representación geográfica se asocia a diferentes nombres de capas.	Cerca, límite, linderos.
Tipo de geometría.	En algunos casos no corresponde la geometría a la información que se desea representar.	En capas con geometría polígono existen líneas o puntos.
Verificación de topología.	Verificar las posiciones en el espacio de los elementos con respecto a otros.	Polígonos adyacentes no deben superponerse.
Datos redundantes.	Los elementos dentro de una capa no pueden repetirse en otro lugar en el espacio.	Duplicación de puntos, líneas o polígonos con las mismas características.
Significado de la información interna.	Evaluar la información interna de cada capa, buscando identificar si la información contenida representa el significado que se quiere almacenar.	El nombre de la capa Cont-Interm0.25 no explica el significado de la información.
Verificación de la información interna.	Verificar si la información contenida en una capa determinada pertenece a la información que está almacenada.	Líneas contenidas en la capa "drenajes" efectivamente representan un drenaje en el espacio.

contenido se compara con la información consignada en el Proyecto de norma técnica colombiana: Catálogo de objetos geográficos básicos del año 2001 y el catálogo de objetos creado por Catastro Distrital, ya que su contenido es reciente y está actualizado.

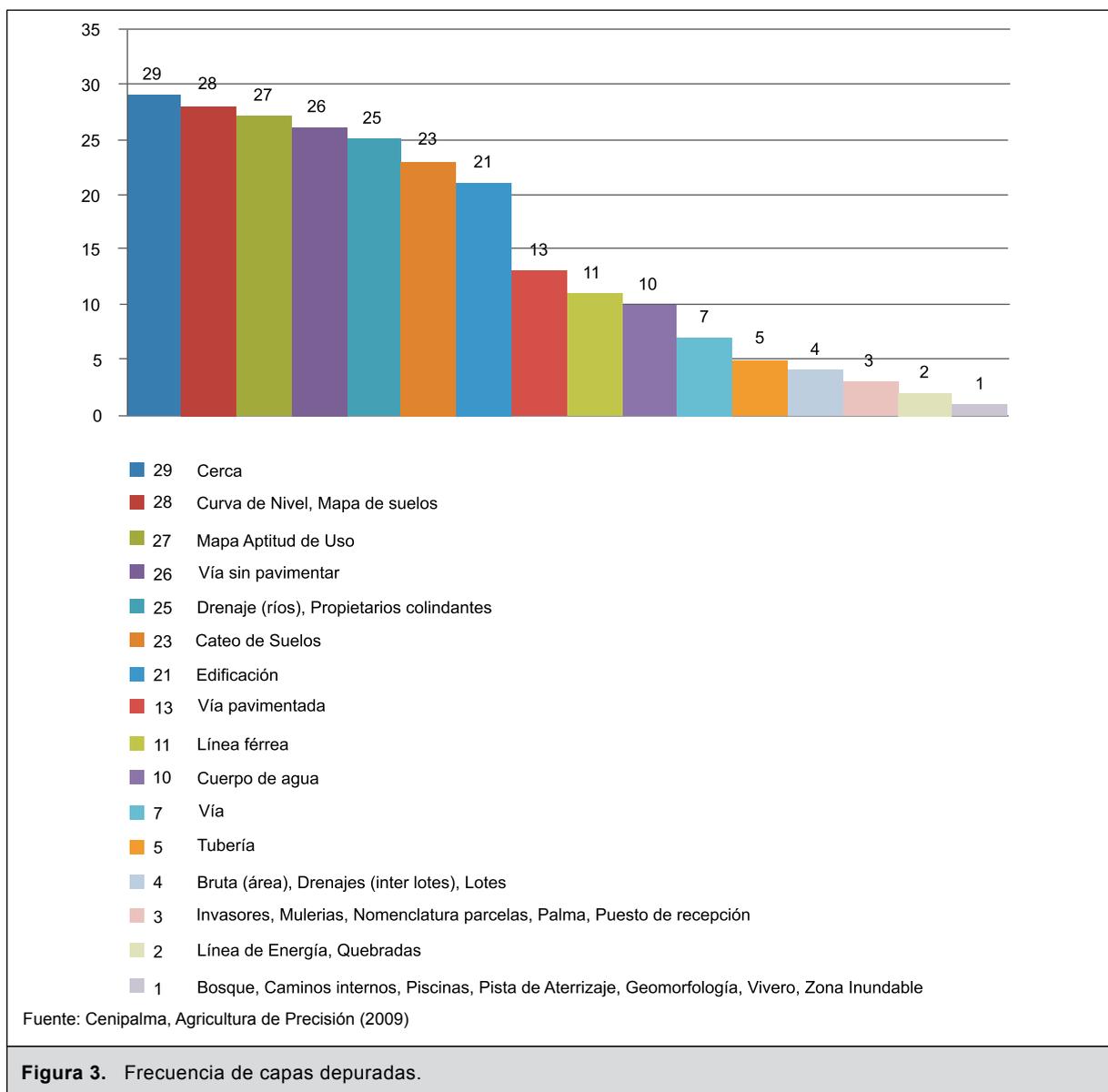
Justificación de los tipos de objeto

Luego de estructurar la información considerada para la creación del catálogo de objetos, se evaluó la importancia de los tipos de objeto en esta clasificación, con el fin de determinar su participación en dar

respuesta a las necesidades y condiciones propias de los palmicultores.

Como referencia, se consultó el artículo publicado en la revista de geografía de la universidad canadiense Simon Fraser, "Transaction in GIS" (2006), en el que se mencionan algunos parámetros utilizados en el proceso de un SIG colaborativo, los cuales están basados en la metodología Collaborative Spatial Delphi (CSD).

En la Tabla 3 se describen los parámetros considerados en el proceso de evaluación de los objetos adaptados del artículo enantes mencionado. Para facilitar



el entendimiento de cada uno de ellos, se asoció con la teoría de “las 5 W” referida a las preguntas: quién, qué, cuándo, dónde y por qué, que en inglés comienzan por la letra W (Who, What, When, Where, Why). Se le agregó una pregunta más para referirse a los costos (cuánto), que por principio en inglés por H (how much), se representa con esa letra (Mitra, 1986; Koory y Medley, 1987).

Para adaptar estos parámetros a las necesidades del sector palmero y compararlos en más detalle con los *tipos de objetos* se establecieron los ítems *identificación de parámetro* y *valores del parámetro* (Tabla 4), que describen y mencionan

los valores y criterios utilizados para evaluar la información.

En la Tabla 5 se presenta un ejemplo de implementación de los parámetros de evaluación para el objeto cateo de suelos.

Evaluación semántica

Una vez identificados los tipos de objeto que intervienen en el modelo de datos para el sector palmero, se evaluaron los papeles o relaciones existentes entre los tipos de objeto considerados y, principalmente, su semántica dentro de un modelo de datos aplicable a la estructuración de la información en el sector.



Tabla 3. Parámetros para la evaluación de aplicabilidad de los tipos de objetos				
Parámetros	Definición del parámetro	Valores del parámetro	Frecuencia de uso	Valoración
Motivación (porqué)	Identificación de las necesidades que se van a suplir con el objeto.	Representación espacial Identificación geográfica	Alta (A) Media (M) Baja (B)	Alta (A) Media (M) Baja (B)
Aplicabilidad (cuándo)	Las funciones a las que está orientado el objeto.	Ubicación Especialización Relaciones topológicas		
Beneficios (para qué)	Se refiere a las ventajas de la implementación del objeto.	Distribución en el espacio Identificación de formas y tamaños Relaciones topológicas Planificación Toma de decisiones		
Insumos (cómo)	Menciona cuáles son los métodos, actividades y productos que permiten crear y abstraer el objeto.	Levantamientos topográficos Encuestas Muestreo Censos		
Usos conocidos (dónde)	Se refiere a las aplicaciones que se le dan actualmente al objeto.	Planificación ubicación espacial Toma de decisiones		
Antecedentes (origen)	Son las fuentes o procedencia de la información que se utilizó para la creación o implementación de un objeto.	Uso tradicional Catálogo de objetos (IGAC)		
Factores limitantes (costo)	Restricciones que se pueden presentar para el uso o la utilización del objeto.	Adquisición y captura de la información Actualización de los datos Financiación Calidad de los datos		

Adaptado del artículo: "Modeling Collaborative GIS Processes Using Soft Systems Theory, UML and Object Oriented Design" (2006).

Tabla 4. Ítems de frecuencia de uso y valoración de importancia			
Ítem	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)
Frecuencia de uso	Frecuente utilización en las plantaciones.	Ocasionalmente se utiliza en las plantaciones o en investigación.	Generalmente usada para fines específicos y trabajos de investigación.
Valorización de importancia	Información geográfica básica para administrar una plantación.	Información complementaria para administrar una plantación e información importante para estudios de suelos.	Información adicional para el manejo agrícola de la plantación.

Fuente: Cenipalma, Agricultura de precisión (2009).

El primer paso para esta evaluación se hace mediante la elaboración de un modelo conceptual de la información, en el que se relacionan cada uno de los tipos de objeto con otros en el espacio. Este modelo es la primera aproximación del comportamiento de los elementos del catálogo de objetos, en donde se puede observar todos los *tipos de objetos* considerados en el modelo de datos (Figura 4).

Los colores asignados a los *tipos de objetos* con respecto a los temas a los cuales pertenecen, se indican en la Figura 5.

El modelo lógico permite verificar la semántica de los tipos de objeto, porque valida la información del modelo de datos mediante la representación gráfica de todos los tipos de objeto junto con sus *atributos*, y facilita el análisis de su comportamiento en el espacio, identifica la existencia de posibles relaciones con otros tipos de objeto y de posibles *atributos* que no se consideraron inicialmente al seguir el modelo lógico.

El modelo lógico se efectuó bajo el lenguaje UML (Unified Modeling Language)

Tabla 5. Implementación de los parámetros de evaluación				
Parámetros	Definición	Valores de evaluación	Frecuencia de uso	Valoración
Nombre	Cateo de suelos.			
Identificación (qué)	Sitios de muestreo específico con el fin de evaluar y conocer las características químicas y físicas de los suelos.			
Motivación (por qué)	Identificación de las necesidades que se van a suplir con el objeto.	Identificación geográfica.		
Aplicabilidad (cuándo)	Las funciones a las que está orientado el objeto.	Ubicación, espacio.		
Beneficios (para qué)	Se refiere a las ventajas de la implementación del objeto.	Distribución en el espacio, relaciones topológicas, toma de decisiones.	M	M
Insumos (cómo)	Menciona cuáles son los métodos, actividades y productos que permiten crear y abstraer el objeto.	Levantamientos topográficos, muestreo.		
Usos conocidos (dónde)	Se refiere a las aplicaciones que se le dan actualmente al objeto.	Planificación, ubicación espacial, toma de decisiones		
Antecedentes (origen)	Son las fuentes o procedencia de la información que se utilizó para la creación o implementación de un objeto.	Uso tradicional.		
Factores limitantes	Restricciones que se pueden presentar para el uso o la utilización del objeto.	Adquisición y captura de la información.		

Fuente: Cenipalma, Agricultura de precisión (2009).

Catálogo de símbolos cartográficos

El catálogo de símbolos cartográficos para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia almacena los símbolos cartográficos propuestos para representar los elementos geográficos del sector, que están basados en la información contenida en el catálogo de objetos geográficos para la palma de aceite.

Debido a que la representación gráfica de los símbolos cartográficos varía según la escala cartográfica considerada para su visualización, en el presente catálogo de símbolos la escala definida para la creación de símbolos es de 1:2.000, la misma que la del catálogo de objetos del cual son tomados los elementos geográficos para su representación. “Para cada escala de trabajo debe existir un modelo digital del paisaje y su correspondiente modelo cartográfico digital. El contenido del *modelo digital del paisaje* se relaciona en el catálogo de objetos, de la misma manera como el *modelo digital del paisaje* se describe en el catálogo de símbolos” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 1996).

Los *tipos de objetos* considerados en el catálogo de objetos son 42; los *símbolos* contenidos en el catálogo de símbolos son 61; aunque existe una correlación entre el catálogo de objetos y el de sím-

bolos, las cantidades de elementos no son iguales debido a que en algunos tipos de objetos es necesario representar la información teniendo en cuenta *atributos* y *dominios*. Es por esto por lo que un objeto geográfico puede estar asociado a uno o más símbolos cartográficos, acorde con la pertinencia de su representación.

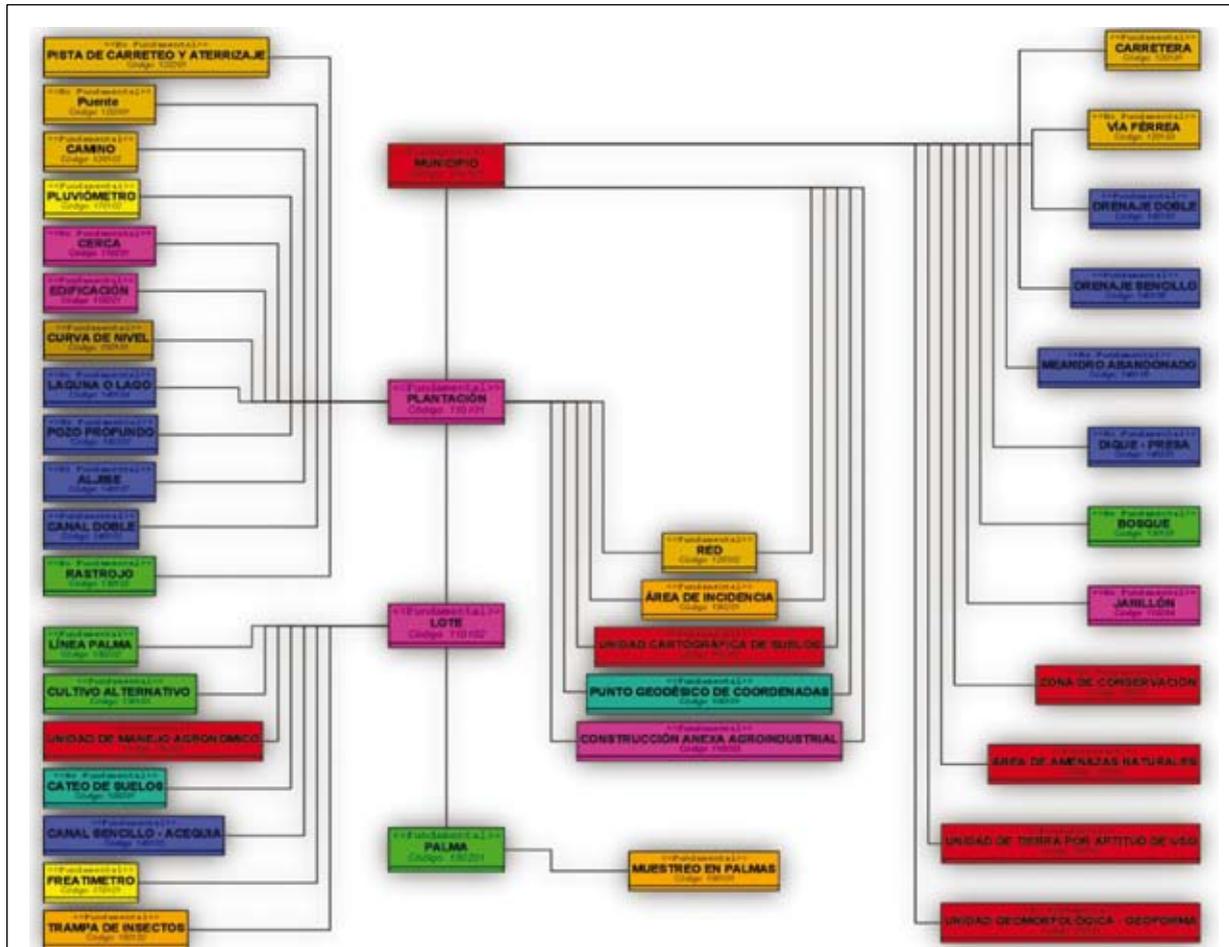
El catálogo de símbolos cartográficos para el sector palmero está orientado a almacenar la representación pictórica de los elementos geográficos considerados en el catálogo de objetos geográficos para el sector palmero, y busca definir un conjunto básico de símbolos de uso común cuando produce salidas cartográficas tanto análogas como digitales a escala 1:2.000, que corresponden a aquellas áreas o zonas destinadas al cultivo de palma de aceite.

La Figura 6 es un ejemplo de cómo se están estructurando los *símbolos* basados en los elementos del *catálogo de objetos* por medio de fichas técnicas:

Resultados

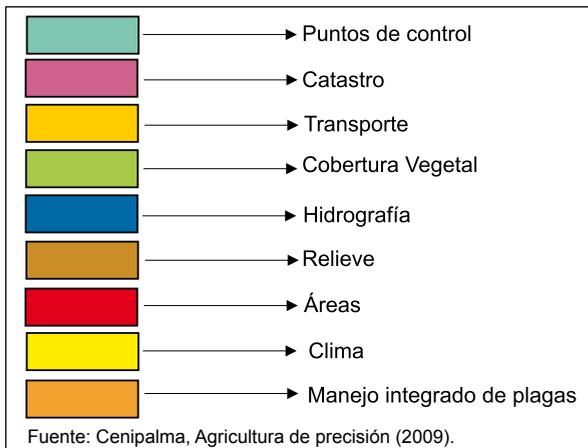
Estructura general del catálogo de objetos

Los componentes del catálogo de objetos están estructurados en forma jerárquica, organizando así



Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión (2009).

Figura 4. Modelo conceptual.



Fuente: Cenipalma, Agricultura de precisión (2009).

Figura 5. Colores de los temas del modelo de datos.

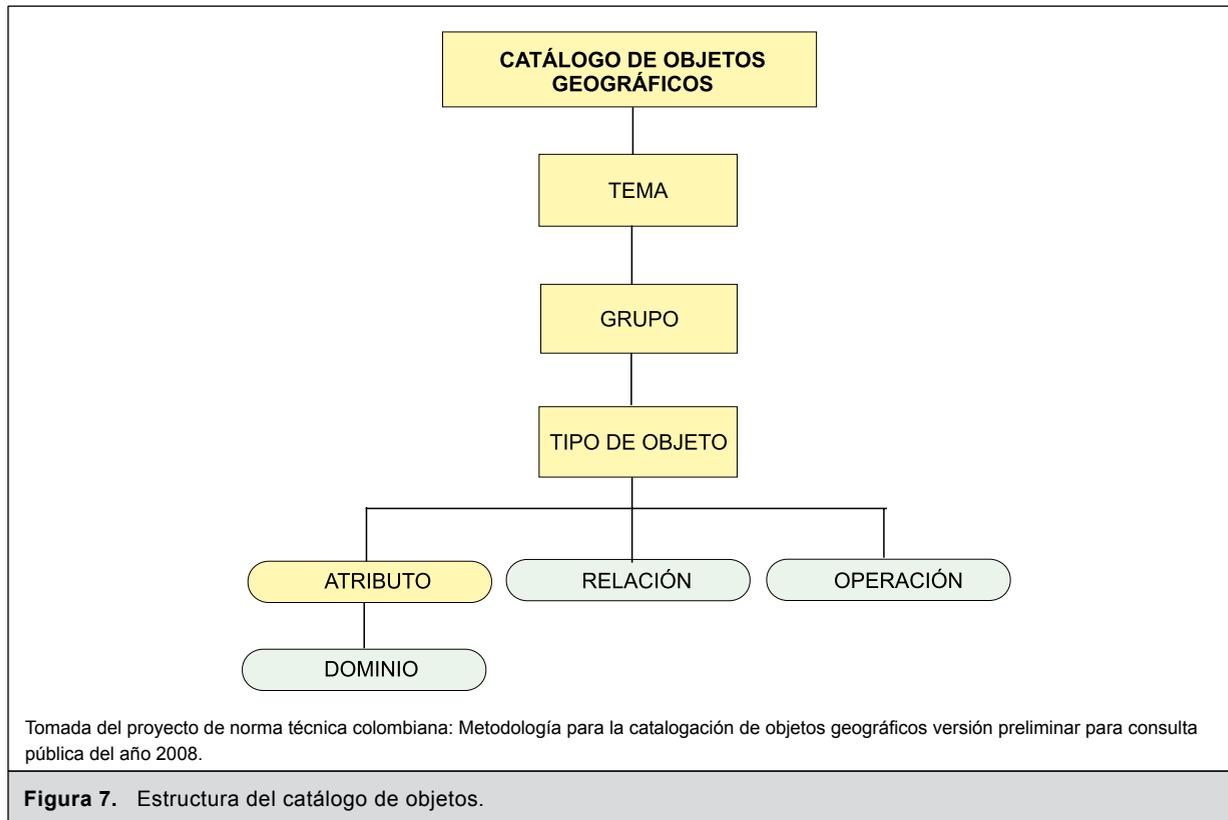
INFORMACIÓN DEL SÍMBOLO							
Tipo de Objeto	Palma	Código	130201				
Geometría	Punto						
Atributo		Documento					
Código del Símbolo	S1302011						
Referencia	Centro de Investigaciones en Palma de Aceite						
Elaboración del Símbolo							
Diseño del Símbolo							
Representación gráfica		Observaciones					
Atributos gráficos del Símbolo							
	RGB			CMYK			
	R	G	B	C	M	Y	K
Color 1	51	205	51	75	0	75	20
Dimensión	3 mm						
Diámetro del punto							

Fuente: Cenipalma, Agricultura de precisión (2009).

Figura 6. Ficha técnica de símbolo para el tipo de objeto "palma", que pertenece al tema de cobertura vegetal.

elementos con características similares según su naturaleza. La estructura básica utilizada para el catálogo de objetos está subdividida en *temas*, *grupos*, *objetos*

y *atributo*, como es el caso de los catálogos de objetos del IGAC CO-25 Versión 2.0 y CU-2000 Versión 1.0 de los años 1995 y 1996, respectivamente.



La estructura implantada en el catálogo de objetos geográficos para el sector palmero es la sugerida en el Proyecto de norma técnica colombiana: *Metodología para la catalogación de objetos geográficos del Icontec*, en versión preliminar para consulta pública del año 2008 (Figura 7).

Elementos del catálogo de objetos

A continuación se presenta una breve descripción de los elementos que componen el catálogo de objetos geográficos, y se explica su naturaleza y el papel que desempeñan en la estructuración de la información geográfica concerniente al sector palmero colombiano.

Temas

Es la categoría de mayor jerarquía en el catálogo de objetos. Los temas agrupan los elementos con características generales similares entre sí del universo de objetos geográficos. Los primeros siete temas son tomados de los catálogos de objetos del IGAC, los últimos dos son creados con el fin de adaptarlos a las condiciones específicas de las plantaciones de palma de aceite, ya que mediante discusiones con

concedores del tema palmero surgió la necesidad de crear nuevos tipos de objetos, los cuales no poseen necesariamente correlación con los temas obtenidos del IGAC.

Grupos

Los *grupos* son el nivel jerárquico que sigue a los temas. Estos son fenómenos particulares que ocurren en el universo geográfico, con características y comportamientos únicos que distinguen a unos fenómenos geográficos de otros; este nivel agrupa elementos que poseen las mismas características dentro del paisaje o mundo real. En el catálogo de objetos geográficos se tienen en cuenta 18 grupos, la mayoría de los cuales son tomados de los catálogos de objetos del IGAC, y se adaptan al contexto palmero. Otros son creados con el fin de agrupar los elementos propios del cultivo de la palma de aceite.

Tipo de objetos

Los tipos de objetos son la materialización u ocurrencia de un fenómeno en el espacio, con diferentes instancias o representaciones en la realidad, dependiendo de su posición geográfica. En el catálogo se consideran 41 tipos de objetos.



Atributos

Los atributos son cualidades intrínsecas propias de cada tipo de objeto, que asignan información específica relevante para su identificación, como lo son propiedades, comportamientos y características específicas, que lo diferencian de los demás. El total de atributos considerados es de 166.

Dominios

Los dominios son valores específicos que puede tomar un atributo y son determinados. El atributo que contiene dominios está acotado por ellos; no se podrá introducir un valor diferente, a menos que se cree un nuevo dominio o atributo que almacene la información deseada. En total se consideraron 186 dominios.

Relaciones

Las relaciones son el vínculo que une a diferentes tipos de objetos y sus instancias en el espacio, enlazándolos de diferentes maneras según sea su comportamiento. Existen varios tipos de relaciones, entre las cuales las más utilizadas son las de generalización, asociación y agregación y las relaciones lógicas. El total de relaciones consideradas es de 90.

Operaciones

Las operaciones son acciones ejecutadas en cada tipo de objetos sobre las instancias que contiene, y que generan modificaciones y alteraciones en su forma o comportamiento, las cuales, a su vez, cambian la percepción de las personas sobre la información geográfica en cuestión.

El número de operaciones consideradas en el catálogo de objetos geográficos para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia es de 34.

Codificación de los elementos

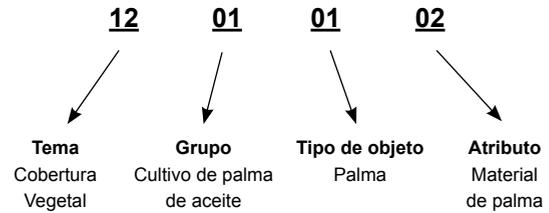
Con el propósito de identificar de manera única cada elemento contenido en el catálogo de objetos geográficos, se crea un código numérico para los elementos básicos: *temas*, *grupo*, *tipo de objeto* y *atributo*; para los elementos dominio y relación se utilizará un código alfanumérico; al elemento Operación no es necesario asignarle un código específico, sólo se requiere resaltar las posibles mutaciones que puede tener un Tipo de objeto en el transcurso del tiempo.

Un ejemplo de figura:

Atributo: Material de palma

Código: 12010102

La construcción de este código es la siguiente:



Para construir el *código alfanumérico* asociado a los elementos *dominio* y *relación*, se tendrá en cuenta el código numérico del cual se desprende cada elemento. Para el caso de *dominio*, el código está compuesto por la letra D al comienzo, seguido por el código del *atributo* al cual pertenece el dominio y por último un número de dos dígitos que determina o identifica a un *dominio* específico, por ejemplo:

Dominio: Leguminosa

Código: D1301030103

La construcción de este código es la siguiente:



Para el caso del elemento *relación* el código se construye de forma similar al *dominio*, a diferencia de que la letra inicial del código es la R, seguido del código del tipo de objeto del cual se genera la relación y por último un número de dos dígitos que identifica la *relación* en cuestión, por ejemplo:

Relación: La plantación se ubica en los municipios.

Código: R11010116

La construcción de este código es la siguiente:



La codificación anterior se basa en el ejemplo de catalogación presentado en el proyecto de norma técnica colombiana: Metodología para la catalogación de objetos geográficos para consulta pública del año 2008, en especial para los elementos básicos: *tema, grupo, tipo de objeto y atributo*. Para los elementos *dominio y relación* se formularon códigos diferentes a los presentados en este ejemplo.

Además de los códigos asignados a los elementos de catálogo, se elaboró una nomenclatura o clave al elemento atributo, sugerido por el proyecto de norma técnica colombiana como alias, el cual es un nombre abreviado que identifica de manera única a un atributo diferente al código numérico. Este alias está compuesto de cuatro caracteres o letras. La referencia para la elaboración del alias proviene de la documentación del catálogo de objetos geográficos urbanos, versión 1.0 del año 2006, desarrollado por la Infraestructura de Datos Espaciales de Catastro Distrital (Ideca).

En este proceso se tienen en cuenta las siguientes consideraciones, según la cantidad de palabras que posee cada atributo:

1 palabra = 4 primeras letras.

Ejemplo:

Atributo: Zona

Clave: ZONA



2 palabras = 2 primeras letras de cada una

Ejemplo:

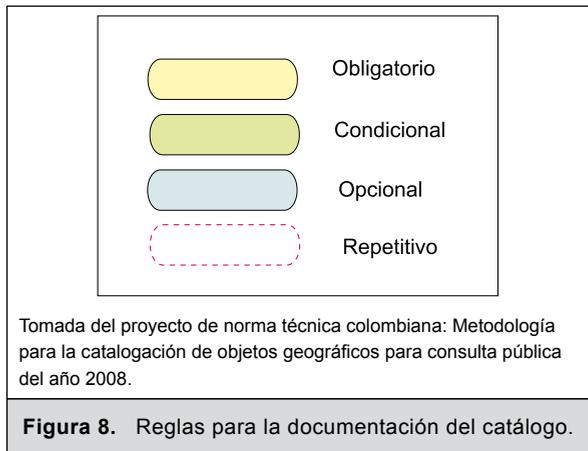
Atributo: Número de palmas

Clave: NUPA



3 palabras = 2 primeras letras de la primera palabra y la primera letra de las otras 2 palabras.

Ejemplo:



Atributo: Fecha de inicio de siembra

Clave: FEIS



Ficha técnica del catálogo de objetos

Las fichas técnicas son documentos dinámicos que están en constante revisión, con el fin de actualizar modificaciones realizadas a la información del catálogo de objetos, aumentando o disminuyendo los elementos geográficos que lo componen. La ficha técnica está compuesta por varias tablas que establecen la forma de presentación del catálogo de objetos.

Los formatos de las tablas se pueden apreciar en el catálogo de objetos geográficos para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia, junto con la documentación en la que se describe tanto el significado de cada uno de los campos de las tablas, como las condiciones, tipos de datos y características propias de cada uno de ellos. Esta documentación de las tablas es tomada del proyecto de norma técnica colombiana: *Metodología para la catalogación de objetos geográficos para consulta pública del año 2008* (Figura 8).

Ejemplo de catalogación

En las figura 9, 10 y 11 se presenta un ejemplo de catalogación de los elementos considerados para la agroindustria de palma de aceite en Colombia consignados en el catálogo de objetos, con respecto a la estructura mencionada anteriormente.



<h1>Tema</h1>			
Nombre:	Catastro	Código:	11
Definición:	Espacios o elementos del territorio que son catalogados e inventariados para llevar un registro o censo catastral en una división político – administrativa.		
Grupos:	Áreas Catastrales, Edificaciones y obras civiles		

Figura 9. Ejemplo de elemento tema.

<h1>Grupo</h1>			
Nombre:	Áreas Catastrales	Código:	1101
Definición:	Zonas o áreas al interior de una división político-administrativa las cuales están clasificadas en procesos catastrales y que poseen una reglamentación de acuerdo al tipo o al uso del suelo en que se encuentren.		
Objetos:	Plantación, Lote		

Figura 10. Ejemplo de elemento grupo.

Para el ejemplo se toman los elementos de uno de los *tipos de objetos* creados con el propósito de cubrir las necesidades del sector palmero; este tipo de objetos se encuentra en el segundo catálogo de objetos, el cual es *catastro*. El tipo de objeto documentado en el ejemplo es *plantación*, junto con sus respectivos *atributos, relaciones y operaciones*.

Discusión

Con el fin de estructurar los elementos geográficos que intervienen en el sector palmero colombiano, tanto los generales del paisaje como los intrínsecos o propios del sector, se busca una *catalogación de objetos geográficos* que contenga los elementos básicos que participan directamente en el contexto de la palma de aceite, los cuales modelen las características y relaciones de estos elementos. Este modelamiento de elementos o datos geográficos organiza y estandariza la información, estableciendo una base para la comu-

nicación entre los productores de datos geográficos y los usuarios finales de la información.

Hasta la fecha no se había establecido un estándar base para la identificación de elementos básicos que intervienen y forman parte del sector. Los palmicultores carecían de criterios básicos para evaluar adecuadamente los datos geográficos que levantaban, y por ello corrían el riesgo de recibir datos o información mal elaborada en el momento de solicitar el levantamiento de datos geográficos y, consecuentemente, de estructurar indebidamente los elementos espaciales, y generar así confusión e inconsistencias al consultar la información geográfica.

Lo anterior se ve reflejado en cómo se están nombrando las capas o niveles de información por las diferentes plantaciones de palma de aceite en las diferentes zonas del país, ya que se nombran o describen de manera diferente, pese a que, en realidad, corresponde a la misma información geográfica. Es por ello por lo que

Tipo de objeto								
Nombre:	Plantación					Código:	110101	
Definición:	Predio agrícola de gran extensión destinado al cultivo de palma de aceite, que pertenece a un solo propietario o dueño, ya sea una o varias personas en la figura de persona natural o jurídica.							
Alias:	Área neta							
Subtipo:								
Geometría:	Polígono							
Fundamental:	1							
Atributos								
Nombre:	Definición:	Código:	Tipo de Dato:	Unidad de Medida:	Alias:	Referencia de Dominio	Valores de Dominio:	
Matrícula inmobiliaria	Corresponde al número de matrícula consignado en el certificado de libertad y tradición del predio	11010101	Text(30)		MAIN	0		
Nombre de plantación	Nombre designado a la plantación o predio el cual sirve para identificarla y referirse a ella, diferenciandola de otras plantaciones o predios	11010102	Text(30)		NOPL	0		
Relaciones								
Nombre:	Definición:	Código:	Tipos de Objetos	Indicador de Orden:	Relación Inversa:	Cardinalidad	Restricción	Nombre del Rol
La Plantación puede tener Aljibes.	Una Plantación puede tener ninguno o muchos Aljibes.	R11010111	Plantación, Aljibe	0	El Aljibe esta en la Plantación.	0.N		Tener
La Plantación puede tener Cercas.	Una Plantación puede tener ninguna o muchas Cercas.	R11010102	Plantación, Cerca	0	La Cerca esta en las Plantaciones.	0.N		Tener
La Plantación puede tener Construcciones anexas agroindustriales.	Una Plantación puede tener ninguna o muchas Construcciones anexas agroindustriales.	R11010103	Plantación, Construcción anexa agroindustrial	0	La Construcción anexa agroindustrial puede estar en la Plantación.	0.N		Tener
La Plantación puede tener Edificaciones.	Una Plantación puede tener ninguna o muchas Edificaciones.	R11010104	Plantación, Edificación	0	La Edificación esta en la Plantación.	0.N		Tener
La Plantación tiene Caminos.	Una Plantación debe tener uno o muchos Caminos en su interior.	R11010105	Plantación, Camino	0	El Camino esta en la Plantación.	1.N		Tener
La Plantación puede contener una Pista de carreteo y aterrizaje.	Una Plantación puede contener ninguna o una Pista de carreteo y aterrizaje.	R11010106	Plantación, Pista de carreteo y aterrizaje	0	La Pista de carreteo y aterrizaje se encuentra en la Plantación.	0.1		Contener
La Plantación puede tener Puentes.	Una Plantación puede tener ninguno o muchos Puentes.	R11010107	Plantación, Puente	0	El Puente esta en la Plantación.	0.N		Tener
La Plantación tiene Curvas de nivel.	Por una Plantación pasa una o muchas Curvas de nivel.	R11010108	Plantación, Curvas de nivel	0	La Curva de nivel puede pasar las Plantaciones.	1.N		Tener

Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión (2009).

Figura 11. Ejemplo de los elemento tipo de objeto y relación



para identificar el verdadero significado de la información de cada capa, se debe estudiar su contenido interno para así interpretar contextualmente la información geográfica almacenada.

Entre las diversas razones por las cuales se puede estar presentando ese problema de falta de identificación o de levantamiento de información geográfica, una de ellas se refiere al área, pues plantaciones más extensas necesitan tener un mayor conocimiento de su terreno, con el propósito de administrar y controlar claramente los cultivos en ella existentes; las plantaciones menos extensas se limitan a realizar levantamientos topográficos obviando en algunos casos información importante para el manejo de la plantación. En el estudio de la información de las plantaciones, es evidente que las que poseen mayor área son las que tienen más detalle en su información y un número mayor de capas.

Otro factor importante para considerar es el nivel de tecnología que ha adoptado cada plantación, ya que si es extensa en área y con un presupuesto importante, invierte en tecnologías de punta para la administración de información, como es, por ejemplo, la adopción de un sistema de información geográfica (SIG) como instrumento de ayuda para la toma de decisiones.

Al organizar los datos y estructurarlos bajo un estándar único ajustado a los parámetros nacionales e internacionales propuestos desde Cenipalma por conducto del Programa Agricultura de Precisión, las plantaciones tendrán un importante instrumento para optimizar las actividades de la plantación y mejorar la administración y la producción en la misma, ya que posibilita el flujo de información, produciendo así conocimiento básico en el contexto de palma de aceite.

En la actualidad las tecnologías de información geográfica son una herramienta importante para la toma de decisiones en la mayoría de instituciones y empresas públicas y privadas del país, debido a las grandes bondades que ellas representan en el almacenamiento y organización de la información espacial. Por ello muchas entidades estructuran su información bajo estándares como los catálogos de objetos geográficos y catálogos de símbolos cartográficos, base principal para la conceptualización de un sistema de información geográfica (SIG).

La investigación *Catálogo de objetos para la agroindustria de la palma de aceite: administración de información agronómica hacia la implementación de agricultura de precisión*, se encuentra enfocada hacia la cartografía básica y los elementos generales que se encuentran en el paisaje, los cuales son abstracciones de los fenómenos geográficos del mundo real. El catálogo de objetos geográficos que se presenta en este artículo, debido a que está orientado a un sector en particular (sector palmero de Colombia) se debe considerar temático, es decir, que contiene elementos inherentes al cultivo de la agroindustria de palma de aceite, porque contempla las características específicas que intervienen en todo el proceso del sistema productivo.

En la actualidad las plantaciones de palma de aceite poseen grandes volúmenes de información concerniente a su manejo y administración interna, enfocada a tratar situaciones que están directamente relacionadas con el cultivo. Del conjunto de esta información se identifican dos temas relevantes para tener en cuenta en la realización del catálogo de objetos geográficos: manejo integrado de plagas (MIP) y variables e instrumentos para la medición de aguas y factores climáticos, como por ejemplo los pluviómetros y freatómetros. Estos datos son de gran utilidad para los palmicultores en la realización de sus programas tanto regionales como locales.

Debido a que esta información no puede integrarse a la estructura que manejan los referentes de catálogos de objetos en el nivel de elementos generales del paisaje, surge entonces la necesidad de crear temas en el catálogo. Por ejemplo, los elementos almacenados en el *tema clima*, el cual se creó e incorporó en el catálogo de objetos, se sustentan con base en los elementos del tema *Climate* del estándar canadiense de datos espaciales para servicios, infraestructura y medio ambiente (Spatial Data Standard for Facilities, Infrastructure, and Environment – SDSFIE), en donde además se mencionan puntos de medición de precipitación (Precipitation measurement point).

Una vez definida la información que se almacenará en el catálogo de objetos geográficos, es necesario definir las relaciones existentes dentro de su conjunto. Con este propósito la información se estructuró en un modelo lógico o modelo entidad-relación, asociando

el nivel jerárquico *tipos de objeto a entidades* en el modelo lógico. Este modelo enlaza las entidades según las relaciones que tengan en el espacio geográfico, y que según su comportamiento están en el contexto de la palma de aceite en Colombia.

Por último, es importante mencionar que el objetivo principal del catálogo de objetos geográficos para la agroindustria de palma de aceite en Colombia es estandarizar y estructurar la información geográfica de las plantaciones del sector palmero, para que así se pueda establecer un común entendimiento del entorno geográfico que los rodea. Si se desea representar dicha información en planos cartográficos o en software especializados para el manejo de información geográfica, es necesario remitirse al catálogo de símbolos cartográficos para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia, el cual está trabajado en escala 1: 2.000.

En este sentido, y entendiendo la necesidad de implantar este tipo de desarrollos directamente en la plantación, el Programa de Agricultura de Preci-

sión de Cenipalma está haciendo un convenio de investigación con plantaciones de la Zona Central, que busca precisamente implantarlos y ponerlos en marcha, con miras al montaje y desarrollo del sistema de información geográfica en cada plantación, bajo los estándares geográficos con que actualmente cuenta el país.

Agradecimientos

Al personal de las plantaciones que proporcionaron la información base para su análisis y posterior estructuración dentro de los conceptos de catálogo de objetos; al coordinador de Agronomía por su apoyo irrestricto en la investigación y el convencimiento de la importancia de este tema para el sector palmero colombiano; a los investigadores del Programa de Agricultura de Precisión (Cenipalma), y también al estudiante-pasante, que contribuyó a organizar y a analizar toda la información recibida.

Esta investigación se realizó con recursos de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero (FFP).

Bibliografía

- Balram S; Dragicevic, S. 2006. Modeling Collaborative GIS Processes Using Soft Systems Theory, UML and Object Oriented Design. Department of Geography Simon Fraser University. *Transactions in GIS*, 10(2): 199-218. Canadá.
- Infraestructura integrada de datos espaciales para el Distrito Capital (Ideca), Catálogo de objetos geográfico urbano versión 1.0 escala 1:1.000 del año 2006. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). 2001. Proyecto de norma técnica colombiana: Catálogo de objetos geográficos básicos. Colombia
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). 2008. Proyecto de norma técnica colombiana: metodología para la catalogación de objetos geográficos, versión preliminar para consulta pública.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), catálogos de objetos CO-25 versión 2.0 a escala 1:25.000 y CO-U versión 1.0 escala 1:2.000 de los años 1995 y 1996, respectivamente.
- Catálogo de objetos y de símbolos. 2007. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE). Bogotá, D. C.
- Authorative Topographic Kartographie Information System, Atkis, Objektartenkatalog Basis-DLM Versión 3.1 de 2002.
- Páginas WEB
- Antliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem, Atkis-
<http://www.atkis.de>
- Ariza F. J. 2008. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra Mapping Interactivo. *Normas sobre calidad en información geográfica (ISO 19113, ISO 19114, ISO 19139, ISO 2859 e ISO 3951)* (en línea) http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1457 (consulta: 10 de diciembre de 2009)
- Espacio Digital Geográfico de SEMANAT "ESDIG" <http://infoteca.semarnat.gob.mx>
- Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). <http://www.icde.org.co>
- Infraestructura Integrada de Datos Espaciales para el Distrito Capital (Ideca) <http://ideca.catastrobogota.gov.co>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) <http://www.igac.gov.co>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). <http://www.ideam.gov.co>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://www.humboldt.org.co>
- Revista Internacional de Ciencias de la Tierra Mapping Interactivo <http://www.mappinginteractivo.com>
- Spatial Data Standard for Facilities, Infrastructure, and Environment (SDSFIE) <http://www.sdsfie.org/>
- Universidad de los Andes. Dirección de Planeación y Evaluación <http://planeacion.uniandes.edu.co>