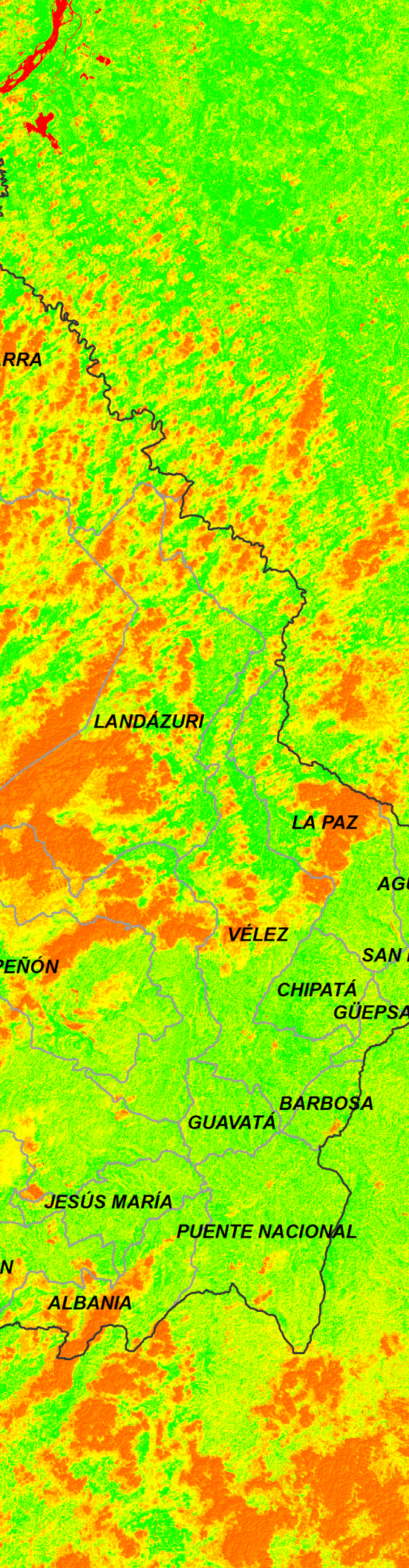




Datos espacio - temporales representados en sistemas de información geográfica

Fecha de recepción del artículo: 5 de Febrero de 2015

Space-time data represented in geographical information systems

Article receipt's date: February 5th 2015



SENA Regional Santander
Red de Conocimiento: Informática, diseño y desarrollo de software
Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente
Grupo de Investigación Investigadores CGAO



Laura Cristina Becerra González

Ingeniera de Sistemas, candidata a Magister en Ciencias de la Información de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Investigadora SENNOVA. Instructora Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información, Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente - CGAO. lauracriss@misena.edu.co

Jhon Camilo Matiz León

Ingeniero Catastral y Geodesta, candidato a Magister en Ciencias de la Información de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Investigador SENNOVA, Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente - CGAO. jmatizl@sena.edu.co

Datos espacio - temporales representados en sistemas de información geográfica.

Space - time data represented in geographical information systems.

Resumen

Los datos espacio-temporales se fundamentan en dos especificaciones. La primera describe los datos en cada posición, por ejemplo en una determinada área geográfica existe información como tipo de construcción, datos del propietario, disponibilidad de servicios públicos, entre otros. La segunda especificación describe cómo, los valores de temperatura, humedad y precipitación de la misma área geográfica, cambian durante el transcurso del tiempo. El presente estudio, tiene como propósito identificar el modelo adecuado para representar los datos espaciales que presentan cambios en el tiempo por medio de un sistema de información geográfica cuya utilidad es caracterizar el comportamiento de un objeto en diferentes situaciones.

Palabras clave

SIG, espacio-tiempo, modelo espacio-temporal.

Abstract

The time-space data are based on two specifications. The first one describes the data on each position, for example, in a specific geographical area exists information as type of construction, landlord data, public services availability, among others. The second specification describes how the temperature values, humidity and precipitation of the same geographical area change through time. The current article pretends to identify the adequate model to represent the space data which depicts changes in time based on a geographical information system and its benefit is to characterize the behavior of an object in different situations.

Palabras clave

SIG, Time-Space, Temporal-Space model.

Introducción

Actualmente, la información almacenada en un sistema de información geográfica (SIG) puede ser manipulada y convertida en información determinante para la toma de decisiones, mediante el análisis de geoprocetamiento avanzado (Gasparetti, et al., 2014). Los datos históricos por medio de análisis, permiten detectar y prever eventos de falla o de proyección

Introduction

Currently, the data stored on a geographical system of information (GIS) can be manipulated and converted in determinant about making decisions based on the analysis of advanced geoprocessing (Gasparetti, et al., 2014) The historical data through analysis allow to detect and anticipate failing events or projection in a current context. The

en un contexto actual. Los datos espacio-temporales representan información variable con el tiempo en situaciones reales y es utilizada para crear mapas, diagramas y modelos de superficies (Madraky, 2012). Por ejemplo en sistemas de transporte, mapeo de enfermedades, estudios de contaminación ambiental, contaminación industrial, entre otros.

Las áreas de conocimiento aplicadas a modelar fenómenos geográfico-dinámicos, donde necesitan componentes temporales y espaciales, han sido un reto, ya que los desarrollados en un ámbito de series temporales presentan problemas de adecuación, dado que la dimensión espacio no es uniforme a la dimensión tiempo (Chasco, 2003). Por lo anterior, es importante el estudio del comportamiento de los objetos espaciales, mediante el análisis de metodologías creadas en un entorno real basado en espacio-tiempo, con el fin de estandarizar el proceso en un caso de aplicación particular. Además, que pueda aplicarse para diferentes entes interesados en la transformación y análisis de datos, en un modelo basado en la dimensión espacio-tiempo.

Método

Para la localización de los documentos bibliográficos, se utilizaron varias fuentes documentales. Se realizaron consultas sobre modelos espacio-temporales aplicado a SIG (Sistemas de Información Geográfica) a partir de Febrero de 2015 en revistas colombianas, bibliotecas de diferentes universidades y bases de datos como Scopus, IEEE, ACM, entre otros. Los procedimientos desarrollados para la

Temporal-Space date represent variable information with the time on real situations and it is used to create maps, diagrams and surface models (Madraky, 2012) For example, in transportation systems, illness mapping, environmental pollution studies, industrial pollution, among others.

The knowledge fields applied to model geographical-dynamic phenomena where they need components of time and space have been a challenge because the phenomena developed in a sense of temporal series present adequacy problems as the space dimension is not uniform to the time dimension (Chasco, 2003) Based on this, it is important to study the behavior of the spatial objects through the analysis of methodologies created on a real surrounding based on time-space, this is all about standardizing the process on a particular application case. Furthermore, it is thought to be applied to different entities which might be interested in transformation and data analysis on a model based on time-space dimension.

Method

For bibliographic documents location, there were used several documental sources. Consultation was made about time-space models applied to GIS (Geographical Information System) since February 2015 in Colombian magazines, libraries from different universities and databases like Scopus, IEEE, ACM, among others. The process about selection, analysis and validation about this bibliography are described down next.



selección, análisis y validación de dicha bibliografía se describen a continuación:

Exploración

En esta primera etapa, se elabora un marco teórico el cual implica, las especificaciones de fundamentos temáticos, dichos fundamentos, determinan el contexto de los datos espacio-temporales en los Sistemas de Información y los modelos de bases de datos espacio-temporal. También, se pretende estudiar y entender las investigaciones propuestas. Se establece los antecedentes con el fin de definir los limitantes en la representación de modelos actuales.

Análisis

En esta etapa, se toma los antecedentes descritos anteriormente y el marco teórico con los ejes temáticos, con el fin de realizar un análisis detallado para identificar, los tipos de datos espacio-temporales establecidos en los Sistemas de Información Geográfica.

Síntesis o desarrollo

Se clasifica la información pertinente cuyas aplicaciones presenten nexos al prototipo de un Sistema de Información Geográfica. A continuación, se realiza el diseño de las fases necesarias para generar un modelo y finalmente se establecen las operaciones básicas para integrar los datos espacio-temporales entre SIG.

Validación

En esta etapa, se procede a evaluar a criterio personal el modelo óptimo

Exploring

In this first step, it is elaborated a theoretical framework which implies the specifications of topical fundamentals, these fundamentals determine the context of the time-space data on information systems and databases models of time-space. Likewise, it is pretended to study and understand the proposed researches. The precedents are established to define the limitations on representing current models.

Analysis

On this stage, the precedents and the theoretical framework are taken with the thematic axis with the purpose of making a detailed analysis to identify the kind of time-space data established on the geographical information systems.

Synthesis or Development

It is classified the relevant information which applications present links to the prototype of a geographical information system. Next, It is done the design of the needed phases to generate a model and finally there are established the basic operations to integrate the time-space data within GIS.

Validation

In this stage, The model is going to be evaluated by personal criterion which was developed based on visualization, methodology and accuracy criterion, contrasting each clasified topic model.

desarrollado en cuanto a criterios de visualización, metodología y precisión, contrastando los modelos de cada tema clasificado.

Marco Teórico

Sistema de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están diseñados, para el manejo de grandes cantidades de información, debido a que pueden realizar análisis, procesamiento y representación de la información de una manera aproximada al mundo real (Torres, et al., 2009). La información almacenada en un sistema de información geográfica (SIG) puede ser manipulada y convertida en información determinante para la toma de decisiones mediante el análisis de geoprocésamiento avanzado (Gasparetti, et al., 2014).

Datos espacio-Temporales

Los SIG simplifican la representación y los servicios de los datos espaciales, de manera que permiten modelar eventos en un contexto espacial (Torres, et al., 2009). Existen investigaciones que han generado desarrollos, aumentando las herramientas que contemplan el análisis de variables temporales (Haining, 2003). Las áreas de conocimiento aplicadas a modelar fenómenos geográfico-dinámicos, donde necesitan componentes temporales y espaciales (Chasco, 2003).

Los tipos de datos espaciales (punto, línea y región) son considerados como

Theoretical Framework

Geographical Information System

The geographical information systems (GIS) are designed to handle big quantities of information due to they can do analysis, processing and representation of the information in close way to the real world (Torres, et al., 2009) The information stored in a geographical information system (GIS) can be manipulated and converted in determining information when making decisions through the analysis of advanced geo-processing (Gasparetti, et al., 2014)

Time-Space Data

The GIS simplify the representation and the services of the spatial data in a way that allow to model events in an spatial context (Torres, et al., 2009) There are investigations which have generated developments that have come into an increasing on the tools about the analysis of temporal variables (Haining, 2003) The knowledge areas applied to model geographical-dynamic phenomena where they need temporal and spatial components (Haining, 2003)

The kinds of spatial data (point, line and region) are considered as a temporal dimension (Haining, 2003). So, a type of



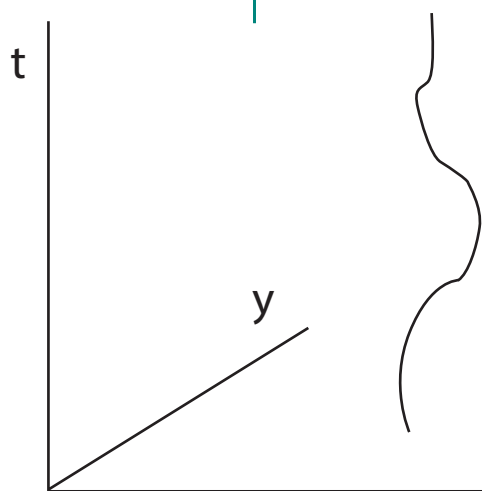
una dimensión temporal (Jiménez, 1995), de manera que un tipo de dato punto y región puede ser representado como un tipo *mpunto* y *mregion* (Ralf & Markus, 2005.). Es decir que los puntos y regiones se pueden modelar como funciones con dominio temporal y recorrido espacial (Retamal, 2007), como lo indica a continuación:

mpunto : tiempo $\rightarrow$ punto

mregion : tiempo $\rightarrow$ región

El tipo *mpunto* describe una posición como función del tiempo y puede ser representado como una curva en un espacio de tres dimensiones (x,y, t) (Retamal, 2007) tal como se muestra en la Figura 1

Figura 1 Un punto en Movimiento, Fuente: (Retamal, 2007)



data point and region can be represented as a type of *mpoint* and *mregion* (Ralf & Markus, 2005.). That means, the points and regions can be modeled as functions with temporal domain and spatial run (Retamal, 2007), as indicated forward.

mpoint: Time $\rightarrow$ Point

mregion: Time $\rightarrow$ Region

The type *mpoint* describes a position as time function and can be represented as a curve in a space of three dimensions (x,y,t) (Retamal, 2007) as shown in figure 1

Figure 1 A point in movement, Source: (Retamal, 2007)

Bases de Datos Espacio-Temporales

Los datos espaciales son almacenados en un motor de base de datos donde cada objeto geográfico cuenta con sus respectivos atributos. Para el caso de información espacial en 3D, se brinda una interfaz de acceso a las tres dimensiones

Database time-space

The spatial data are stored on a database engine where each geographical object has its respective characteristics. In the case of spatial information in 3D, an interface of access is given to the three dimensions (breadth, length and height),

(latitud, longitud y altura), dicho sistema es representado con un modelo relacional (Gang, et al., 2009)

Modelos Espacio-Temporales

Un modelo de datos espaciales detalla los atributos específicos de cada objeto cuya descripción se basa en las propiedades espaciales (tipo, longitud, forma, pendiente y orientación), localización geográfica (sistema de coordenadas) y relaciones espaciales (conectividad, contigüidad, proximidad) (Xin, 2010). Un modelo espacio-temporal, se caracteriza por estudiar los eventos que ocurren en un objeto ubicado espacialmente, cuya geometría, posición o atributos cambian a lo largo del tiempo (Díaz, 2007), un sistema de vigilancia por ejemplo, se monitorea la transformación que sufre un objeto a través del tiempo.

Desarrollo del Tema

El tiempo, es una dimensión esencial para comprender y modelar la evolución de fenómenos geográficos, ya que se considera que los datos espacio-temporales dependen, directamente, de la transformación del espacio geográfico (López Hernández, 2004). Cada elemento geográfico desempeña varios roles en un momento específico, y se encuentran inherente a un área en el espacio geográfico, lo que conduce a que no es posible separar el flujo del tiempo y el espacio (Gilberto G, 2007). Durante diferentes etapas del ciclo de vida de una entidad geográfica pasa por una serie de cambios en su localización y en

the referenced system is represented with a relational model an interface of access

Space-Time models

A model of spatial data details the specific attributes of each object whose description is based on the spatial properties (type, breadth, form, gradient and orientation), geographical location (coordinates system) and spatial relations (connectivity, contiguity, proximity) (Xin, 2010). A time-space model is characterized about studying the events that happen in an object located spatially whose geometry, position or attribute change through the time (Díaz, 2007), in a vigilance system as in example, is monitored the transformation of an object through time.

Development of the topic and discussion

The time, is an essential dimension to understand and model the evolution of geographical phenomena due to it is considered that the time-space data depend, directly, from the transformation of the geographical space (López Hernández, 2004). Each geographical element plays various roles in a specific moment and they are in an inherent area in the geographical space which reveals that it is not possible to separate the time fluctuation and the space (Gilberto G, 2007). During different stages of the lifecycle of a geographical entity, it has a series of changes on its location and



los eventos que la afectan en el tiempo, por lo tanto, el espacio y el tiempo son inseparables. Para la visualización de estos parámetros, los sistemas de información geográfica son la herramienta adecuada cuya funcionalidad esta basada dos tipos de datos, el primero es la representación raster, su utilización puede generar problemas de eficiencia tanto temporal como de almacenamiento, puesto que se debe procesar grandes volúmenes de información (Tomlinson, 2008), un ejemplo de esta representación son imágenes de satélite y la fotografía aérea. La segunda emplea la representación vectorial; ejemplo de este tipo, son las capas vectoriales basadas en puntos, líneas y polígonos. El uso de estos datos, se relaciona con la captura, modelado, edición, análisis espaciales, validación, almacenamiento y transformación (Vanegas, 2013)

Bases de datos Espacio Temporales

Existen diferentes investigaciones en las que estudian la representación de los datos espacio-temporales, enfocadas a la gestión de la información. Vanegas & Zapata (2013) argumentan la necesidad de generar sistemas de bases de datos temporales. En el mundo real existen diferentes procesos dependientes del momento en los cuales se manejan datos variables con el tiempo. Por ejemplo, aplicaciones financieras, tales como el manejo de portafolios, los libros contables. En España (Jiménez, 1995) Introdujo un análisis de datos multivariante y argumenta la necesidad de crear bases de datos temporales. Los modelos de bases de datos temporales son una extensión del modelo relacional

the events that affect the time, thence, the space and time are inseparable. To visualize these parameters, the systems of geographical location are the right tool whose functionality is based in two type of data, the first one is the Raster representation, and its use can generate problems of efficiency as temporal as of storage because big amounts of information have to be processed (Tomlinson, 2008), an example of this representation are images of satellite and air photography. The second one, uses the vectorial representation, example of this kind, are the vectorial covers based on points, lines and polygons. The use of these data, is related with the capture, modeling, edition, spatial analysis, validation, storage and transforming Vanegas, 2013).

Time-Space database

It exists different researches which study the representation of the time-space data focused in the information management. (Vanegas & Zapata, 2013) argue about the need to generate temporal database systems. In the real world exists different independent processes about the moment in which are handled variable data with time. For example, financial applications like portfolio handling, accountability books. In Spain (Jiménez, 1995) implemented a data analysis multivariant, he argues the need to create temporal databases. The temporal database models are an extension of the relational model through which are added temporal attributes to each relation (Pereira, 1999.). The relational model establishes an option to the organization and representation

mediante la cual se adicionan atributos temporales a cada relación (Pereira, 1999.). El modelo relacional, constituye una alternativa para la organización y representación de la información que se pretende almacenar en una base de datos. (Wesley, 2002.). En investigaciones (Brahmia, et al., 2012), (Jordi Torres, 2009), los autores presentan un modelo espacio-temporal, donde las bases de datos se clasifican en diferentes versiones, generando redundancia y grandes volúmenes de información, ya que en muchas ocasiones entre una y otra versión solo cambian algunos atributos.

En España, se aplicaron dos técnicas para validar los modelos espacio temporales relacionados con bases de datos, el primero es por medio de un tipo de dato llamado intervalo, el cual define el tiempo en atributos desde y hasta, cuya función es evitar la redundancia de datos por medio de comandos en el Lenguaje de Consulta Estructurado SQL ya que permite el desglose de la información, como lo indica la Tabla 3. La segunda técnica es utilizando bases de datos relaciones bajo la definición de intervalos de tiempo en un solo campo, cuyo atributo es denominado "Timestamp" como lo indica la Tabla 3, dicho campo también se puede separar y utilizar en forma de tupla, con el fin de especificar en un campo el dato desde y en otro el campo hasta, como lo indica la Tabla 3. Actualmente, diferentes modelos ofrecen aplicaciones con una alternativa relativa al tiempo los cuales se identifican en los modelos de datos temporales expuestos (Navarro, et al., 2001).

of the information that is pretended to store in a database (Wesley, 2002.). In researches (Brahmia, et al., 2012), (Jordi Torres, 2009), the authors represent a time-space model where the databases are classified in different versions, generating redundancy and big volumes of information because in many different moments between one and other version, just some attributes change.

In Spain, two techniques were applied to validate the time-space models related with databases, the first one is through a kind of data called interval, this defines the time in attributes since and until primary function is to avoid data redundancy through commands in the Structured Consultation Language SQL due to it allows the separation of information, as it is indicated in chart 3. The second technique is about using relational databases under the definition of time intervals in just one field and whose attribute is called "Timestamp" as indicated in chart 3. This field can also be separated and used in the form of Tupla, with the aim of specifying on a field the data "from" and on the other the field "To", as indicated in chart 3. Currently, different models offer applications with a relative alternative to time which are identifiable in the models of temporal data exposed (Navarro, et al., 2001)



Propietario	Parcela	Desde	Hasta
O1	L1	1990	1998
O2	L1	1999	2000
O3	L2	1980	1982
O4	L2	1983	1984

Tabla 1 Representación de datos a partir de un modelo relación de tipo: Timestamp a nivel de tupla, fuente: (Navarro, et al., 2001)

Parcela	Propiedad
L1	{[1990,1998 O1, [1998,2000)O2
L2	{[1980,1982 O1, [1982,1990)O2

Tabla 2 Representación de datos a partir de un modelo relacional, bajo el tipo de dato : Timestamp

Consulta, tipo de dato temporal denominado : "intervsect"	Consult, type of data temporal denominated : "intervsect"	SELECT P.Propietario, P.Parcela FROM Propietarios P WHERE (P.Parcela=C.Parcela) AND (P.Time intervsect (SELECT C.Time FROM Cultivos C WHERE Cultivo = Maíz))
Operación en algebra Relacional Extendida	Operation in algebra Relational extended	$\pi_{\text{propietario}} (\sigma_{\text{cultivo}='Maiz'} ((\text{FOLD Tiempo} (\text{UNFOLD PROPIEDAD, TIEMPO}) \text{ INTERSECT } (\text{UNFOLD PROPIEDAD, TIEMPO}))))$

Tabla 3 Ejemplo de datos espacio temporales, basado en bases de datos a partir de tipo de datos "intervsect" fuente: (Navarro, et al., 2001)

Visualización Espacio temporal de SIG

Para visualizar un mapa en una página web, es necesario contar con un formato de salida ó un lenguaje que permita la interacción con el usuario, uno de ellos es XML (EXtensible Markup Language). (Brahmia, et al., 2012), a partir del

Landlord	Part/plot	Since	Until
O1	L1	1990	1998
O2	L1	1999	2000
O3	L2	1980	1982
O4	L2	1983	1984

Chart 1 Representation of data from a relation model type: Timestamp to the level of tupla, source: (Navarro, et al., 2001)

Part/Plot	Property
L1	{[1990,1998 O1, [1998,2000)O2
L2	{[1980,1982 O1, [1982,1990)O2

Chart 2 Representation of data from a relational model under the type of data : Timestamp

Chart 3 Example of time-space data, based on databases from data type "intervsect" source: (Navarro, et al., 2001)

Visualization time-space from GIS

To visualize a map on a website, it is needed to have an exit form or a language which allows the interaction with the user, one of them is XML (EXtensible Markup Language). (Brahmia, et al., 2012), as of the framework XSchema, it does an analysis of metadata, labels, and XML

framework XSchema, realiza un análisis de metadatos, etiquetas, elementos del formato XML y lo modifica manera tal que se generen atributos específicos de tiempo, bajo esta condición es posible generar secuencias del mismo atributo con datos diferentes como lo indica la Figura 2. El esquema es modificado para evidenciar las diferentes horas y lugares en las que una persona realizar una transacción bancaria. XML, es un lenguaje que permite la lectura y descripción de los datos de diferentes aplicaciones y sirve para estructurar, almacenar e intercambiar información (Standards, 2012).

Figura 2 Aplicación del modelo temporal, fuente: (Brahmia, et al., 2012)

```
<?xml versión="1.0" encoding="UTF-8"?>
<temporalSchema xmlns="http://www.cs.arizona.edu/tau/tauXSchema/TSSchema">
  <conventionalSchema
    <sliceSequence
      <slice location="Bank_v1.xsd" begin="2010-02-01" />
      <slice location="Bank_v1.xsd" begin="2010-09-01" />
    </sliceSequence
  </conventionalSchema
</temporalSchema
```

El modelo anterior, representa los datos en el tiempo pero no en el espacio y aplica solamente para el formato XML, se tendría que buscar compatibilidad para los datos en un Sistema de Información Geográfico, que pueden ser representados en diversos formatos. Algunos de ellos son: XML, GML, KML, NetCDF y HDF (Vanegas & Zapata, 2013).

Como propuesta a solucionar el tema anterior, se encontró un modelo de gestión de datos geográficos basado en Oracle (Vanegas, 2014), el cual, genera la representación del atributo tiempo modificando cada formato de representación estática SIG, e incorpora los atributos mínimos de dichos formatos

format elements and modifies it, so that, specific attributes of time are generated under this condition it is possible to generate sequences from the same attribute with different data as in figure 2. The schema is modified to evidence the different hours and places where a person makes a bank movement. XML is a language which allows the lecture and description of the data of different applications, it also allows to structure, store and interchange information (Standards, 2012)

Figure 2 Application of the temporal model, source: (Brahmia, et al., 2012)

The previous model represents the data in time but not the space and only applies for the XML form, it would be necessary to search compatibility for the data on a geographical information system and they can be represented in different forms. Some of them are: XML, GML, KML, NetCDF and HDF (Vanegas & Zapata, 2013)

As a proposal to solve the previous topic, it was found a geographical data management model based on Oracle (Vanegas, 2014), which generates the representation of the time attribute modifying each form of GIS static representation and incorporates the minimum attributes from those data time-space forms for vector data in an

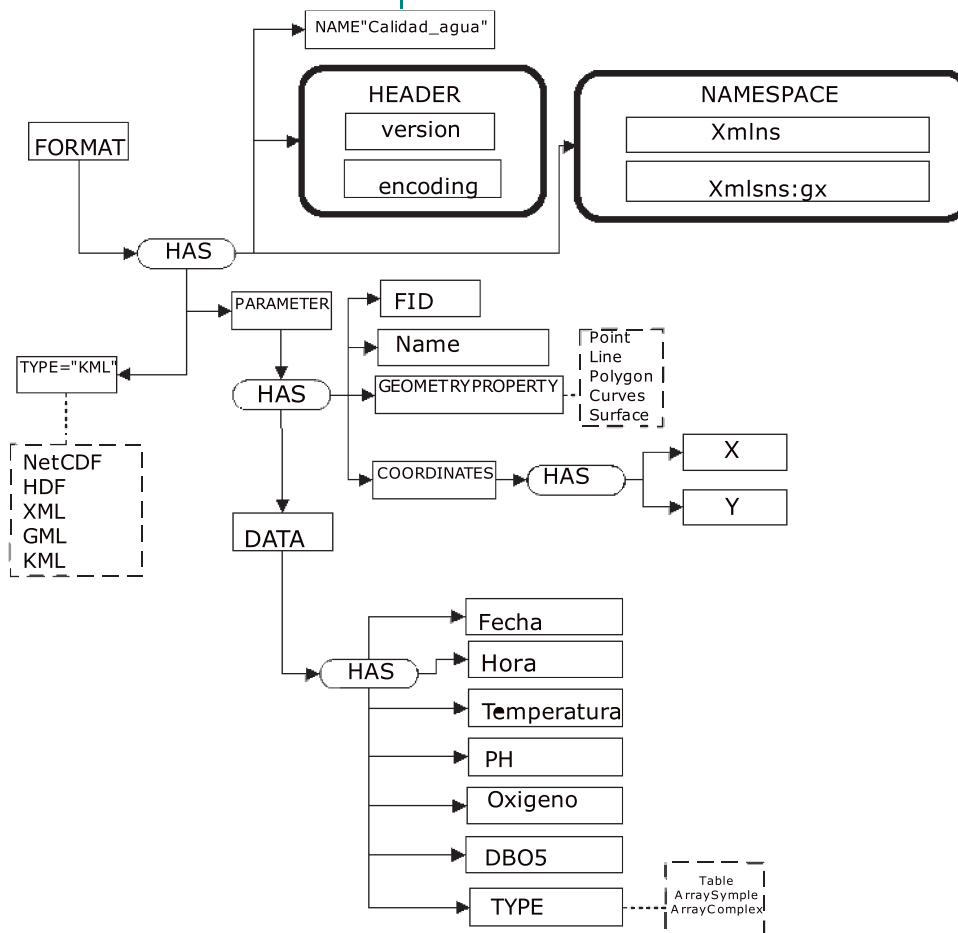


de datos espacio-temporales para datos vector en un sistema de gestión de bases de datos en Oracle, esto lo hace con el fin de "mejorar y facilitar el proceso de interoperabilidad entre formatos de datos espacio-temporales, específicamente con los formatos XML, KML y GML" (Vanegas, 2014). Durante la investigación, la autora presenta esquemas preconceptuales son representaciones de un dominio específico y para cada formato especificado, un ejemplo para el formato KML, lo demuestra la Figura 3. Este modelo, limita al usuario a la información presentada y no a las consultas, es decir se debe generar un módulo en el lenguaje adecuado para proporcionar consultas que involucre los atributos sometidos.

Figura 3 Elementos principales del formato KML, utilizando Esquemas Preconceptuales, fuente: (Vanegas, 2014)

Oracle database management system, this is done with the aim of "improve and facilitate the process of interoperability among time-space data forms, specifically with the XML, KML y GML forms" (Vanegas, 2014). During research time, the author presents preconceptual diagrams which are representations of an specific domain and for each specific format, an example for the KML format is shown in Figure 3. This model limits the user to the presented information but nos to the consultations, meaning therefore, there should be generated a module in the adequate language to give consultations which involve the submitted attributes

Figure 3 Main elements from the KML format using Preconception diagrams, source: (Vanegas, 2014)



Modelos Espacio temporales Matemáticos

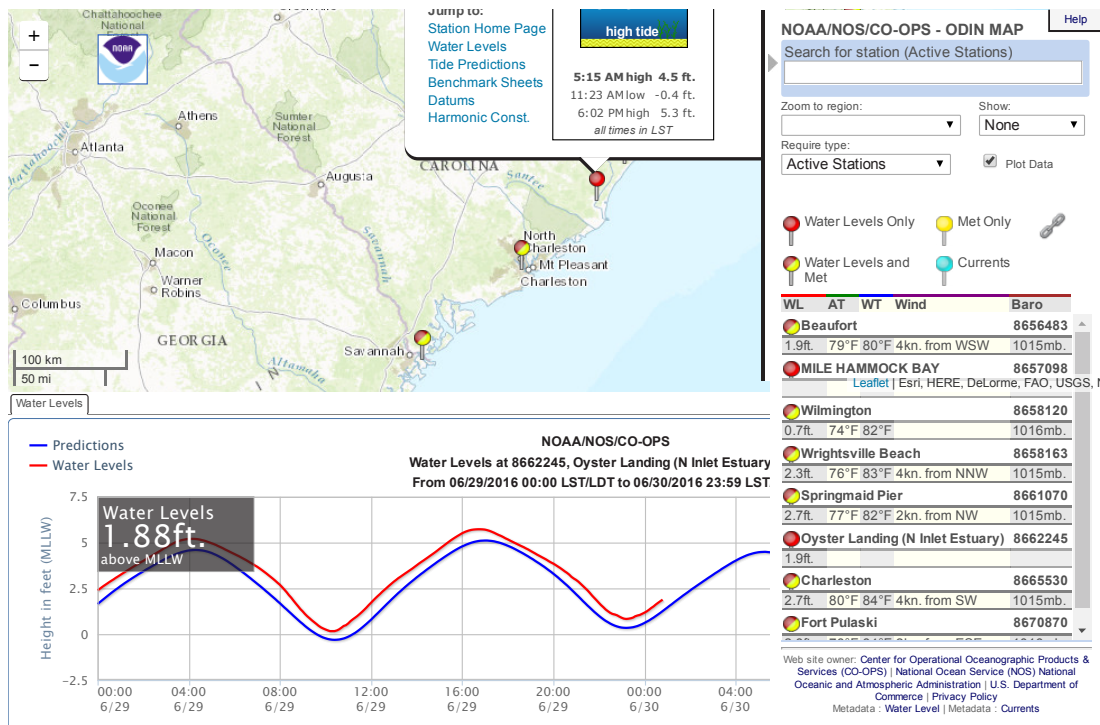
La minería de datos, utiliza diferentes técnicas de modelado y algoritmos para descubrir patrones descriptivos y predictivos de los fenómenos naturales (S. Harms, 2002). El estudio realizado por (Polous, et al., 2011), integra técnicas de minería a una imagen con la metodología lógica difusa, para identificar la variación espacio-temporal de la salinidad del suelo. En el resultado se muestra en la Figura 4, en una integración del tiempo, por medio de diagramas Estadísticos y del espacio, por medio de mapas.

Figura 4 Temperatura del Aire en la marea para Oregon, fuente: (NOAA, 2013)

Time-Space Mathematic Models

Data mining uses different techniques of modeling and algorithms to discover descriptive and predictive patterns of the nature phenomena (S. Harms, 2002). The research made by (Polous, et al., 2011), integrates techniques of mining to an image with the logic dim methodology to identify the variation of time-space in the ground salinity. In the result shown in figure 4, there is a integration of time and space though statistic diagrams based on maps.

Figure 4 Air Temperature in the tide for Oregon, source: (NOAA, 2013)



(Balakrishna, et al., 2011) propone, un enfoque de minería de datos espacio-

(Balakrishna, et al., 2011) Proposes a data mining time-space approach based on automatic learning for the detection

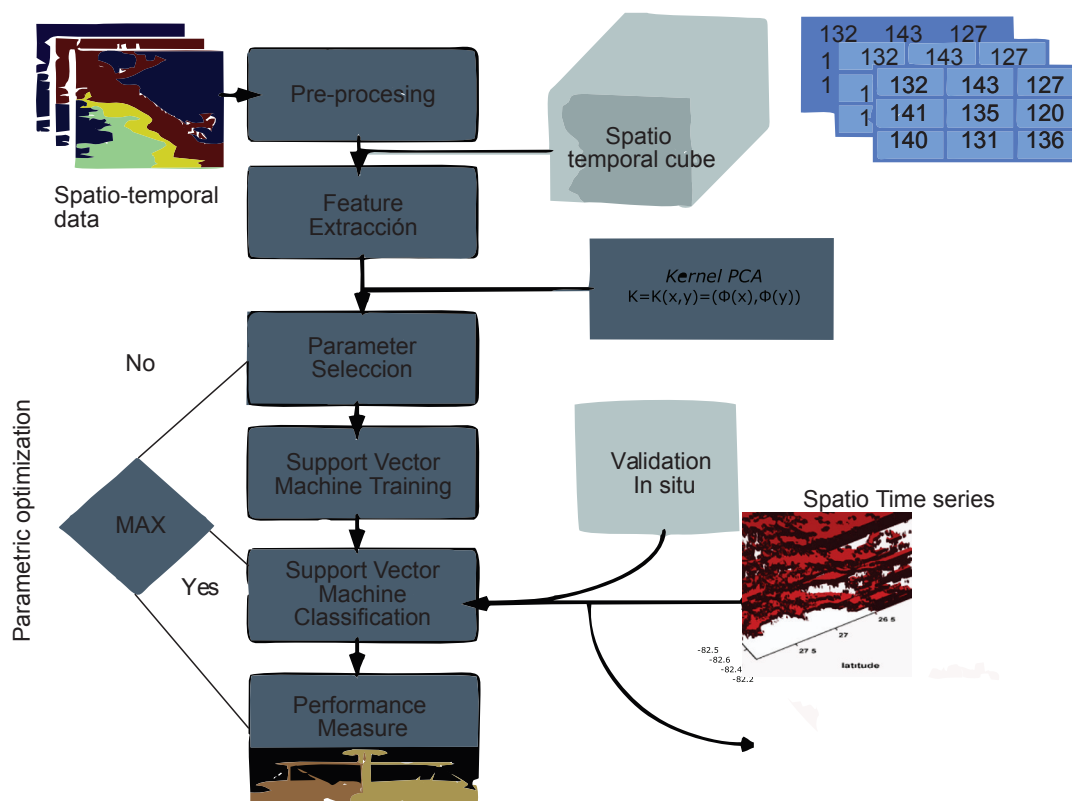


temporal, basada, en el aprendizaje automático para la detección de eventos en la región del Golfo de México, la toma de información se hace por medio de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2013), la cual, proporciona un sistema de información sobre el pronóstico, ocurrencia, y el movimiento de las zonas costeras. Se expone una integración entre de las dimensiones espaciales y el tiempo por medio de componentes técnicos como el análisis del núcleo o Kernel principal (KPCA), SVM (Support Vector Machines), entre otros parámetros de optimización descritos en la Figura 5, el análisis se realizó para 30 días.

Figura 5 Esquema de principio de enfoque de minería de datos temporal espacio para la detección, Fuente: (Balakrishna, et al., 2011)

of events in the Mexican gulf region, the data gathering is done through the Oceanic and Atmospheric National Administration (NOAA, 2013), which gives an information system about the forecast, notion and the movement of the coastal areas. There is an exposed integration among the spatial dimensions and the time through the technical components like the nucleus or main Kernel (KPCA), SVM (Support Vector Machines), among other parameters of optimization described on figure 5, the analysis was made for 30 days.

Figure 5 Diagram of beginning of time-space data mining approach for detection, source: (Balakrishna, et al., 2011)



En cuanto a los modelos matemáticos, son una poderosa herramienta para generar regresiones y clasificaciones, una ventaja es la aplicación a diferentes necesidades en términos de estimación de variables. Para utilizar los modelos matemáticos, el principal insumo es brindado por los sensores remotos; el análisis temporal de la vegetación por medio de sensores remotos, ha permitido la observación en cuanto a cambios en el crecimiento y estado de la capa vegetal producidos por el clima, el suelo y los manejos agrícolas (Calera, et al., 1999). Existe un número de estudios en los que se ha utilizado imágenes satelitales para el monitoreo, desarrollo de cultivos y para la caracterización de la vegetación (Didan & Huete, 2004). A dichas imágenes, se pueden aplicar diferentes modelos de clasificación, entre ellos se encuentra: árboles de decisión, SVM (Support Vector Machines), texturas, RNA (Redes Neuronales Artificiales), RF (Random Forest) entre otros (Justice et al, 1985) (Goetz, 1997).

Modelos Estadísticos Espacio-Temporales

En Colombia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA ha desarrollado diferentes análisis, uno de ellos es el estudio de tendencia de temperatura y precipitación en zonas de Cundinamarca y Boyacá (Rojas, et al., 2010). Dicho estudio permite detectar y cuantificar el impacto del cambio climático. El análisis de las series de tiempo se realizó en 31 estaciones meteorológicas, se calcularon las tendencias de cambio de las variables climáticas para cada una

About the mathematic models, they are a powerful tool to generate regressions and classifications, one advantage is the application to different needs in terms of estimation of variables. To use the mathematic models, the main supply is given by the remote sensors; the temporal analysis of vegetation through the remote sensors has allowed the observation in terms of changes in the growing and the status of the vegetal cape produced by the weather, the ground and the farming management (Calera, et al., 1999). There is a certain numbers of researches in which have been used satellite images for the monitoring, farming development and for the vegetation characterization (Didan & Huete, 2004). To those images can be applied different models of clasification such as decision trees, SVM (Support Vector Machines), textures, ANN (Artificial Neuronal Networks), RF (Random Forest) among others (Justice et al, 1985)(Goetz, 1997).

Time-Space statistic models

In Colombia, the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) has developed different analysis, one of them is the research on tendency of temperature and precipitation in areas of Cundinamarca and Boyacá (Rojas, et al., 2010). The mentioned research permits to detect and quantify the impact of weather changes. The analysis of the time series was made on 31 metheorological stations, there were calculated the tendencies of change of the weather variables to each one of the stations. A method called weighted



de las estaciones. Se utilizó método de interpolación de distancia inversa ponderada (IDW) para generar los mapas de la distribución espacial de las tendencias y se encontró, que el IDW tiene un mejor ajuste para la precipitación que para la temperatura y que el cambio climático, tiene manifestaciones muy locales en términos del comportamiento de las temperaturas y la precipitación para la zona de estudio, lo que podría generar impactos específicos sobre los sistemas productivos de la región.

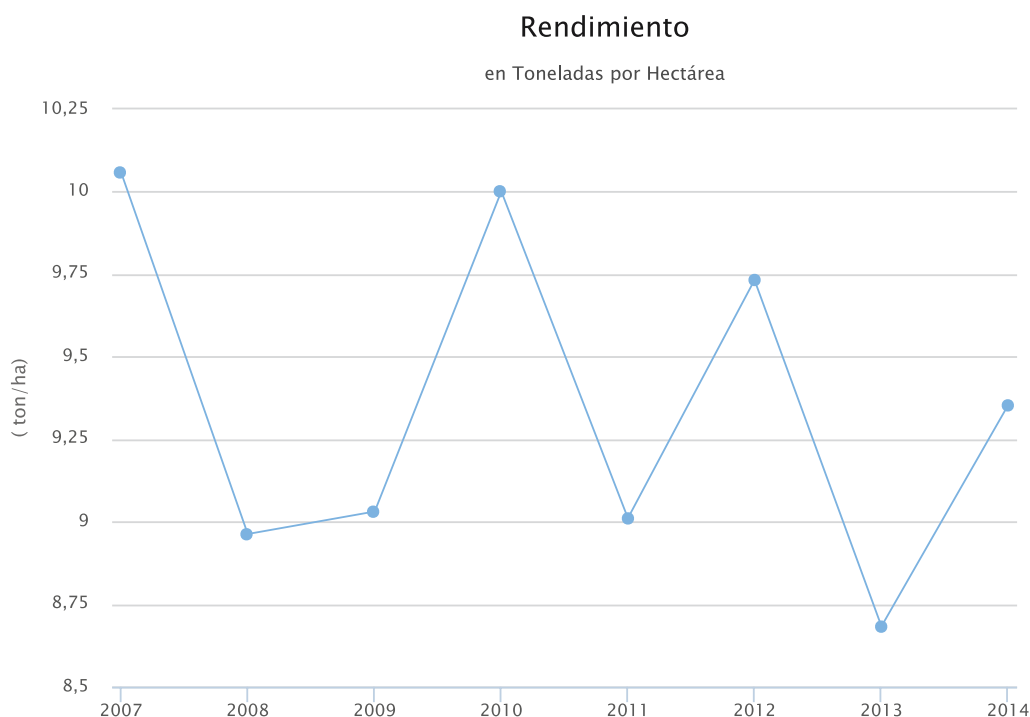
Por parte del estado, en Colombia, se cuenta con la plataforma llamada Agronet, el cual informa a los usuarios del sistema de información un estudio de diferentes frutos producidos a nivel departamental, municipal y regional. La base de datos expuesta contiene una recopilación de información a manera informativa, pero que es útil para el modelo de predicción aplicado a esta investigación. Agronet cuenta con dos espacios de consulta, el primero permite acceder a información temporal ilustrada en la Figura 6, el cual representa los datos estadísticos de producción de diferentes cultivos, por ejemplo desde el 2005 hasta el 2013, información de cosechas de áreas cultivadas entre otros. La segunda parte, se encuentra la consulta espacial, por medio del acceso a agromapas, en donde es posible seleccionar de acuerdo a los criterios una consulta de los cultivos, cuya representación es vista en un mapa geográfico:

inverse distance interpolation (WIDI) was used to generate the maps of the spatial distribution of the tendencies and it was found that the WIDI has a better adjustment for precipitation than for the temperature and the weather change has very local manifestations in terms of behavior of the temperatures and the precipitation for the research zone which could generate specific impacts over the productive systems on the region.

Coming from the state in Colombia, there is a platform called Agronet, which informs the users from the information system with a research of different fruits produced in the department, the municipality and the regional. The database exposed contains a summary of information as merely informative but it is useful for the predictive model applied to this research. Agronet has two consultation spaces, the first one allows to access to temporal information illustrated on figure 6, this one represents the statistic data of production of different crops, for example since 2005 until 2013, crops of farming areas, among others. In the second part, there is the spatial consultation based on the access to Agromapas, where it is possible to select a crop consultation according to the criteria and its representation is viewed on a geographical map.

Figura 6 Datos estadísticos, cosecha de cultivos de guayaba, (Ministerio de Agricultura Colombia, s.f.), Agronet

Figure 6 Statistical Data, Guava Crop Harvest, (Ministerio de Agricultura Colombia, s.f.), Agronet



En países como china donde se exporta la soya, la oferta paso de 185 millones de toneladas en el 2001/02 a 238 millones de toneladas en el 2011/12 es decir un 28% de incremento en 10 años (fyo.com, 2013) y se realizaron investigaciones para el cultivo aplicando técnicas de geoprocasamiento avanzado y Estadística Espacial (Zhao, et al., 2009), demostrando que es posible determinar

In countries like China where Soya is exported, the offer passed over from 185 million of tons in 2001/02 to 238 million of tons in 2012/12, which means a 28% of increasing in 10 years (fyo.com, 2013) and researched were carried on based on the crop applying techniques of advanced geo-processing and spatial statistic (Zhao, et al., 2009), demonstrating that

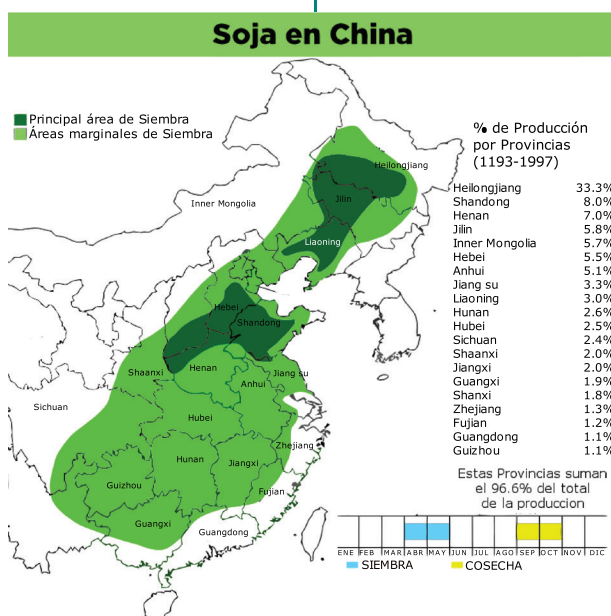


a partir de la variabilidad de datos espaciales el rendimiento de la cosecha en una región determinada, la Figura 7 presenta una recopilación del modelo.

Figura 7 Fuente (Zhao, et al., 2009) (fyo. com, 2013)

since the variability of spatial data it is possible to determine the performance of the crop on a determinate area, the figure 7 presents a summary of the model.

Figure 7 source (Zhao, et al., 2009) (fyo. com, 2013)



Discusión

En las investigaciones sobre modelización espacio-temporal, se encontraron modelos desarrollados en las últimas décadas, cada uno desarrollado en su respectivo lenguaje de consulta. Los principales modelos encontrados se enfocan: Modelos basados en esquemas de versionamiento (Brahmia, et al., 2012), (Pereira, 1999.). Datos espacio temporales en bases de datos relacionales (Pereira, 1999.), Basados en métodos Estadísticos (Zhao, et al., 2009), (Jiménez, 1995). En el espacio – tiempo (Zhang, et al., 2010) minería de datos (Polous, et al., 2011) , (Balakrishna, et al., 2011).

Existen investigaciones que se

Argument

In the researches about time space modeling. Since last decades, there were found developed models, each one carried out on its own way of searching. The main models found focus on: models based on breaking schemes. (Brahmia, et al., 2012), (Pereira, 1999.). Time space data in relational data base (Pereira, 1999.), based on statistic methods (Zhao, et al., 2009), (Jiménez, 1995). In time space (Zhang, et al., 2010) data mining (Polous, et al., 2011) , (Balakrishna, et al., 2011).

complementan, por ejemplo el tema de los formatos para la visualización obliga a tener un mapa por cada año, mientras que el tema estadístico permite describir en un gráfico el comportamiento de varios años, los dos temas son muy importantes y necesarios pero debido a incompatibilidades casi siempre se terminan mostrando separadas y es por qué la ciencia de la Estadística involucra métodos ajenos a la visualización, por ejemplo la estimación de información ó el análisis de variables para la toma de decisiones.

A criterio personal se considera que se debe investigar dos líneas para aplicar un modelo espacio-temporal: La primera, es el efecto espacial de un evento en una ubicación geográfica específica bajo un método Estadístico tal y como se realiza en Chasco C. (2003) seguido de un método matemático cómo lo aplican (Balakrishna, et al., 2011). La segunda línea, se enfoca a la representación de datos en un SIG, por medio de un modelo espacio-temporal de manera eficiente, es decir evitando el versionamiento de bases de datos, ya que incrementa los costos de almacenamiento y la duplicidad de los datos.

Conclusiones

La Minería de Datos involucra los temas tanto Estadísticos cómo Matemáticos, por lo tanto, se sugiere trabajar en el desglose de métodos basados en minería de datos espaciales con el fin de reforzar nuevas aplicaciones ya que es el modelo adecuado para representar los datos espaciales que presentan cambios en el tiempo.

There are some researches that complement each other, regarding to the formats for visualizing, it is necessary to have a map each year, but the statistic topic allows to describe in a graphic the behavior of several years. Both topic are important and necessary, but due to incompatibilities, they are often separated because statistics involve no close methods to the visualizing. For example: information estimated or the analysis of the variables in order to decide.

Based on a personal criteria, research should be taken from two different ways to apply into a time space model: the first, it is the spatial effect of an event in a specific geographic location that depends of a statistic method and as it is made in Chasco C. (2003) follow for a mathematic method as it is applied by (Balakrishna, et al., 2011). The second way, it is focused to the data representation in a SIG, throughout an efficient time-space model, it refers avoiding the data base breaking, because it increases the storage costs and the duplicity of the data.

Findings

The data mining involves both statistic and mathematic topics, thus it is suggested to work on the breakdown of methods based on spatial data mining in order to strengthen new applications, inasmuch as this model is suitable for representing the space data that represent changes through the time.

It's identified that for applying the model, the next supplies are required:



Se identificó que para la aplicación del modelo se deben adquirir los siguientes insumos:

1. Mapas e imágenes: Información geográfica representada en imágenes satelitales o adquiridas en un drone para ser procesadas.

2. Verdad terreno: una base de datos con información abundante y en diferentes periodos de la variable a analizar.

3. Software: Para el análisis y procesamiento es necesario el uso de herramientas tanto Estadística como de almacenamiento. El software R es de distribución libre, su implementación es sencilla y no requiere de mayores recursos informáticos y en el Análisis en Componentes Principales es una herramienta que se utiliza para la interpretación de la información presentada en una tabla de datos. Para el almacenamiento de los datos, en varios artículos utilizan el gestor de base de datos PostgreSQL, por su condición de software libre y por el buen soporte que ofrece en línea.

Se determinó que para realizar un modelo espacio-temporal, se debe contemplar la metodología explicada en la Figura 8 con las siguientes fases:

1. Un Análisis Exploratorio De Datos Espaciales (AEDE): corresponde a una etapa previa a la modelización que utiliza, técnicas para describir y visualizar las distribuciones espaciales y los atributos de los objetos (asociación, variabilidad, dependencia entre otros).

2. Dicho análisis realizado, sirve para estimar los parámetros del modelo espacio-temporal, anexos al prototipo de

1. Maps and images: geographic information represented on satellite images or gotten in a drone for being processed.

2. Register of information: a data base with plenty of information and different period of the variable that is analyzed.

3. Software: For the analysis and processing is necessary the use of statistics and storage tools. The R software is for free distribution, its deployment is simple and no much system sources are required. In the Analysis in main components, it is a tool used for interpreting information presented on a data table. For storage data, in several articles the manager of data base postgresQL is used.

For making a space-time model is remarkable the methodology exposed on the figure 8 with the following stages:

1. Exploratory analysis of spatial data corresponds to a previous stage of modeling that used techniques for describing and visualizing the spatial distribution and the attributes of the objects. (association, variability, dependency, among others)

2. The analysis mentioned is used for deeming the parameters of the time-space model added to the pattern of the geographic information system. The model of a design that has patterns and works as a starting point should be used for mapping the time space data of the variable to analyze, in order to store them and saving the time dimension.

3. The necessary operation are made in order to incorporate the time- space data in a SIG, and finally the model is

los Sistemas de Información Geográfica. Se debe realizar el diseño de un modelo que contenga esos parámetros y que sirva de punto de inicio para el mapeo de datos espacio-temporales de la variable a analizar, con el fin de poderlos almacenar conservando la dimensión tiempo.

3. Se establecen las operaciones necesarias para integrar los datos espacio-temporales en un SIG para finalmente, determinar el modelo a utilizar con respecto a los resultados esperados. El resultado debe ser un mapa de tipo Coropleta, el cual identifica y demuestra el ajuste a la metodología establecida.

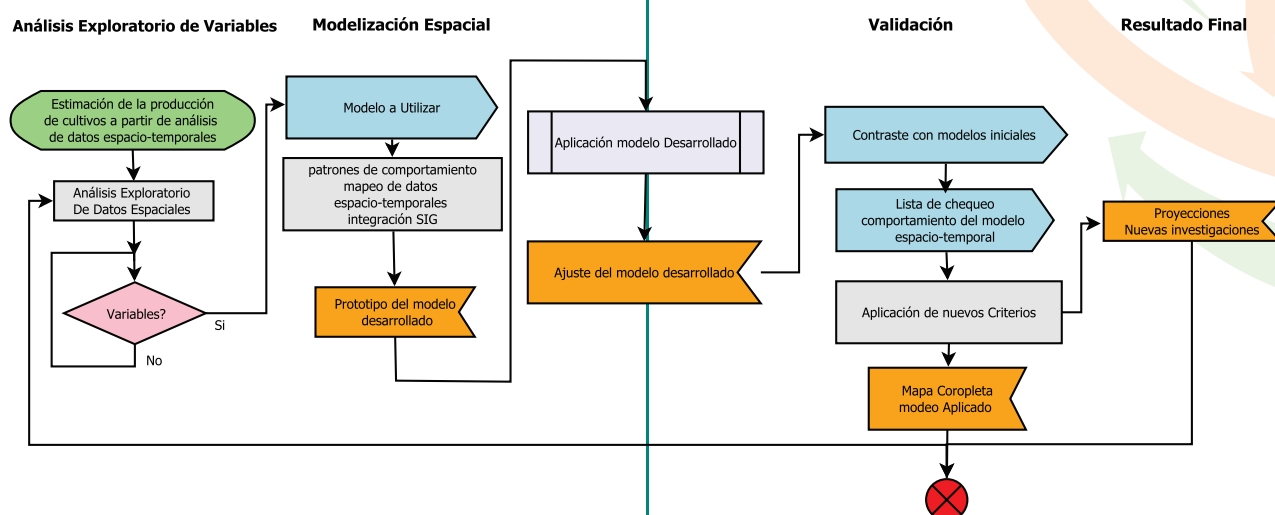
4. Posteriormente, se valida la bondad del ajuste, por medio de instrumentos de evaluación como listas de chequeo, el cual permite auditar los resultados frente a requerimientos iniciales del modelo, establecidos en la etapa de análisis.

Figura 8 Descripción de la metodología a aplicar en un modelo espacio temporal,

selected regarding the expected results. The results should be a Coropleta type map that identifies and demonstrates the adjustment to the methodology already established.

4. Previously, the adjustment results are measured through assessment instruments such as checklist, these ones allow to audit the results comparing the initial requirements of the model established in the analysis stage.

Figure 8 Description of the methodology to apply in a time-space model.



Fuente: Autor

Source: Author



Referencias Bibliográficas

Balakrishna, G. S. S. D., King, R. L. & Younan, N. H., 2011. A Machine Learning Based Spatio-Temporal Data Mining Approach for Detection of Harmful Algal Blooms in the Gulf of Mexico. IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, Vol. 4, No. 3, September 2011.

Brahmia, Z., Grandi, F., Oliboni, B. & Bouaziz, R., 2012. Versioning of Conventional Schema in the XSchema Framework. Naples, s.n., pp. 510 - 518.

Calera, A., Sanchez, J. & Meliá, J. d. D. R. U. d. C. L. M., 1999. COMPARACION ENTRE IMÁGENES LANDSAT-TM Y NOAA-AVHRR. Albacete, España, TELEDETECCIÓN. Avances y Aplicaciones, pp. pp. 335-338.

Chasco, C. Y., 2003. Econometría Espacial Aplicada A La Predicción-Extrapolación De Datos Microterritoriales.. España: Consejería De Economía E Innovación Tecnológica.

Díaz, M. A. B., 2007. Diseño De Un Modelo Espacio-Temporal Basado En Razonamiento Espacial. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

Didan, K. ,. D. o. S. W. & E. S. A. U. T. A. & Huete, A., 2004. Analysis of the global vegetation dynamic metrics using MODIS Vegetation Index and land cover products. Anchorage, AK, IEEE, pp. 2058 - 2061 vol.3.

fyo.com, M. d. P. 2. d. M. 3. P. 2. S. R. |. S. F. |. A., 2013. Futuros y Opciones. com S.A. [En línea]

Available at: <http://portal.fyo.com/especiales/soja12-13/mapa.html>

Gang, L. y otros, 2009. 3D GIS Database Model for Efficient Management of Large Scale Underground Spatial Data. Geoinformatics, 2009 17th International Conference on, pp. 50-62.

Gasparetti, V., Cáceres, A. P. & Ojeda, S., 2014. Relación Entre La Distribución Espacial Del Área De Influencia De Los Espacios Públicos Abiertos Y La Densidad Del Uso Residencial.. Informes Científicos y Técnicos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral. © 2009.

Gilberto G, A. G. ,. R. U. d. C., 2007. Metodos de Acceso y Procesamiento de Consultas Espacio-Temporales. Chile: s.n.

Giraldo, H. R., 2006. Introduccion A La Geoestadística, Teoría y Aplicación. Bogotá: Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia.

Haining, R., 2003. Spatial Data Analysis, Theory and Practice. Cambridge, Cambridge University Press.

Harms, L., Deogun, J. & Tadesse, 2002. Efficient rule discovery in a Geo-Spatial Decision Support System. The annual national conference on Digital government research.

Jiménez, E. U., 1995. Analisis De Datos Series Temporales Y Analisis Multivariante. España: s.n.

Jordi Torres, J. Z. M. T. R. G. J. L., 2009. Edición y visualización de información vectorial en aplicaciones SIG. CEIG'09, San Sebastián, Sept. 9-11 (2009).

López Hernández, F. A. G. C. J. A. M. M. D. d. M. C. e. I. U. P. d. C., 2004. Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal: el caso de la Región de Murcia. www.revista-eea.net, es e-22319 .

Madraky, k., 2012. Hair data model: A new data model for Spatio-Temporal data mining. Langkawi, A Centre for Artificial Intell. Technol. (CAIT), Univ. Kebangsaan Malaysia (UKM), Bangi, Malaysia, IEEE, pp. 18 - 22.

Ministerio de Agricultura Colombia, C., s.f. Agronet. [En línea]

Available at: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Agromapas.aspx>

Navarro, E., García, C. J. D. & Nikos, L., 2001. Bases de Datos: Persistencia del Espacio-Tiempo, España: Departamento De Informática Escuela Politécnica Superior Universidad De Castilla-La Mancha Campus Universitario S/N Albacete – 02071.

NOAA, N. O. a. A. A., 2013. NOAA Harmful Algal Bloom Operational Forecast System (HAB-OFS). [En línea]

Available at: <http://tidesandcurrents.noaa.gov/>

Pereira, E., 1999.. Schema versioning: queries to the generalized temporal database system. Database and Expert Systems Applications. Tenth International Workshop on, pp.458–459.

Pereira, V. & E., 1999.. Schema versioning: queries to the generalized temporal database system. Database and Expert Systems Applications. Tenth International Workshop on, pp.458–459.

Polous, K., Farshad, A., Zarinkafsh, M. & Roozitalab, M., 2011. Evaluation of the spatio-temporal of soil salinity variation using data mining approach. Fuzhou, s.n., pp. 81 - 86.

Ralf, H. G. & Markus, S., 2005.. Moving Objects Databases. 1st edition, s.l.:s.n.

Retamal, G. A. G., 2007. Metodos de Acceso y Procesamiento de Consultas Espacio-Temporales. Chile: Universidad de Chile.

Rojas, E. y otros, 2010. Cuantificación e interpolación de tendencias locales de temperatura y precipitación en zonas alto andinas de Cundinamarca y Boyacá (Colombia). Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2010) 11(2), 173-182.

S. Harms, D. L. J. D. a. T. T., 2002. Efficient rule discovery in a Geo-Spatial Decision Support System. The annual national conference on Digital government research.

Standards, W., 2012. W3C. [En línea]

Available at: <http://www.w3.org>

Tomlinson, R., 2008. Pensando En El Sig: Planificación del Sistema de Información Geográfica. s.l.:s.n.

Torres, J. y otros, 2009. Edición y visualización de información vectorial en aplicaciones SIG. CEIG'09, San Sebastián, Sept. 9-11 (2009).

Vanegas, 2014. Asociación De Datos Espacio-Temporales En Bases De Datos Oracle. Universidad de San Buenaventura seccional Medellín.



Vanegas, C. & Zapata, J., 2013. Representación Del Conocimiento En Datos Espaciotemporales Para Sigs: Un Enfoque Basado En Esquemas Preconceptuales. Ing. USBMed, Vol. 4, No. 1, pp. 47-55. ISSN:.

Vanegas, I. C. E. D., 2013. Caracterización de Datos Espacio-Temporales en Sistemas de Información Geográfica. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Wesley, A. R. E. :. N. ,. S., 2002.. Fundamentos de los Sistemas de Bases de Datos. Licenciatura en Documentación: Bases de datos documentais.

Xin, W. H., 2010. Survey on three-dimensional spatial data models in GIS. Wuhan, s.n., pp. 492 - 495.

Zhang, Z., Hao, X. & Su, Z., 2010. Research on the Feature and Uncertainty Based Spatio-Temporal Data Model. Wuhan, s.n., pp. 1 - 4.

Zhao, C. y otros, 2009. Spatial Structure of LAI of Spring Soybean Based on SunScan Canopy, China: Shanxi Agricultural University, College of Engineering and Technology.