



UNIDAD ACADÉMICA:
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADOS

TEMA:
DESARROLLO DE UN PAQUETE EN R PARA PRONOSTICAR ACCIDENTES
DE TRÁNSITO

**Tesis de grado previo a la obtención del título de
Magister en Gerencia Informática**

Línea de Investigación, Innovación y Desarrollo principal:

Ingeniería de Software

Caracterización técnica del trabajo:

Desarrollo

Autor:

Darwin Medardo Padilla Silva

Director:

José Marcelo Balseca Manzano, Magister

Ambato - Ecuador

Abril 2015

Desarrollo de un paquete en R para pronosticar accidentes de tránsito

Informe de Trabajo de Titulación
presentado ante la
Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Ambato

por

Darwin Medardo Padilla Silva

En cumplimiento parcial
de los requisitos para el Grado de
Magister en Gerencia Informática



Departamento de Investigación y Postgrados
Abril 2015

Desarrollo de un paquete en R para pronosticar accidentes de tránsito

Aprobado por:

Juan Ricardo Mayorga Zambrano, PhD
Presidente del Comité Calificador
Director del DIP

Liliana del Rocio Mena Hernández, Magister
Miembro Calificador

José Marcelo Balseca Manzano, Magister
Miembro Calificador
Director de Proyecto

Andrés Rubén Lopez Andrade, Magister
Miembro Calificador

Dr. Hugo Altamirano Villaroel
Secretario General

Fecha de aprobación: Abril 2015

Ficha Técnica

Programa: Magister en Gerencia Informática

Tema: Desarrollo de un paquete en R para pronosticar accidentes de tránsito

Tipo de trabajo: Tesis de grado

Clasificación técnica del trabajo: Desarrollo

Autor: Darwin Medardo Padilla Silva

Director: José Marcelo Balseca Manzano, Magister

Líneas de Investigación, Innovación y Desarrollo

Principal: Ingeniería de Software

Secundaria: Modelamiento Matemático

Resumen Ejecutivo

El paquete desarrollado bajo lenguaje de programación R, con información georreferenciada, contiene una variable con información que se desee analizar y una periodicidad de tiempo, está direccionada principalmente a poder determinar los lugares críticos en lo que a accidentes de tránsito se refiere dentro de las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, de tal forma que con la información georreferenciada pueda ser utilizada para pronosticar lugares altamente conflictivos y conocer la distribución espacial que estos tengan en todo el territorio de análisis, con una periodicidad mensual, sin embargo este paquete no está limitado en espacio y tiempo, ya que puede ser utilizado en otro tipo de análisis y en otros lugares, esto se logra al utilizar bordes en los puntos georreferenciados lo cual evita sujetarse a un lugar de forma fija. Capaz de ser mejorado continuamente y conjunta con aportes de otras personas que conozcan del gran proyecto GNU ¹, en su versión 1.0 da a conocer los sitios altamente conflictivos en lo que a accidentes de tránsito se refiere mediante gráficos que utilizan el modelo Kriging Ordinario con imágenes, contornos y perspectivas las cuales ayudan a comprender de forma específica la distribución existente en la información proporcionada por el SIS ECU911 AMBATO (SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD ECU911 AMBATO).

¹ También conocido como movimiento de software libre, proyecto cuyo objetivo es crear un sistema operativo completamente libre mediante la colaboración y apoyo de usuarios a nivel mundial

Declaración de Originalidad y Responsabilidad

Yo, Darwin Medardo Padilla Silva, portador de la cédula de ciudadanía y/o pasaporte No. 1500537327, declaro que los resultados obtenidos en el proyecto de titulación y presentados en el informe final, previo a la obtención del título de Magister en Gerencia Informática, son absolutamente originales y personales. En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Darwin Medardo Padilla Silva

1500537327

*Este trabajo está dedicado a mi familia
en especial a mi esposa; hijo y hermano*

Paúl.

Reconocimientos

El principal reconocimiento que quiero emitir es a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ambato y en su representación a Juan Mayorga Zambrano, PhD. pues por su entrega y preocupación para todas aquellas personas que pensamos que no se podía alcanzar un objetivo tan cercano, nos brindó otra perspectiva de cómo lograr metas paso a paso, con su carisma y exigencia ha dotado de las herramientas necesarias para la culminación de este trabajo.

Además mencionar a Marcelo Balseca, Magister, quien con su ayuda y profesionalismo ha sabido guiar y brindar la línea base para mejorar continuamente este trabajo, que además de forma desinteresada ha logrado plasmar sus conocimientos tecnológicos en este trabajo de desarrollo.

Al Doctor Washington Cando, Subdirector Técnico Zonal del SIS ECU911 AMBATO, quien muy amablemente accedió a brindar las facilidades para utilizar la información recolectada por este servicio para el posterior análisis, depuración y procesamiento, pieza fundamental para alcanzar los resultados requeridos.

Como olvidar a Víctor Morales, actualmente estudiante PhD. de Estadística en Valparaíso Chile, quién con sus acertados consejos y ayuda en el mundo R ha sabido colaborar para el presente trabajo cuando más perdido me sentía.

Resumen

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizó información almacenada en las bases de datos del SIS ECU911 Ambato. El proyecto consiste en desarrollar un paquete en el software estadístico R que permite identificar lugares altamente conflictivos en la ciudad de Ambato además de pronosticar accidentes de tránsito. Se lo llama ATPA (Accidentes de Tránsito en la Parroquia Ambato), puede ser adaptado a otro tipo de investigaciones dependiendo de la información ingresada, para lo cual las variables obligatorias identificadas empezaron con un número secuencial o código numérico que identifica los lugares en estudio; la segunda variable es la longitud; tercera la latitud; cuarta variable menciona el total de emergencias atendidas y la última el período de tiempo en base a la variable anterior. El modelo matemático utilizado para identificar los lugares conflictivos en la ciudad de Ambato fue el modelo KO (Kriging Ordinario), el cual permite estimar puntos georreferenciados mediante la interpolación de información espacial lineales. Este modelo compara resultados dependiendo del período de tiempo, para el presente caso se tomó información de emergencias atendidas entre julio a diciembre 2014, donde se evidencia que los resultados no presentan un comportamiento similar entre estos meses. También se observó que los lugares más conflictivos en la ciudad de Ambato en el tercer trimestre del año 2014, se encuentran en la parte noreste de la ciudad, mientras que a finales del año, los lugares con mayor conflictividad en accidentes de tránsito se presentaron en el suroeste de la ciudad.

Palabras clave: paquete r, atpa, pronóstico, kriging ordinario, inferencia bayesiana.

Abstract

For the development of this project, it was necessary to use information stored in databases of SIS ECU911 Ambato. The project consists on developing a R statistical software to identify highly hotspots in the Ambato city, in addition to forecast traffic accidents package. It is called ATPA (Traffic Accidents in Ambato Parish), and it can be adapted to other types of research based on the information entered, for which mandatory variables that were identified started with a sequential number or number code that identifies the locations under consideration, the second variable is length; the third one is latitude, the fourth variable involves the total of attended emergencies and the last one, the time period based on the previous variable. The mathematical model used to identify trouble spots in the Ambato city was the OK (Ordinary Kriging) model, which allows estimating georeferenced points by linear interpolation of spatial information. This model compares the results depending on the period of time, in this case the information was taken during july to december 2014, in which the results did not show a similar behavior between them. It was also noted that the most controversial places in Ambato city during the third quarter 2014 are in the northeast part of the city, while at the end of the year, places with greater conflict in accidents of transit were presented in the southwest of the city.

Key word: bayesian package r, atpa , forecast, ordinary kriging , inference.

Tabla de Contenidos

Ficha Técnica	III
Declaración de Originalidad y Responsabilidad	IV
Dedicatoria	V
Reconocimientos	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
Lista de Tablas	XI
Lista de Figuras	XII
CAPÍTULOS	
1. Introducción	1
1.1. Presentación del trabajo	1
1.2. Descripción del documento	2
2. Planteamiento de la Propuesta de Trabajo	4
2.1. Información técnica básica	4
2.2. Descripción del problema	4
2.3. Preguntas básicas	5
2.4. Formulación de meta	5
2.5. Objetivos	5
2.6. Delimitación funcional	6
3. Marco Teórico	7
3.1. Servicio Integrado de Seguridad ECU911 Ambato	7
3.1.1. Creación e Instituciones de coordinación	7
3.1.2. Funcionamiento	7
3.1.3. Información	8
3.2. Sistema de Información	9
3.2.1. Georreferenciación	9
3.3. Software R	10
3.3.1. Historia	10
3.3.2. ¿Qué es un paquete en R?	10
3.3.3. Ventajas e inconvenientes de R	11

3.4.	Definiciones y conceptos	12
3.4.1.	Modelo Kriging Ordinario de predicción Espacio-Tiempo	12
3.4.2.	Geoestadística	14
3.4.3.	Accidentes de Tránsito	14
3.5.	Estado del Arte	15
4.	Metodología	17
4.1.	Diagnóstico	17
4.2.	Método(s) aplicado(s)	17
4.3.	Materiales y herramientas	19
4.3.1.	Materiales	19
4.3.2.	Herramientas	19
5.	Resultados	20
5.1.	Descripción de la base de datos	20
5.1.1.	Aplicación del Paquete Atpa	21
5.2.	Evaluación preliminar	30
5.3.	Análisis de resultados	30
6.	Conclusiones y Recomendaciones	32
6.1.	Conclusiones	32
6.2.	Recomendaciones	32
 APÉNDICES		
Apéndice A. — Distribuciones de puntos georreferenciados		34
Apéndice B. — ¿Cómo desarrollar un Paquete en R?		40
REFERENCIAS		46

Lista de Tablas

1.	Total de emergencias de Tránsito y Movilidad por clave, según mes de ocurrencia. . .	9
2.	Principales ventajas e inconvenientes de R	11
3.	Principales Materiales utilizadas	19
4.	Principales Herramientas utilizadas	19
5.	Accidentes de tránsito reportados en las parroquias urbanas de la Ciudad de Ambato	20
6.	Accidentes de Tránsito por mes, según parroquia urbana de ocurrencia (Clave Roja)	23

Lista de Figuras

1.	Funcionamiento operativo del SIS ECU911 AMBATO.	8
2.	Esquema de funcionamiento de R	10
3.	Funcionamiento del modelo Kriging Ordinario.	12
4.	Modelo Espacio Temporal utilizando R	13
5.	Contorno utilizando el modelo Kriging	13
6.	Perspectiva utilizando el modelo Kriging	13
7.	Estructura de la creación de un Paquete en R	18
8.	Parroquias urbanas de la ciudad de Ambato	21
9.	Accidentes de Tránsito en la ciudad de Ambato	21
10.	Accidentes de tránsito en Ambato por mes de ocurrencia, año 2014	22
11.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Julio 2014	24
12.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Agosto 2014	25
13.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Septiembre 2014	26
14.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Octubre 2014	27
15.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Noviembre 2014	28
16.	Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Diciembre 2014	29
17.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Julio 2014	34
18.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Agosto 2014	35
19.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Septiembre 2014	36
20.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Octubre 2014	37
21.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Noviembre 2014	38
22.	Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Diciembre 2014	39
23.	Logos de los principales programas de R	40
24.	Principales pantallas de R Studio	41
25.	Función base para la elaboración de un Paquete	41
26.	Nuevo proyecto en R	42
27.	Crear proyecto en R	42
28.	Archivo DESCRIPTION en R	43
29.	Plantilla para identificar el Paquete en R	44
30.	Chequear que el paquete de R no contenga errores	45

Capítulo 1

Introducción

El presente desarrollo se basa en el lenguaje de programación en R, software estadístico de libre distribución (Open Source), principalmente está enfocado en determinar los lugares conflictivos en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato para los accidentes de tránsito ocurridos en el semestre de julio a diciembre del año 2014.

Para la culminación de este trabajo se ha utilizado el modelo matemático (**KO**), mismo que permite interpolar información georreferenciada para estimar puntos desconocidos basados en la correlación espacial existente entre los puntos cercanos, modelo altamente confiable, el aporte del SIS ECU911 AMBATO fue importante para el avance y finalización de este desarrollo, ya que por los datos entregados por este ente gubernamental, se puede utilizar el **KO**, sus representaciones gráficas e inferencias estadísticas dadas a conocer en el Capítulo 5.

El aporte que esta herramienta tecnológica brinda a las autoridades tomadoras de decisión es de vital importancia, pues permite conocer de forma anticipada y técnica los principales lugares en los cuales es más probable se produzcan accidentes de tránsito en la ciudad de Ambato. Sin embargo también invita a explotar la sinergia existente entre las instituciones públicas y privadas con la única finalidad de poder combatir, reducir y de ser posible erradicar los accidentes de tránsito que pueden ocurrir en cualquier momento y lugar.

1.1. Presentación del trabajo

Un paquete en R permite sintetizar una o un grupo de funciones utilizadas de forma cotidiana, para algún análisis repetitivo o cuya información varía de forma permanente, además de poder utilizar para otros objetivos investigativos sin restricción de tener que ocuparlo en un solo computador, otra ventaja es que puede ser compartido, mejorado y ampliado acorde a la necesidad del investigador o persona que lo requiera, sin tener grandes conocimientos de programación.

La solución que se encontró una vez desarrollado el paquete Atpa, son los lugares conflictivos existentes en toda la ciudad de Ambato, ya que existen parroquias urbanas ¹ mucho más conflictivos que otras, además de poder determinar el mes con mayor problemática de accidentes en la ciudad

¹ Area geográfica que se encuentra circunscrita dentro de la ciudad

de Ambato.

Se hace importante este desarrollo por el nivel de aplicabilidad no solo en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, sino que a todo nivel, pues por ser altamente ajustable a la información que se le administre logra acoplarse a paquetes de uso nacional o internacional sin problema alguno y es un primer paso para iniciar con herramientas tecnológicas de nivel mundial similar a lo descrito en la sección 3.5.

La estrategia utilizada para el desarrollo del paquete Atpa está basada en la metodología propia de R, Véase Sección 4.2, inicialmente se toman los datos georreferenciados y se los transforma de tal forma que puedan ser leídos por esta aplicación, luego se necesita tener una malla ² para generar los puntos e interpolar los resultados acorde a la información georreferenciada que se tenga de los accidentes de tránsito en la ciudad de Ambato, se aplica el modelo de Kriging Ordinario para poder obtener las imágenes de puntos calientes, los contornos y la perspectiva en cada uno de los meses de estudio.

Los resultados alcanzados son que los lugares donde existe mayor probabilidad de tener un accidente de tránsito varía acorde al mes de estudio, así, entre los meses de julio a septiembre en el noreste de la ciudad existe mayor posibilidad de sufrir un percance que sea relacionado con accidentes de tránsito, mientras tanto que para finales de año, octubre a diciembre, la probabilidad aumenta en el suroeste de la ciudad de Ambato.

1.2. Descripción del documento

En el Capítulo 2.1 se plantea la propuesta de trabajo, donde se da a conocer a detalle la información técnica de la problemática de los accidentes de tránsito, además de presentar el problema encontrado antes del desarrollo del paquete en R. También se presentan los objetivos, general y específicos a alcanzar en la investigación presentada en este documento. Se delimita de forma expresa los alcances que el paquete desarrollado tendrá una vez sea elaborado.

El Marco Teórico es abordado en el Capítulo 3; el cual presenta de forma general el funcionamiento del SIS ECU911 AMBATO, las características que este tiene al momento de atender una emergencia, instituciones articuladas, entre otra información de manejo público. Se presenta información descriptiva en la Sección 3.1.3 de la problemática en estudio, también se introduce a la parte conceptual del software estadístico R en la Sección 3.3, en particular en la Sección 3.3.3 se da a conocer las principales ventajas existentes por parte de R y se da a conocer de forma específica el modelo KO en la Sección 3.4.1.

² Figura geométrica resultante de entrecruzar líneas rectas entre sí.

El Capítulo 4 presenta la metodología utilizada para el desarrollo del paquete que permita determinar los sitios conflictivos en la ciudad de Ambato y los principales materiales y herramientas utilizados para la obtención del paquete Atpa.

Los Resultados son presentados en el Capítulo 5, el cual presenta la estructura de la base de datos que se debe tener para poder utilizar el paquete Atpa, además de describir cada una de las variables que conforman esta base. Se da un vistazo general de la problemática que se tiene a nivel de ciudad en cada uno de los meses en estudio. Se aplica el modelo empaquetado en Atpa obteniendo gráficas que permiten identificar claramente los lugares conflictivos. Estos son evaluados de forma preliminar además de analizar a profundidad los resultados alcanzados.

En el Capítulo 6 se presentan las principales conclusiones y recomendaciones según lo encontrado una vez se ha ejecutado el paquete Atpa, para la ciudad de Ambato. Esto es interesante pues permite visualizar el comportamiento de la información en el espacio y da las primeras líneas base para una correcta toma de decisiones en cuanto al control tanto preventivo como correctivo de los accidentes de tránsito.

El desarrollo se completa con los Apéndices A y B, pues permiten identificar la distribución tanto espacial como estadística que tienen las variables involucradas en el estudio y los pasos a seguir para construir un paquete Atpa, se hace importante estos apéndices para entender como la información está distribuida teóricamente además de tener el conocimiento de la construcción de un paquete en el caso de querer realizar uno.

Capítulo 2

Planteamiento de la Propuesta de Trabajo

La información que se presenta y analiza en este trabajo de desarrollo, es aquella que ha sido recopilada en el segundo semestre del año 2014 en el **SIS ECU911 AMBATO** y que los alertantes reportaron a este servicio de coordinación en la atención de emergencias como accidentes de tránsito.

2.1. Información técnica básica

Tema: Desarrollo de un paquete en R para pronosticar accidentes de tránsito

Tipo de trabajo: Tesis de grado

Clasificación técnica del trabajo: Tesis de grado

Líneas de Investigación, Innovación y Desarrollo

Principal: Ingeniería de Software

Secundaria: Modelamiento Matemático

2.2. Descripción del problema

Este problema surge por la falta de implementación de una herramienta tecnológica que permita identificar sitios altamente vulnerables en cuanto a accidentes de tránsito se refiere, además la toma de decisiones estaba basada en la subjetividad y utilizar únicamente la intuición al momento de realizar operativos de control. También una consecuencia directa es que no existía un control preventivo eficaz para evitar estos accidentes de tránsito en la ciudad de Ambato.

Acorde a lo emitido en [9] el Ecuador presentó un incremento de accidentes de tránsito en el año 2013, de tal forma que en enero de ese año se registraron 2.068 accidentes y en el mes de diciembre del mismo año se reportaron 3.410 accidentes de este tipo, esto representó un aumento de 64,9% en tan solo un año, las principales provincias con este problemática social son Guayas, Pichincha y Manabí, con el 37%, 20% y 5% respectivamente. A nivel nacional el 49% de los accidentes se dan por la impericia o imprudencia del conductor, la embriaguez y la impericia del peatón son también otros factores principales para lamentar estos accidentes, con el 8% cada uno de ellos, el exceso de velocidad es el cuarto factor con un 7%. También en [9] se presentó que existieron 22.573 personas heridas y 2.277 fallecimientos a causa de accidentes de tránsito.

El comportamiento antes mencionado se da en todas los cantones del Ecuador, Ambato no es la excepción, a partir del mes de enero del año 2013, las competencias de Tránsito y Movilidad son asumidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del Cantón Ambato, razón por la cual esta institución se vincula al SIS ECU911 AMBATO, coordinando las alertas ¹ y son atendidas en la zona de cobertura que comprenden las Provincias de: *Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza*. Otros factores que agravan el problema es que para cubrir el cantón Ambato existe una falta de dotación de recurso humano y vehicular, inadecuada ubicación de los recursos en el territorio lo cual causa un incremento en el tiempo de respuesta al acudir al llamado de la población.

2.3. Preguntas básicas

¿Por qué se origina?

Principalmente por la impericia del conductor, ingesta de alcohol al momento de conducir un vehículo, exceso de velocidad en zonas residenciales e imprudencia del peatón.

¿Qué lo origina? La inexistencia de herramientas tecnológicas con información local y de fácil manejo.

¿Dónde se origina?

En la zona urbana de la Ciudad de Ambato, principalmente en calles que son amplias y permiten sobrepasar el límite de velocidad, aquellas que poseen poca señalética y además en las calles que presentan una importante congestión vehicular.

2.4. Formulación de meta

Desarrollar un paquete en el software estadístico R que permita pronosticar las emergencias producidas por accidentes de tránsito.

2.5. Objetivos

Objetivo general.- Desarrollar un paquete en R que permita identificar conflictividad y temporalidad de accidentes de tránsito graves en la zona urbana de la ciudad de Ambato.

Objetivos específicos.-

1. Depurar y utilizar datos históricos cuantitativos y cualitativos reportados al SIS ECU911 AMBATO como accidentes de tránsito.

¹ Alerta: Todo llamada telefónica que la ciudadanía reporta marcando el 9-1-1, utilizando el aplicativo Smartphone o recepción de video vigilancia en el SIS ECU911 AMBATO

2. Diagnosticar la frecuencia y lugares de ocurrencia de accidentes de tránsito en las carreteras de la zona urbana de la ciudad de Ambato.
3. Formular funciones específicas que permitan pronosticar puntos georreferenciados en las carreteras de la zona urbana de la ciudad de Ambato.
4. Desarrollar un paquete en el software R para pronosticar emergencias de accidentes de tránsito graves dentro de la zona urbana de la ciudad de Ambato.

2.6. Delimitación funcional

Pregunta 1. ¿Qué será capaz de hacer el producto final del trabajo de titulación?

- Permitirá analizar escenarios de ocurrencia de accidentes de tráfico según las variables que se estudien para monitorear estos escenarios.
- La principal funcionalidad del paquete elaborado es que será capaz de pronosticar puntos conflictivos con cierto grado de probabilidad de que vuelvan a ocurrir, obtenidos a partir de la información histórica registrada en el SIS ECU911 AMBATO.

Pregunta 2. ¿Qué no será capaz de hacer el producto final del trabajo de titulación?

- No respalda automáticamente los resultados obtenidos al momento de correr el paquete.
- No utiliza variantes del modelo Kriging que no sea el modelo Ordinario.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Servicio Integrado de Seguridad ECU911 Ambato

3.1.1. Creación e Instituciones de coordinación

Acorde a lo estipulado en [6] emitido por el Presidente constitucional del Ecuador, Economista Rafael Correa, en su " *Artículo 1.- El presente Decreto Ejecutivo tiene por objeto regular la implementación del Servicio de Seguridad Ciudadana ECU-911, como herramienta tecnológica integradora de los servicios de emergencia que prestan los Cuerpos de Bomberos, las Fuerzas Armadas, la Policía Nacional e instituciones que conforman el Sistema Nacional de Salud*", además que mediante [5] publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 44 de 25 de julio de 2013, " *el señor Presidente Constitucional de la República concede al Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 la calidad de Servicio y por tanto personalidad jurídica como organismo público con autonomía administrativa, operativa y financiera, y jurisdicción nacional, con sede principal en la ciudad de Quito, conformado por centros operativos a nivel nacional*", con estos antecedentes el 27 de diciembre del año 2012 se inaugura el SIS ECU911 AMBATO, con sede en la parroquia Pishilata del cantón Ambato, brindando su servicio a las provincias de Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza a través de su plataforma tecnológica en el servicio de atención de llamadas telefónicas y despacho de emergencias con las instituciones articuladas.

3.1.2. Funcionamiento

La atención brindada por el SIS ECU911 AMBATO es permanente, 365 días del año, siete días, 24 horas al día, el funcionamiento de las atenciones de todo tipo de emergencias inician al reportar cualquier tipo de estas al SIS ECU911 AMBATO, mediante una llamada telefónica, recepción de video vigilancia o a través de los botones de auxilio ubicados en los vehículos de transporte público como buses y taxis a nivel nacional. Esta alerta es receptada y evaluada por personal civil capacitado para determinar si es una alerta real, una vez que se haya confirmado información puntual como el tipo de emergencia, la localización exacta de lugar de la emergencia o una referencia válida, se pasa la información a la entidad de emergencia correspondiente mediante una ficha, la entidad receptora de esa ficha despacha el o los recursos más cercanos a la emergencia reportada, en el caso de requerir

apoyo de otra institución la coordinación la realiza el SIS ECU911 AMBATO en la misma sala operativa, Véase Figura 1.

Figura 1: Funcionamiento operativo del SIS ECU911 AMBATO.



Fuente: SIS ECU 911

3.1.3. Información

Desde su inauguración hasta el 31 de diciembre de 2014, el SIS ECU911 AMBATO atendió 344.451 emergencias, siendo la provincia de Tungurahua la de mayor demanda con el 61,66 % del total de emergencias, el cantón Ambato en esos dos años generó 172.837 emergencias que representan el 81,38 % de emergencias en la Provincia de Tungurahua.

Como se explicó en 2.2, la competencia de Tránsito y Movilidad fue asumida por el GAD Municipal a mediados de mes de enero del año 2014, sin embargo la atención de emergencias de este tipo en la ciudad totalizaron 12.107, Véase Tabla 1.

Existen cuatro tipos de claves para la atención de emergencias como son la roja, naranja, amarilla y verde, todas estas se las toma acorde a la gravedad de la emergencia reportada siendo:

- Clave Roja.- Son todas aquellas emergencias donde la vida humana se encuentra en alto riesgo de perderla, atención inmediata.
- Clave Naranja.- La atención debe ser rápida pues la vida de una persona se encuentra en riesgo.
- Clave Amarilla.- Emergencias que requieren ser atendidas oportunamente pero no se encuentra en riesgo la integridad de ninguna persona.

- Clave Verde.- Es una atención que no requiere de atención inmediata, sin embargo tiene que ser gestionada y atendida.

Tabla 1: Total de emergencias de Tránsito y Movilidad por clave, según mes de ocurrencia.

AÑO	MES	ROJA	NARANJA	AMARILLA	VERDE	TOTAL	%
2014	Enero	20	67	38	39	164	1,35 %
	Febrero	133	382	219	160	894	7,38 %
	Marzo	174	478	288	152	1.092	9,02 %
	Abril	142	499	220	209	1.070	8,84 %
	Mayo	198	538	273	226	1.235	10,20 %
	Junio	186	500	203	170	1.059	8,75 %
	Julio	297	299	162	224	982	8,11 %
	Agosto	318	327	159	236	1.040	8,59 %
	Septiembre	289	270	175	319	1.053	8,70 %
	Octubre	271	341	211	337	1.160	9,58 %
	Noviembre	259	339	222	301	1.121	9,26 %
	Diciembre	283	355	238	361	1.237	10,22 %
	TOTAL	2.570	4.395	2.408	2.734	12.107	100 %

Fuente: Elaboración propia

3.2. Sistema de Información

3.2.1. Georreferenciación

En el Ecuador por su diversidad geográfica no existe una cobertura total de territorio con el servicio de telefonía móvil, mucho menos la telefonía fija, según [10], en el año 2011 el 39,9% de hogares cuentan con telefonía fija a nivel nacional, mientras que en telefonía móvil el porcentaje es de 78,8%, en este mismo estudio refiere que el 8,4% de la población tiene un smartphone.

Con estos antecedentes, actualmente es imposible poder localizar de forma automática a los alertantes que se comunican por llamadas telefónicas, que en el año 2014 fue el 91,93% de alertas, por esta razón se tiene que preguntar la ubicación exacta para poder identificar el lugar de donde procede la alerta, las capas shape ¹ cargadas en el SIS ECU911 AMBATO tienen muy buena información de direcciones y puntos de referencia en el área urbana, sin embargo en el área rural hay mucha información faltante, por lo tanto los datos que se encuentran georreferenciados en el

¹ Es un formato creado por la empresa ESRI de datos espaciales con información georreferenciada y atributos que pueden ser personalizados.

área rural es información aproximada del lugar real de ocurrencia, por este inconveniente el lugar de estudio se lo trabaja a nivel urbano.

3.3. Software R

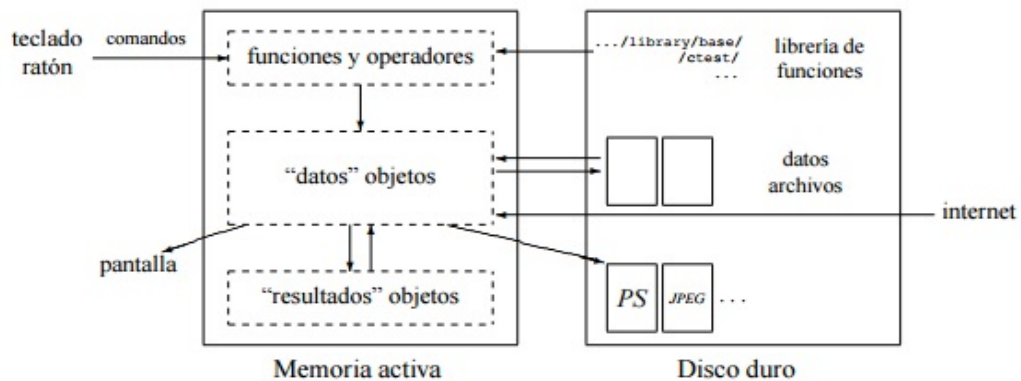
3.3.1. Historia

A mediados de los años 70 John Chambers y otros miembros de Laboratorios Bell fueron las personas que generaron un programa llamado "S", originalmente basado en librerías de Fortran, esa primera versión no contenía funciones de modelamiento estadístico. A partir de la versión 2 lanzada por el año 1988 se implementa el análisis funcional, sin embargo a partir del año 1998, en la versión 3, es cuando se relaciona a la versión 3.1.3 de uso actual. La interacción existente entre programas de procesamiento de información y aquellos softwares que representan un conjunto de datos geográficos, van en aumento, sin embargo poseen diferentes características y ventajas. El software utilizado para la generación de esta investigación es R con sus paquetes.

3.3.2. ¿Qué es un paquete en R?

Es el almacenamiento de una o varias funciones, líneas de código de programación, en un solo archivo el cual es fácil de utilizar y compartir, posee información básica del modo de uso y los parámetros necesarios para su funcionamiento, existen paquetes simples y otros muy complejos, que realizan diversidad de análisis estadístico y gráfico, poseen algo en común, se los trabaja mediante algoritmos que pueden ser compartidos con la finalidad de que se puedan mejorar o corregir si es el caso. Además el esquema del funcionamiento que tiene R bajo cualquier sistema operativo se puede visualizar en la Figura 2

Figura 2: Esquema de funcionamiento de R



Fuente: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/rdebut.es.pdf>

3.3.3. Ventajas e inconvenientes de R

Una de las grandes ventajas que posee R, es que por ser Open Source tiene un sin número de contribuciones y mejoras a sus paquetes, es decir que a nivel mundial cualquier persona con conocimiento en el lenguaje de programación R, puede elaborar su propio paquete acorde a sus necesidades o a su vez mejorar uno ya existente. Sin embargo cabe mencionar que como todo gran proyecto, R presenta beneficios y ciertas dificultades, entre las principales ventajas e inconvenientes que presenta el Software R se las presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Principales ventajas e inconvenientes de R

Atributos	Ventajas	Inconvenientes
Creación y utilización de Paquetes	Apoyo constante en blogs y redes sociales.	Confusión por la existencia de infinidad de paquetes.
Interfaz del usuario	Línea de comandos permite una rápida descripción del flujo de trabajo.	El aprendizaje del lenguaje de R es complejo y confuso al principio.
Visualización de datos	Gráficos sofisticados y personalizables.	Un lienzo nada dinámico y mucho menos amigable.
Selección de datos	Método conciso, coherente e intuitivo.	Difícil para seleccionar dinámicamente cualquier tipo de objeto.
Manipulación de datos	Amplia gama de funciones a través de paquetes adicionales.	Procesamiento en un solo núcleo lo cual vuelve lenta a la PC.
Análisis y modelado de datos	Procesamiento y análisis de modelado integrado.	A veces más de una solución compleja disponible.

Fuente: Elaboración propia

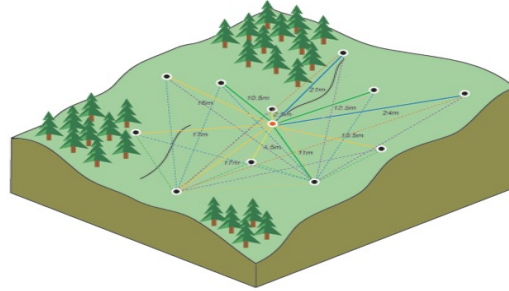
3.4. Definiciones y conceptos

3.4.1. Modelo Kriging Ordinario de predicción Espacio-Tiempo

Estos modelos pueden ser presentados en un modelo jerárquico, acorde a lo que se menciona en [7] y [15], el cual especifica la distribución de datos, procesos y parámetros en tres etapas, permitiendo modelar información en un intervalo de tiempo en el cual exista conflictividad, sin necesidad de tener que modelar lo que se encuentre fuera del intervalo de interés. Uno de los modelos de mayor utilización es el Método de Kriging, modelo continuo de variación espacial estocástica que por su facilidad de aplicación es un modelo apropiado para interpolación basado en puntos geo espaciales dispersos, tal como lo muestra la Figura 3, donde cada valor x_α tiene una salida $Z(x_\alpha)$ como una variable aleatoria. Existen tres variantes de los modelos Kriging, como son los modelos Simple, Ordinario y Universal, sin embargo el modelo a ser utilizado en esta investigación es el modelo de Kriging Ordinario, por su aplicabilidad y facilidad al momento de interpretar los resultados alcanzados.

El principal objetivo de este modelo es estimar valores de uno o más puntos donde no se tiene información específica basada en información espacial recopilada.

Figura 3: Funcionamiento del modelo Kriging Ordinario.



Fuente: Elaboración propia

La ecuación general del modelo de Kriging Ordinario está definida por:

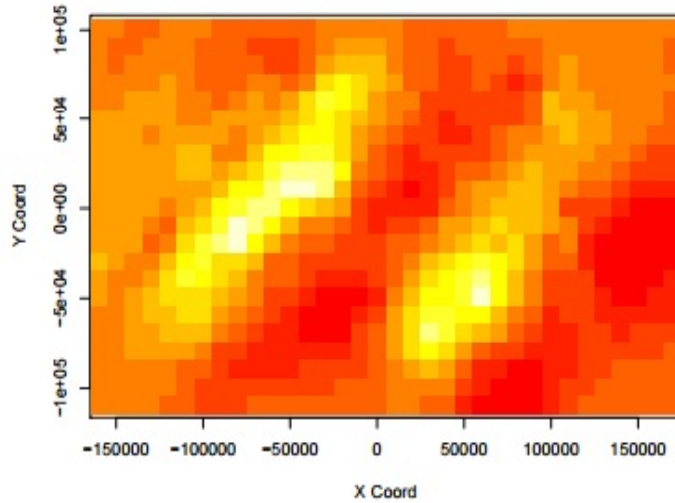
$$Z^*(X_0) = \sum_{\alpha=1}^n \omega_\alpha Z(X_\alpha), \quad (3.1)$$

Donde para estimar $Z(X_0)$ en X_0 , usando valores $Z(X_\alpha)$, de n puntos muestrales cercanos a X_α y realizando una combinación lineal con pesos ω_α . Además la varianza de la estimación para este modelo es:

$$\sigma^2 = \mu - \gamma(X_\alpha - X_0) + \sum_{\alpha=1}^n \omega_\alpha \gamma(X_\alpha - X_0), \quad (3.2)$$

Este modelo utiliza grillas para predecir los valores cercanos a los valores recolectados, tal como se puede apreciar en la **Figura 4**.

Figura 4: Modelo Espacio Temporal utilizando R



Fuente: <http://streaming.stat.iastate.edu/stat506/notes/ordkrigeexamp.pdf>

Además de esta Figura 4, es posible obtener otro tipo de información acorde al modelo Kriging, como son los gráficos de contorno y de perspectiva, como se muestra en la **Figura 5** y la **Figura 6** respectivamente. Este tipo de gráficos ayudan a comprender de mejor manera el comportamiento que la variable en análisis tiene en la distribución espacial existente en los accidentes de tránsito para esta investigación en particular.

Figura 5: Contorno utilizando el modelo Kriging

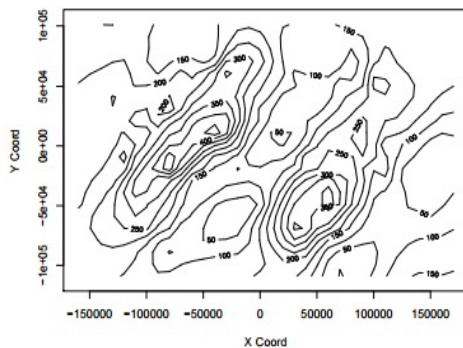
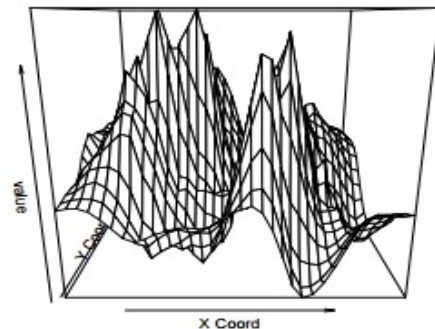


Figura 6: Perspectiva utilizando el modelo Kriging



Fuente: <http://streaming.stat.iastate.edu/stat506/notes/ordkrigeexamp.pdf>

3.4.2. Geoestadística

Según lo indicado en [3] la geoestadística originalmente implica estadísticas descriptivas relativas a la Tierra, sin embargo este término recientemente se ha utilizado para variedad de disciplinas, agricultura principalmente, además de la meteorología, geología, minería y para realizar excavaciones de petróleo, también en estos últimos años está siendo explotada al máximo, con el desarrollo de procesadores mucho más eficientes que pueden procesar una vasta cantidad de información en menor tiempo y sobre todo que esta información puede ser cargada, procesada y analizada en un equipo portátil sin inconveniente alguno.

Esta rama identifica patrones de comportamiento en el tiempo y espacio, con la finalidad de predecir con un alto grado de acierto diferentes fenómenos climáticos, sociales, efectos antropogénicos, entre otros, basados en variables exógenas que permiten realizar modelos ajustados a la realidad.

3.4.3. Accidentes de Tránsito

También conocido como accidente de tráfico o vial, es todo incidente en el cual existe un perjuicio a una persona o bien material a causa de una acción irresponsable o imprudente de un peatón o conductor, este tipo de incidentes también pueden ser ocasionados por fallas mecánicas de cualquier automotor, además de condiciones ambientales o viales.

Existen accidentes de tránsito leves y graves, caracterizando al primero en aquellos donde generalmente existen daños materiales o las heridas producidas a una persona no ponen en riesgo la vida humana, mientras tanto los accidentes de tráfico categorizados como graves son aquellos en los cuales existe un peligro eminente en la integridad de una o varias personas, llegando a tener incluso víctimas mortales a causa de esta problemática.

Los accidentes de tránsito que van a ser estudiados son aquellos considerados como graves (clave roja) cuya conceptualización ha sido tomada de [4] y se detallan a continuación:

- **Atropello.-** *”Es la acción por la cual un vehículo golpea o derriba a una persona o animal y causa la muerte.”*
- **Arrollamiento.-** *”Es la acción por la cual un vehículo pasa sobre una persona o animal con uno o más de sus ejes y causa la muerte.”*
- **Caída de pasajero.-** *”Es la pérdida del equilibrio de una persona que produce lesiones por una maniobra al subir, transportarse o bajar de un vehículo, causándole la muerte.”*
- **Choque.-** *”Es un hecho involuntario e imprevisto, que involucra a uno o más vehículos, que*

ocasiona lesiones o muerte a las personas, daños materiales a la propiedad, y que ocurre en la vía pública o entregada al uso público.”

- **Colisión.-** *”Es el impacto de más de 2 vehículos en movimiento.”*
- **Estrellamiento.-** *”Es el impacto que se produce entre un vehículo en movimiento contra un vehículo que este en reposo (detenido su marcha o estacionado) o contra un objeto fijo.”*
- **Pérdida de pista.-** *”Es la salida del vehículo de la vía de circulación, que generalmente suele terminar en volcamiento lateral, con personas heridas y fallecidas.”*
- **Volcamiento.-** *”Es la pérdida de la posición normal de un vehículo realizando giros por unos de sus laterales, con personas heridas y fallecidas.”*

3.5. Estado del Arte

Una buena práctica que se tiene para pronosticar el comportamiento de incidentes es el que se realiza la Policía de Memphis [8], Estados Unidos, a partir del año 2005 donde se asocia el Departamento de Criminología y Justicia Penal de la universidad local de ese estado y IBM SPSS, desarrollando un sistema de análisis predictivo denominado Blue CRUSH (Criminal Reduction Utilizing Statistical History), cuyo objetivo es claro, reducir considerablemente la delincuencia, basado en patrones de comportamientos delincuenciales y al ampliar su territorio de cobertura sin incrementar el personal operativo. Esto demuestra que con una correcta utilización de la información se pueden lograr objetivos macro para el bienestar de la colectividad.

La Policía Nacional ecuatoriana ha logrado conocer de primera mano las bondades que tiene el georreferenciar el delito y trabajar con información descriptiva tanto analítica como gráfica de mapas calientes ², esta entidad actualmente utiliza el sistema DAVID, creado en julio del 2011 y direccionado por el Ministerio del Interior, este sistema permite organizar, analizar, evaluar, presentar e interpretar información georreferenciada de los delitos denunciados en las Fiscalías a nivel nacional y los partes levantados por personal operativo en campo, sin embargo y a pesar de que este sistema ha logrado planificar de mejor manera los operativos policiales e incrementar su efectividad no tiene la capacidad de mostrar patrones de comportamiento y menos aún brindar pronósticos de posibles emergencias a presentarse en un futuro mediato.

En el cantón Ambato actualmente no hay estudios que permitan pronosticar ningún tipo de emergencia, sin embargo una de las ventajas que se presenta en la Zona 3, Provincia de Pastaza,

² También conocido como hotspot, es un mapa temático en el cual se encuentra identificado por colores la conflictividad existente en una área geográfica determinada y que es de interés de estudio

Cotopaxi y Tungurahua, es que el SIS ECU911 AMBATO recolecta información de todo tipo de emergencias, sin embargo a partir de enero del año 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato (GAD Ambato) asumió las competencias de Tránsito, por lo que es una entidad relativamente nueva, la coordinación existente entre esta entidad y el SIS ECU911 AMBATO es de vital importancia pues todas las emergencias reportadas y atendidas por esta entidad son georreferenciadas, lo que permite agilizar la obtención de datos y obtener de primera mano información que puede ser modelada acorde a lo detallado en 3.4.1.

Capítulo 4

Metodología

4.1. Diagnóstico

Según lo mencionado al inicio del **Capítulo 2**, la información que se utiliza para la presente investigación es aquella que fue reportada en el último semestre del año anterior, julio a diciembre de 2014, por motivo que el **GAD Ambato** inicio sus operaciones en el SIS ECU911 Ambato en enero de ese mismo año, y se excluye la información antes de julio de ese año por motivos que el personal de consola se encontraba en la curva de aprendizaje, lo cual puede ocasionar una alta probabilidad de errores al momento de registrar información en el sistema. Además han sido tomadas todas las emergencias relacionadas con accidentes de tránsito, las cuales fueron clave roja, es decir aquellas en las que se requiere una atención inmediata por parte de la institución responsable, Agencia de Tránsito y Movilidad del Cantón Ambato. La información del año 2015 no es considerada porque al momento de realizar la presente investigación existió un cambio de categorías a nivel de sistema, dispuesto a nivel nacional en todos los ECUs, lo cual difiere en la información histórica del año 2014.

4.2. Método(s) aplicado(s)

Para el desarrollo del paquete en el Software R, la fuente principal fue la información georreferenciada de accidentes de tránsito ocurridos en la zona urbana de la ciudad de Ambato, de julio a diciembre del año 2014 y que se encuentra en los registros del SIS ECU911 AMBATO, sin embargo la metodología aplicada para la obtención de este desarrollo está basado en [2] y [11].

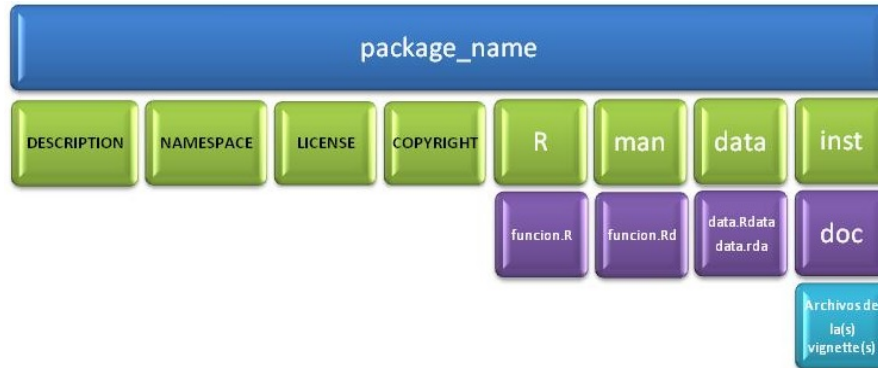
Antes del desarrollo del paquete como tal, se realizó una depuración de la base de datos que es utilizada para la construcción de los mapas con el modelo Kriging Ordinario ¹, para dicha depuración se utilizó la hoja de cálculo Excel, pudiendo encontrar datos atípicos, los cuales no fueron considerados en el modelo, también se pudieron identificar casos sin información en las variables de interés, por tal razón fueron excluidos del grupo de datos analizados.

Para la construcción del modelo **KO** se utilizó paquetes de soporte como son [13] y [14], estos paquetes brindan herramientas ya desarrolladas con anterioridad y permiten interactuar con otros

¹ Según [1], "es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z "

paquetes, que es una de las principales ventajas que tiene R, acorde a lo mencionado en 3.3.3. Además la estructura básica del paquete desarrollado fue tomado de [12], que se muestra en la Figura 7.

Figura 7: Estructura de la creación de un Paquete en R



Fuente: <https://rparatodos.wordpress.com/paquetes/crear-paquete/estructura/>

Una vez se tiene las funciones necesarias para realizar el modelo de KO, se procede a crear una carpeta con el mismo nombre del paquete, Atpa en nuestro caso, en esa carpeta a su vez se alojan los archivos DESCRIPTION, LICENSE, COPYRIGHT, NAMESPACE, entre otros, así se tiene:

- En la carpeta **R**, se asignan todas las funciones necesarias para correr el programa, cuyo nombre se lo plantea "*nombre de la funcion.R*", en el caso que no se desee mostrar funciones adicionales pueden ir en el archivo de otra función.
- En la carpeta **man** se encuentran todos los archivos relacionados con la ayuda o también conocido como "*Manual de Referencia*" del paquete. Para apoyo adicional se recomienda revisar [16].
- La carpeta **data** tiene todos los ficheros de datos que se quieran incorporar para ejemplarizar el paquete.
- En el interior de la carpeta **inst** constan aquellos ficheros que se desean instalar conjuntamente con el paquete, se puede incluir un archivo CITATION, cuya función es citar un paquete utilizado como apoyo al desarrollo del paquete generado.

De todos los archivos los que no pueden faltar son:

- DESCRIPTION.- Este fichero toma toda la información del paquete desarrollado, por ejemplo contiene el nombre del o los autores, versión, título, una breve descripción, para mayor información revisar [16] en el apartado 1.1.1.

- NAMESPACE.- Aquí se mencionan todos los objetos que van a ser exportados o importados del paquete.
- LICENSE.- Es necesaria para informar al usuario la correcta utilización del paquete.

4.3. Materiales y herramientas

4.3.1. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo del paquete principalmente son:

Tabla 3: Principales Materiales utilizadas

Material	Característica	Observación
Computador	Alta capacidad y rendimiento del procesador E5-1680 v2 de 8 núcleos	Work Station para el cálculo del modelo KO
Monitor	Alta resolución con Resolución nativa 1920 x 1080 y Tamaño de píxel 0,248 mm.	Identificar gama de colores
Servicio de alojamiento en la nube con Dropbox	Portabilidad de la información	Por el riesgo de perder la información generada

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Herramientas

Mientras que las principales herramientas utilizadas para el desarrollo del paquete son:

Tabla 4: Principales Herramientas utilizadas

Herramienta	Característica	Observación
Hoja Electrónica	Microsoft Excel	Facilidad para procesamiento y depuración de información
Software Estadístico	R studio	Facilidad en desarrollo de las funciones para el paquete
Procesador de Texto	WinEdt	Facilidad en la creación y edición de archivos .tex

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5

Resultados

5.1. Descripción de la base de datos

Una vez elaborado el paquete y levantada la base de datos como se puede observar en la Tabla 5, se da a conocer la descripción de cada una de las cinco variables que intervinieron en el estudio.

Tabla 5: Accidentes de tránsito reportados en las parroquias urbanas de la Ciudad de Ambato

s.index	Longitude	Latitude	Emergencias	Month
17	-78.622693	-1.267614	1	7
17	-78.622693	-1.267614	1	9
17	-78.628152	-1.265368	1	8
17	-78.628152	-1.265368	1	12
17	-78.628152	-1.265368	1	11
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	9
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	7
17	-78.628152	-1.265368	1	8
17	-78.628152	-1.265368	1	8
17	-78.628152	-1.265368	1	8
17	-78.628152	-1.265368	1	8
17	-78.628152	-1.265368	1	9
17	-78.628152	-1.265368	1	9
17	-78.628152	-1.265368	1	10
17	-78.628152	-1.265368	1	10
17	-78.628152	-1.265368	1	10
17	-78.628152	-1.265368	1	12
...

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- **s.index.**- Corresponde a un índice de sector, en este caso las parroquias urbanas que pertenecen

a la ciudad de Ambato.

- **Longitude.-** Coordenada de longitud según la ubicación que el alertante mencionó al reportar su emergencia.
- **Latitude.-** Coordenada de latitud según la ubicación que el alertante mencionó al reportar su emergencia.
- **Emergencias.-** Frecuencias de emergencias ocurridas en el punto georreferenciado por parte del evaluador de llamadas ¹ que atendió la emergencia.
- **Month.-** Mes de ocurrencia del accidente de tránsito y que fue reportado de forma inmediata al SIS ECU911 AMBATO.

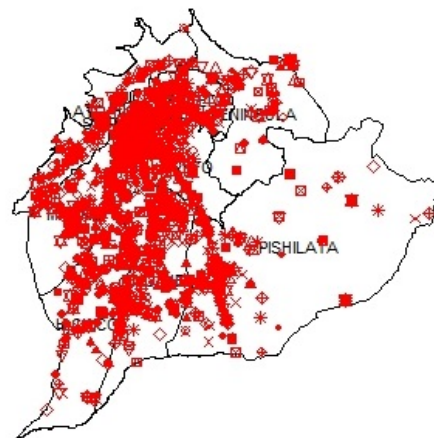
5.1.1. Aplicación del Paquete Atpa

La aplicación del paquete Atpa se realiza con la información recabada en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, como se puede apreciar en la Figura 8 y el total de accidentes graves que se han presentado en el semestre de julio a diciembre del año 2014 son 1.717 accidentes atendidos, se la puede revisar en la Figura 9.

Figura 8: Parroquias urbanas de la ciudad de Ambato



Figura 9: Accidentes de Tránsito en la ciudad de Ambato



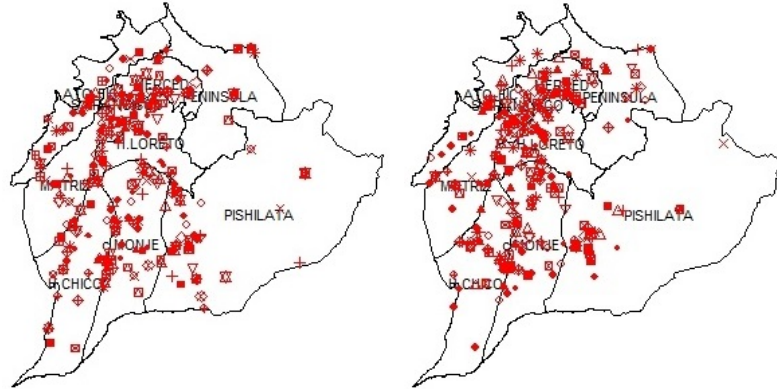
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo si se los desea apreciar por cada uno de los meses de ocurrencia se puede revisar la Figura 10, donde los íconos representan cada uno de los accidentes de tránsito ocurridos en las

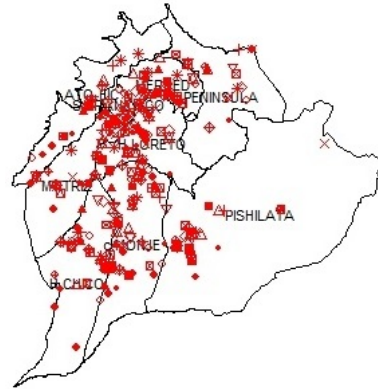
¹ Un evaluador de llamadas es la persona que contesta la llamada al marcar el 911 y labora en el SIS ECU911 AMBATO

diferentes parroquias urbanas de la ciudad, esto con la finalidad de identificar gráficamente los lugares donde ocurrieron los accidentes de tránsito y en los diferentes meses de estudio.

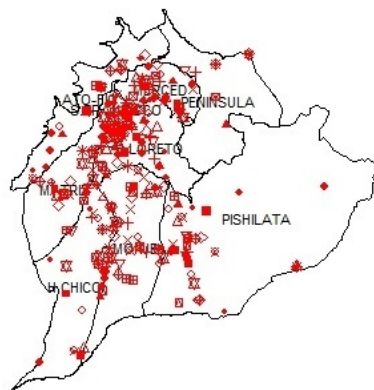
Figura 10: Accidentes de tránsito en Ambato por mes de ocurrencia, año 2014



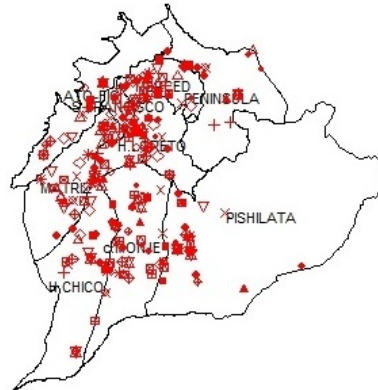
(a) Accidentes en Julio, 297



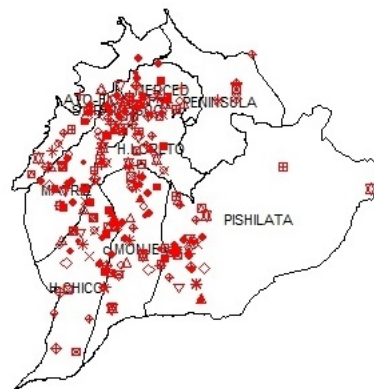
(b) Accidentes en Agosto, 318



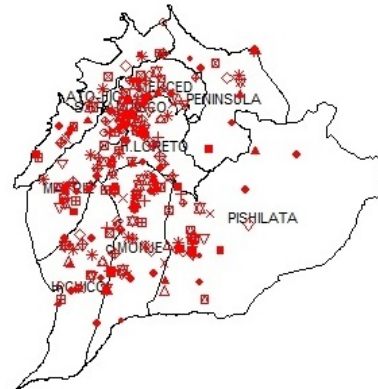
(c) Accidentes en Septiembre, 289



(d) Accidentes en Octubre, 271



(e) Accidentes en Noviembre, 259



(f) Accidentes en Diciembre, 283

Fuente: Elaboración propia

Los accidentes que han sido reportados al SIS ECU911 AMBATO, prácticamente han ocurrido en todas las parroquias urbanas de la ciudad, Véase **Tabla 6**, donde las cuatro principales parroquias urbanas que aportaron en mayor medida fueron Celiano Monje, Pishilata, Huachi Loreto y La Matriz, totalizando el 58.6%. Además las avenidas Bolivariana y Guaytambos son las más marcadas en todo el semestre de estudio, Véase Figura 9. Sin embargo con esta información analítica es imposible determinar lugares altamente conflictivos y donde se puede aplicar correctivos para reducir estas emergencias.

Tabla 6: Accidentes de Tránsito por mes, según parroquia urbana de ocurrencia (Clave Roja)

Parroquia Urbana	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Porcentaje
CELIANO MONJE	48	63	47	38	44	60	300	17.5 %
PISHILATA	51	40	45	31	41	37	245	14.3 %
HUACHI LORETO	39	43	42	48	23	37	232	13.5 %
LA MATRIZ	38	32	44	40	44	32	230	13.4 %
HUACHI CHICO	35	47	29	35	38	35	219	12.8 %
LA MERCED	31	36	33	30	26	27	183	10.7 %
ATOCHA-FICOA	31	23	20	22	18	21	135	7.9 %
SAN FRANCISCO	12	14	20	11	18	19	94	5.5 %
LA PENÍNSULA	12	20	9	16	7	15	79	4.6 %
Total	297	318	289	271	259	283	1,717	100 %

Fuente: Elaboración propia

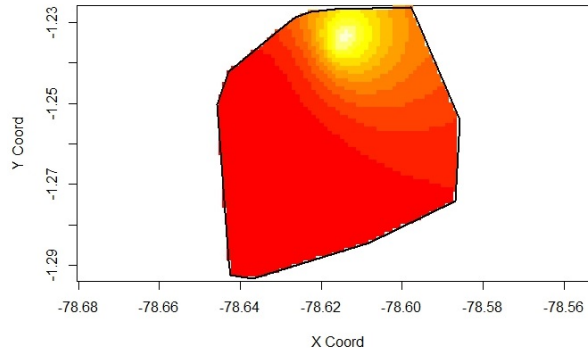
Para aplicar el paquete Atpa se segregará la información por cada uno de los meses de estudio para analizar el comportamiento de los accidentes de tránsito ocurridos en las parroquias urbanas de la ciudad, además la variable a ser utilizada para la predicción de los mismos será "*Emergencias*", variable que presenta la frecuencia de accidentes de tránsito atendidos.

Por tal razón se hace imperioso poder contar con la herramienta desarrollada en este trabajo y cuyos resultados son presentados a continuación:

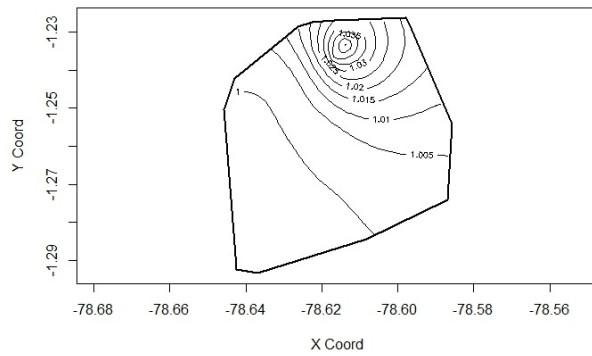
5.1.1.1. Resultados de Atpa en el mes de Julio

Como se puede apreciar en la Figura 11 la concentración de los accidentes de tránsito se dieron en la parte norte de la ciudad, La Merced, pues se puede observar una alta concentración de puntos en esa parroquia urbana, además se puede identificar que en el resto de la ciudad existe una baja accidentabilidad reportada al SIS ECU911 AMBATO.

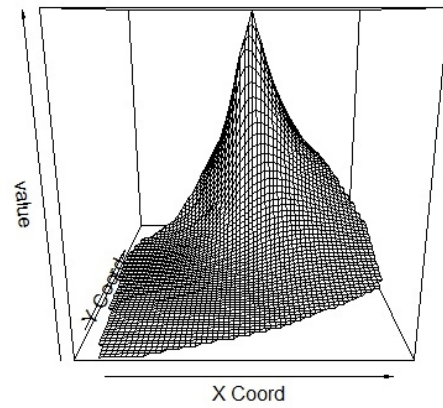
Figura 11: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Julio 2014



(a) Imagen aplicado Kriging



(b) Contorno de emergencias atendidas



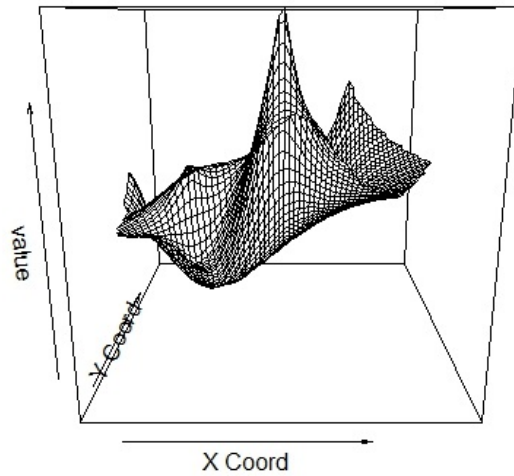
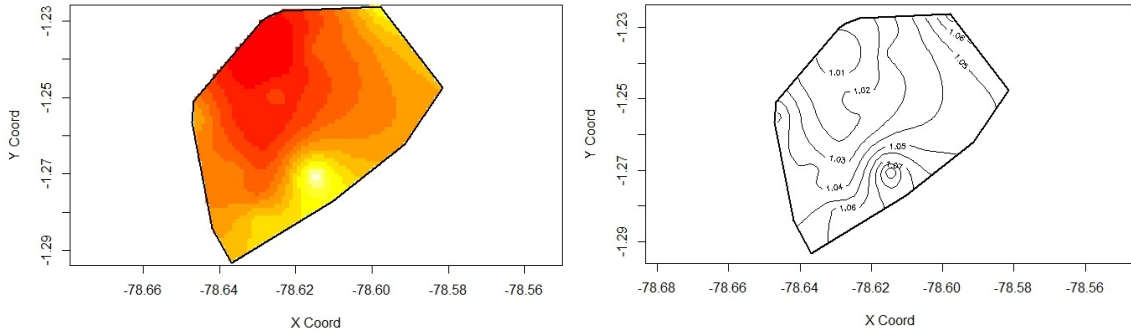
(c) Perspectiva aplicada con Kriging

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2. Resultados de Atpa en el mes de Agosto

Para este mes se puede apreciar que cambia el comportamiento de los lugares con mayor acci-
dentabilidad en las parroquias urbanas, siendo Pishilata y el norte de La Matriz son las parroquias
urbanas con mayor cantidad de emergencias por accidentes de tránsito, tal como se puede observar
en la Figura 12.

Figura 12: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Agosto 2014

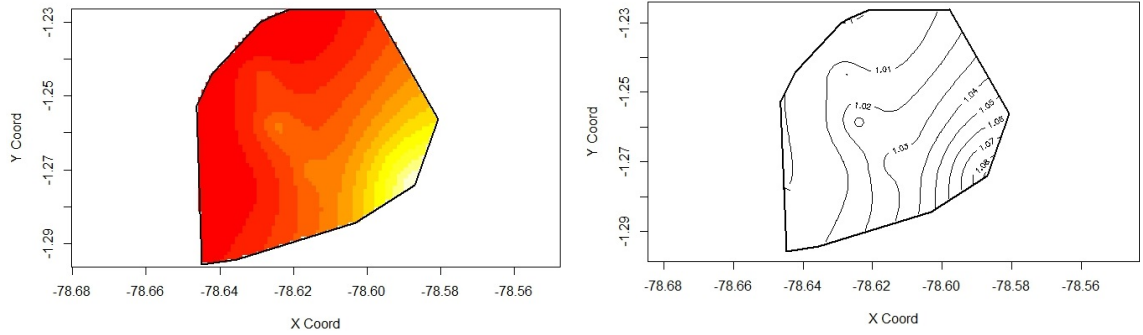


Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3. Resultados de Atpa en el mes de Septiembre

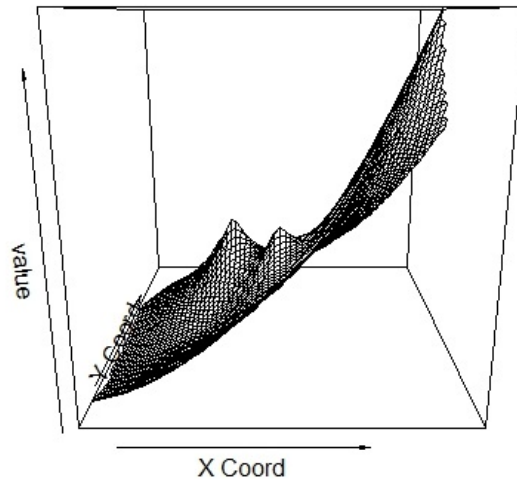
En el mes de septiembre del año 2014 las parroquias urbanas con mayor cantidad de accidentes es nuevamente Pishilata, sin embargo también está Huachi Loreto, aun cuando estas presentaron una alta concentración se puede apreciar que en el centro de la ciudad como son: La Matriz, La Merced y Atocha Ficoa, existen atenciones de estas emergencias, Véase Figura 13.

Figura 13: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Septiembre 2014



(a) Imagen aplicado Kriging

(b) Contorno de emergencias atendidas



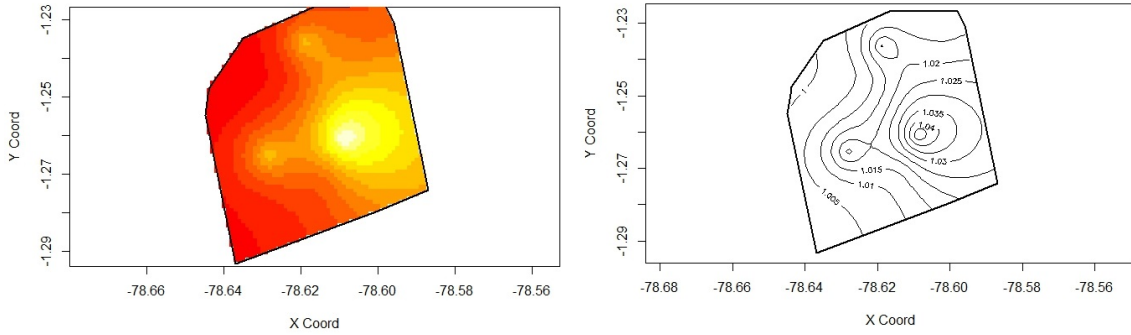
(c) Perspectiva aplicada con Kriging

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4. Resultados de Atpa en el mes de Octubre

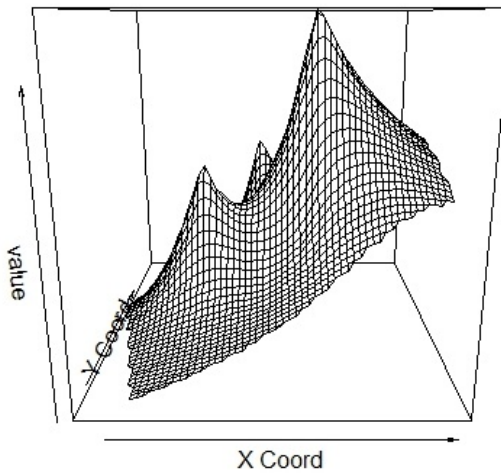
Octubre fue un mes con mucha mayor conflictividad en lo que accidentes de tránsito se refiere, tal es así que se presentan tres puntos conflictivos en toda la ciudad de Ambato, Pishilata, Atocha Ficoa y Huachi Chico, lo cual se puede apreciar mirando el contorno de emergencias atendidas al contrastarla con la imagen y la perspectiva que utiliza el modelo KO de la Figura 14

Figura 14: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Octubre 2014



(a) Imagen aplicado Kriging

(b) Contorno de emergencias atendidas



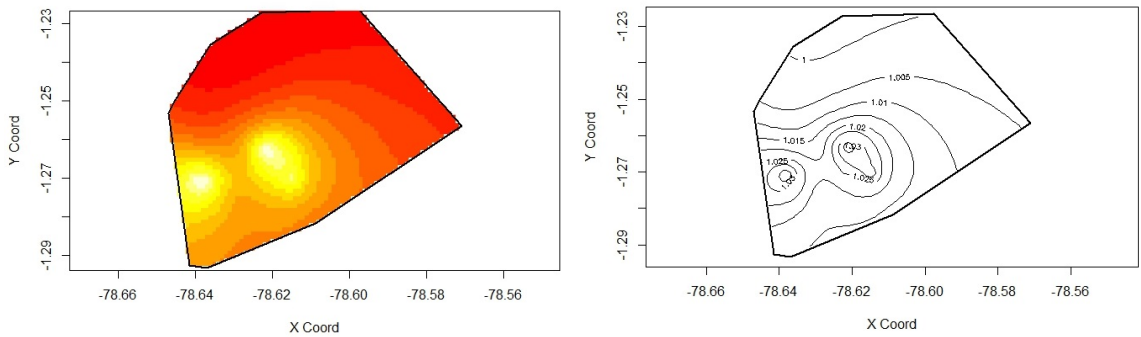
(c) Perspectiva aplicada con Kriging

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.5. Resultados de Atpa en el mes de Noviembre

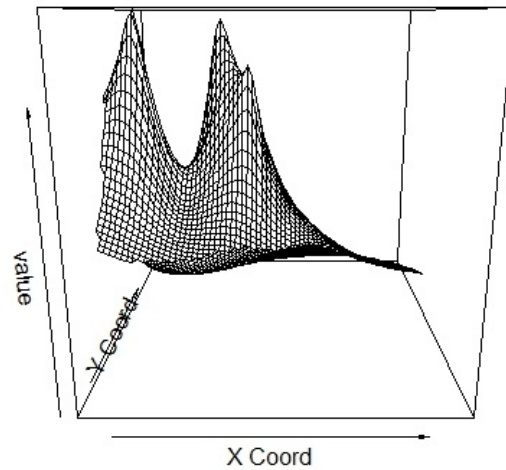
En la Figura 15 perteneciente al mes de Noviembre, claramente permite identificar que uno de los sitios conflictivos ha cambiado completamente, de tal forma que las parroquias urbanas Celiano Monje y nuevamente Huachi Chico presentan una mayor concentración, siendo estos lugares los más influyentes en este mes en cuanto a emergencias atendidas como accidentes de tránsito, Véase Figura 15.

Figura 15: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Noviembre 2014



(a) Imagen aplicado Kriging

(b) Contorno de emergencias atendidas



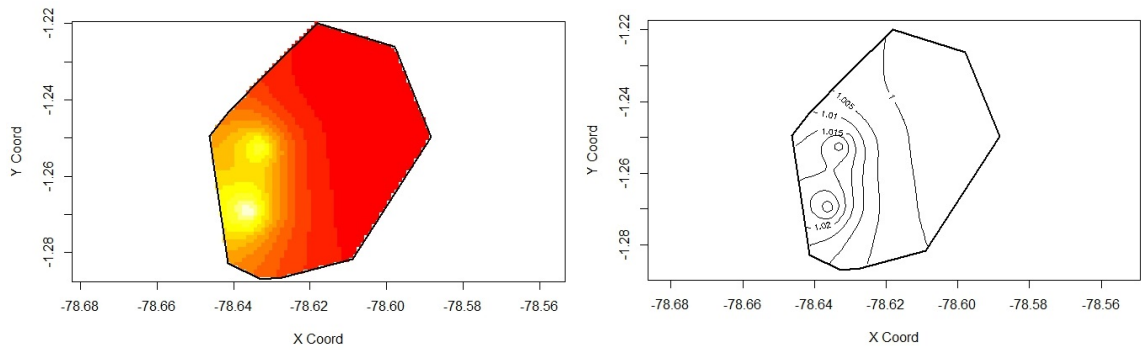
(c) Perspectiva aplicada con Kriging

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.6. Resultados de Atpa en el mes de Diciembre

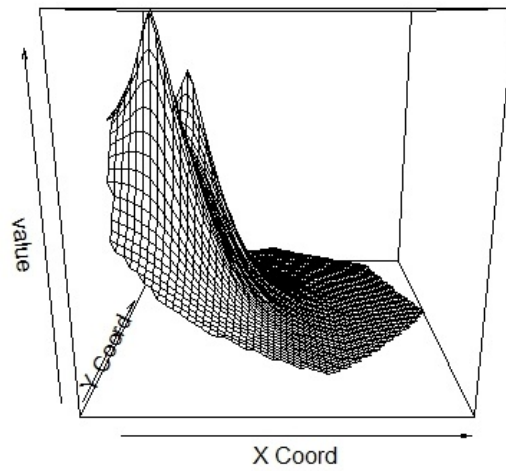
En este último análisis se puede verificar que los accidentes de tránsito se movilizaron completamente a las parroquias urbanas de Huachi Chico y La Matriz, es decir al suroeste de la ciudad, tal como se puede corroborar en la Figura 16

Figura 16: Resultado de aplicación del paquete Atpa mes de Diciembre 2014



(a) Imagen aplicado Kriging

(b) Contorno de emergencias atendidas



(c) Perspectiva aplicada con Kriging

Fuente: Elaboración propia

5.2. Evaluación preliminar

El tener una herramienta que permita conocer los sectores conflictivos para accionar planes correctivos para disminuir o erradicar la problemática de accidentes de tránsito ocurridos en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato es positivo, pues se pueden iniciar y encontrar respuestas a la relación existente entre este tipo de emergencias y las actividades económicas propias de la ciudad de Ambato, cultura vial en conductores y peatones, además de los comportamientos geográficos existentes.

El iniciar y aplicar líneas base en la toma de decisiones para los programas de prevención en accidentes de tránsito es una solución a mediano plazo, mejorar la ubicación de los recursos humanos, materiales y vehiculares es otra solución a corto plazo que puede darse como política del uso correcto y oportuno de este tipo de herramientas.

Sin embargo, la evaluación final que se puede dar a esta herramienta es la que tanto la entidad encargada de controlar el tránsito en el cantón Ambato, como la ciudadanía en particular, dará un alcance definitivo a este tipo de herramientas tecnológicas, el mismo que se puede lograr mediante un trabajo conjunto entre las entidades relacionadas al mejoramiento en el tránsito y movilidad existente en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato.

5.3. Análisis de resultados

Los resultados alcanzados con el desarrollo del paquete que permite identificar perfectamente los sectores conflictivos dentro de las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, además las avenidas Bolivariana y Guaytambos fueron vías que también presentaron un alto grado de conflictividad en cada uno de los meses en estudio, pues acorde a lo revisado en cada uno de los mapas georreferenciados presentados en 5.1.1 específicamente en la Figura 9 y Figura 10, son claramente identificables estas avenidas, todo esto obedece al cumplimiento de lo propuesto en 2.5, pues más allá de tener información que permita tomar decisiones de forma técnica también se deja de lado el juicio subjetivo para decidir los lugares en los cuales se puede generar controles preventivos de todo tipo para mejorar el tránsito y la movilidad en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato.

La particularidad que el paquete Atpa posee es que se convierte en una herramienta tecnológica, capaz de ser utilizada para mejorar la visión macro y micro al momento de entender la problemática de los accidentes de tránsito en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, sin embargo, con la información adecuada puede ser utilizada para otros lugares sin restricción alguna, e incluso ser ocupada en la determinación de otros fenómenos sociales en diferentes períodos de tiempo.

Por último y no menos importante esta herramienta puede ser utilizada por cualquier entidad

gubernamental para mejorar la política pública en varios aspectos tanto sociales como económicos. En el tema de seguridad apoyar al sistema DAVID actualmente utilizado por la Policía Nacional, y en el caso de requerir información y con mayores funcionalidades para que pueda ser utilizado como el sistema Blue CRUSH, mencionado en 3.5, gracias a que el paquete es Open Source y susceptible a mejoramiento continuo por parte de otros usuarios.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Al finalizar el desarrollo del paquete en R, Atpa, se puede mencionar que se ha cumplido con los objetivos planteados al inicio del documento, de esta forma es imperioso e importante mencionar que a través de este paquete se pueden determinar lugares conflictivos de accidentes de tránsito en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato con una periodicidad mensual, además las principales conclusiones del desarrollo del paquete que se han conseguido son:

1. Se utilizó la información cualitativa y cuantitativa del SIS ECU911 AMBATO de forma confiable con la finalidad de mejorar la oportunidad en la prevención de accidentes de tránsito en todas las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato.
2. Se identificó que los accidentes de tránsito no únicamente se focalizan en carreteras de alta velocidad, sino más bien presentan una dinámica sobre todas las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato.
3. Mediante la formulación de las funciones específicas que permitieron crear el paquete Atpa y utilizarlo para identificar sitios vulnerables para los accidentes de tránsito en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato a través del tiempo.
4. Se pudo identificar sectores altamente conflictivos en toda la ciudad de Ambato tales como La Matriz, Pishilata, Huachi Chico, entre otros lugares, sin embargo también se pudo determinar que no necesariamente el factor que puede influir en los accidentes de tránsito es la alta velocidad.

6.2. Recomendaciones

Las principales recomendaciones que se han podido identificar como oportunidades de mejora son:

1. Se sugiere que el GAD mejore y actualice oportunamente la georreferenciación existente en el cantón Ambato y de forma especial en las afueras de la ciudad de Ambato, pues la consecuencia

directa es que el accidente de tránsito ocurrido en lugares donde exista este inconveniente es que no a ser georreferenciado exactamente en el sitio de ocurrencia y esto puede causar mala información y por ende llegar a tomar una decisión inadecuada.

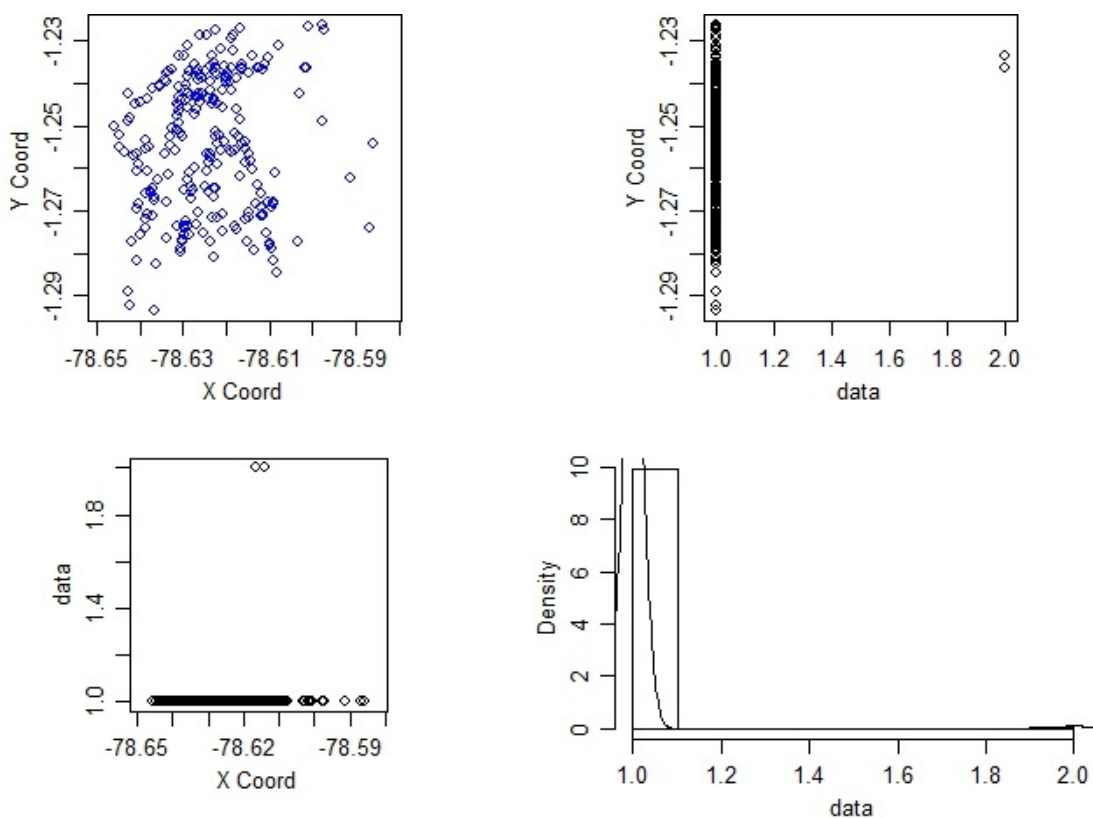
2. Se sugiere fomentar la educación vial y respeto a las señales de tránsito en conductores y peatones de todas las edades, pues los accidentes de tránsito ocurren en todas las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato.
3. Se sugiere utilizar otros periodos de tiempo, por ejemplo semanas o diario, para evaluar la temporalidad de los accidentes, además de agregar más funciones que ayuden a mejorar los resultados o visualizaciones que actualmente tiene el paquete Atpa.

Apéndice A

Distribuciones de puntos georreferenciados

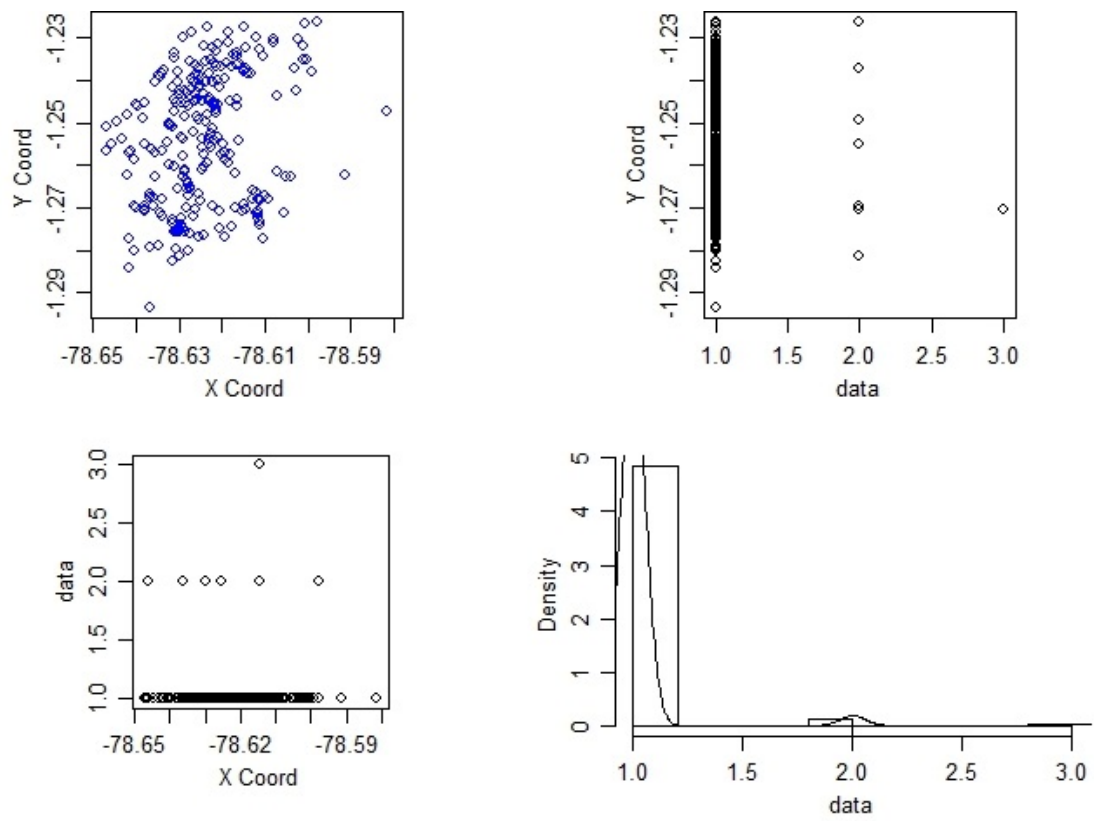
Para conocer la distribución de probabilidad y como es el comportamiento de la información georreferenciada con los datos que existen en los meses en estudio, se presentan gráficos que dan a conocer dicha distribución, así se tiene:

Figura 17: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Julio 2014



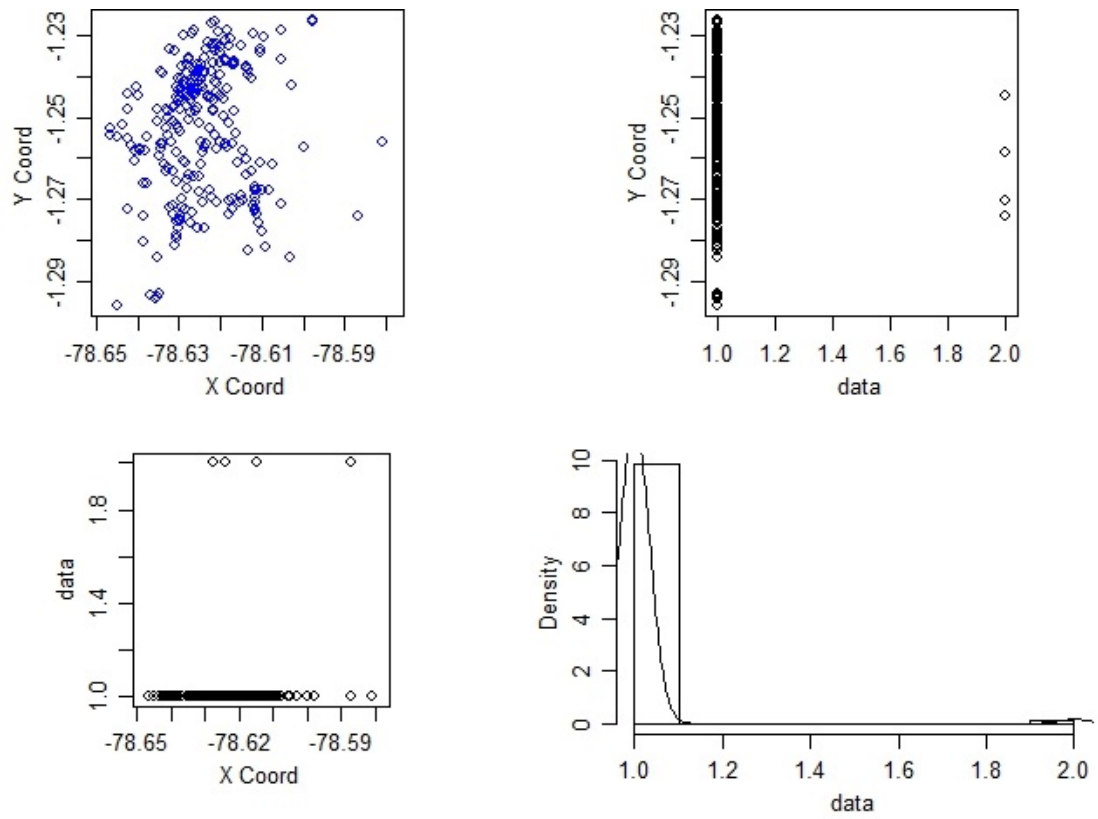
Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Agosto 2014



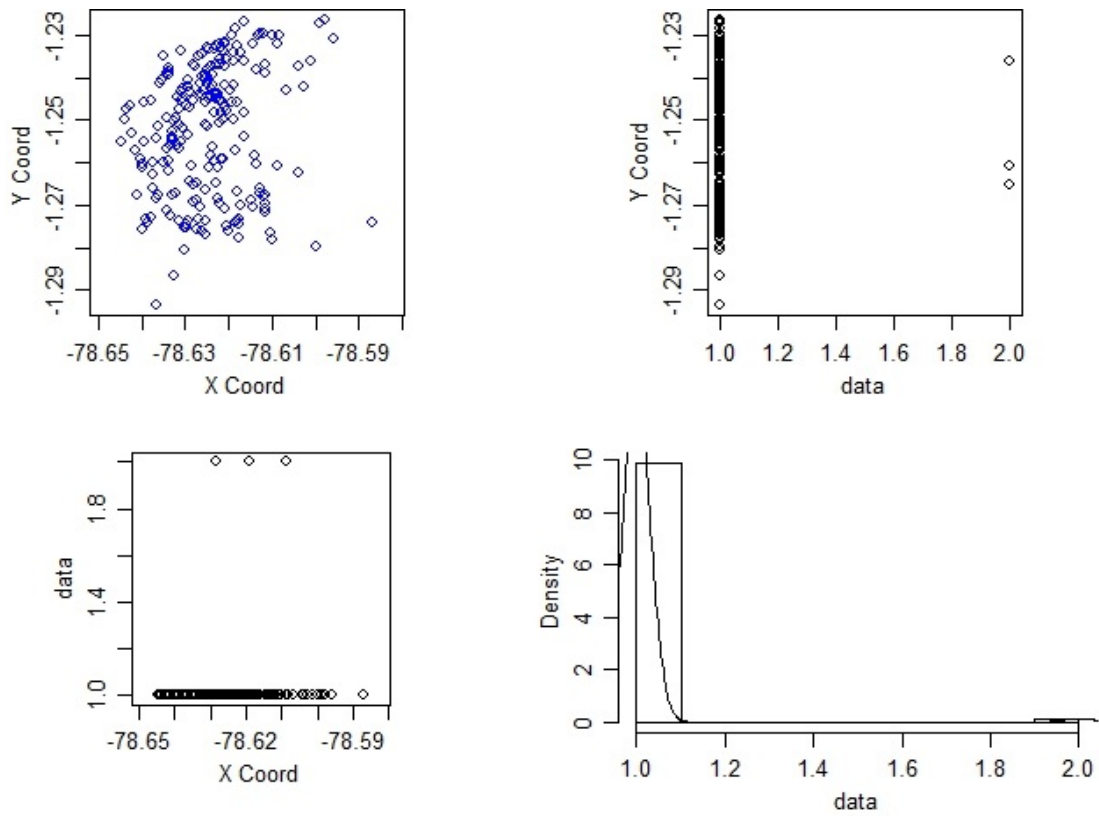
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Septiembre 2014



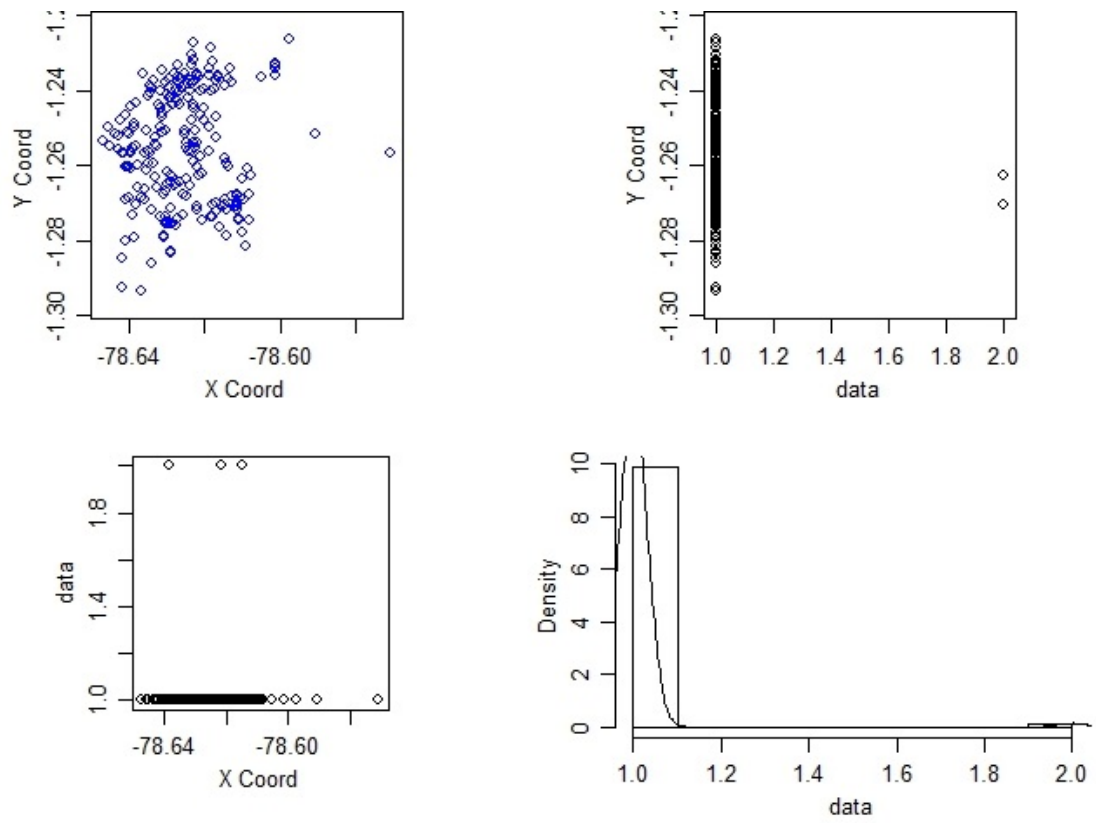
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Octubre 2014



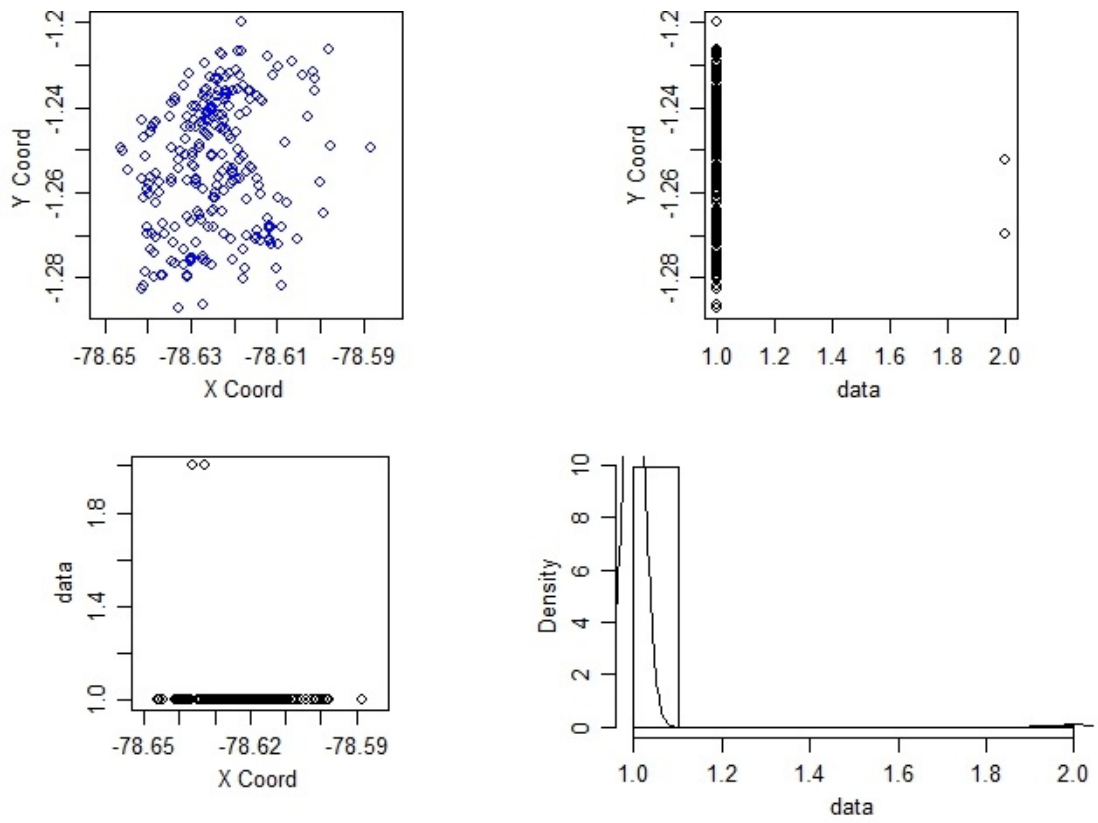
Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Distribución de probabilidad y de información georreferenciada Diciembre 2014



Fuente: Elaboración propia

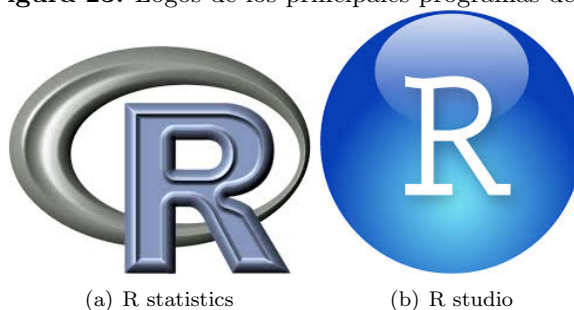
Apéndice B

¿Cómo desarrollar un Paquete en R?

Para conocer cómo se desarrolla un paquete en R, se da a conocer los pasos principales para llegar al resultado necesario.

La generación de un paquete puede ser desarrollado en la versión de R statistics o a su vez en R studio, esta última mucho más amigable para la obtención de un buen resultado, razón por la cual será utilizado para poder generar el paquete.

Figura 23: Logos de los principales programas de R

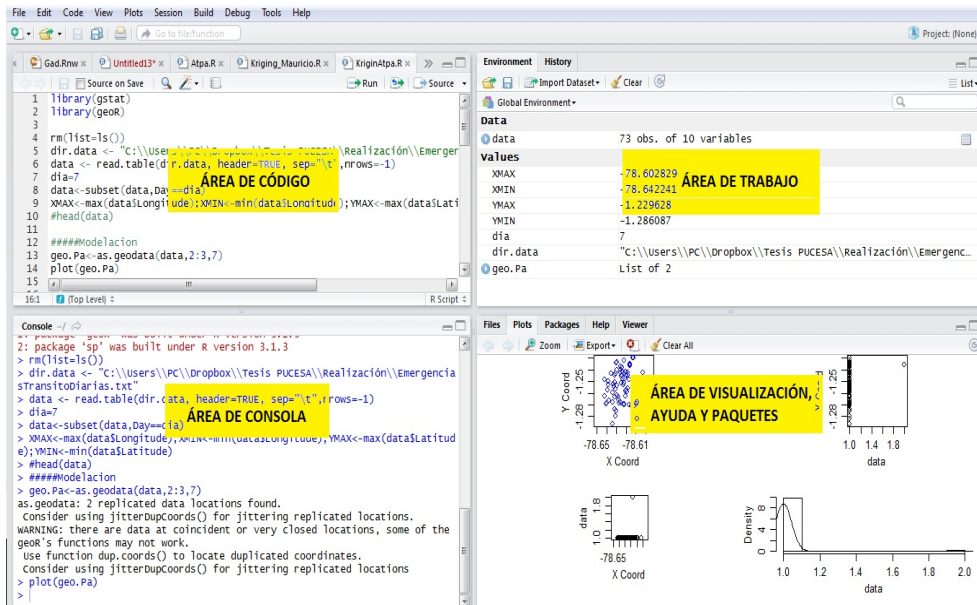


Fuente: www.r-project.org / www.rstudio.com

La interfaz que tiene R studio se da a conocer en la Figura 24, donde:

- **Área de código.**- Es el área donde se escriben los diferentes comandos propios del lenguaje R, es similar a la generación de un script en R statistics.
- **Área de trabajo.**- En esta sección se presenta las variables ocupadas o creadas, las funciones que se están utilizando o algún tipo de objeto que haya sido llamado.
- **Área de consola.**- Esta área es donde se puede hacer que corran los programas o sentencias sin necesidad de que sean almacenados en la función final.
- **Área de visualización.**- Es el área donde se pueden observar los gráficos obtenidos, genera la ayuda de las diferentes funciones o paquetes.

Figura 24: Principales pantallas de R Studio



Fuente: Elaboración propia

El primer paso necesario a realizar es tener limpia la memoria de R studio, esto se consigue con el comando `rm(list = ls())`

Para iniciar con la creación del paquete se tiene que tener claro con la función o funciones que se deseen empaquetar, así por ejemplo se tiene lo descrito en la Figura 25.

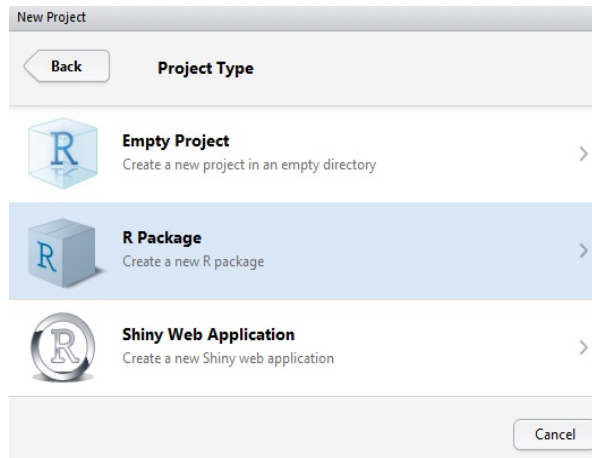
Figura 25: Función base para la elaboración de un Paquete

```
IC.z.test <- function(x, sigma, conf.level=0.95){
  alpha <- 1 - conf.level
  z.alpha <- qnorm(1-alpha/2)
  n <- length(x)
  SE <- sigma/sqrt(n)
  return(mean(x) + c(-1,1)*z.alpha*SE)
}
z.test <- function(x, mu=0, sigma=1){
  n <- length(x)
  SE <- sigma/sqrt(n)
  z <- (mean(x)-mu)/SE
  p.value <- (1-pnorm(abs(z)))*2
  return(list(media=mean(x), z=z, p.valor=p.value))
}
```

Fuente: http://www.ub.edu/stat/docencia/Cursos-R/Radvanced/materials/Crear_paquetes_R.pdf

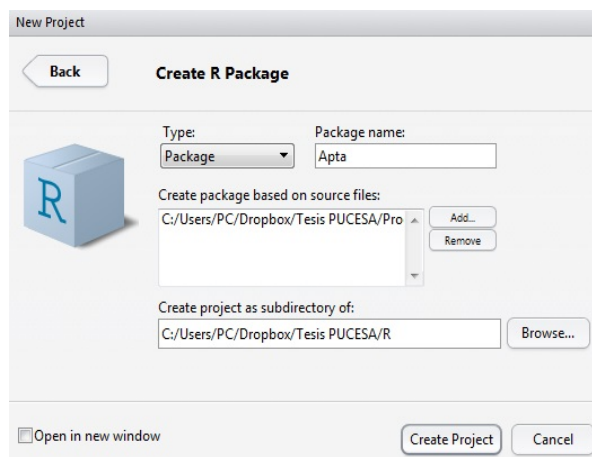
Luego dirigirse a la pestaña *File, New Project...*, ubicado en la barra de menú donde aparecerá la Figura 26

Figura 26: Nuevo proyecto en R



Fuente: Elaboración propia

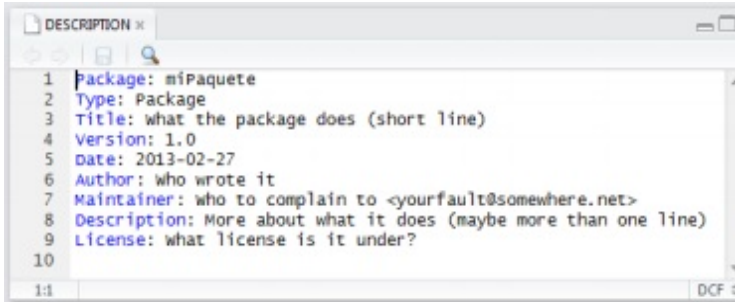
Figura 27: Crear proyecto en R



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado los pasos anteriores, lo siguiente es alimentar con información relevante al paquete que se está elaborando según la necesidad del mismo, así en la Figura 28 se tiene:

Figura 28: Archivo DESCRIPTION en R

A screenshot of a text editor window titled "DESCRIPTION x". The window contains a DESCRIPTION file with the following content:

```
1 Package: miPaquete
2 Type: Package
3 Title: what the package does (short line)
4 Version: 1.0
5 Date: 2013-02-27
6 Author: who wrote it
7 Maintainer: who to complain to <yourfault@somewhere.net>
8 Description: More about what it does (maybe more than one line)
9 License: what license is it under?
10
```

The status bar at the bottom shows "1:1" and "DCF :".

Fuente: http://www.ub.edu/stat/docencia/Cursos-R/Radvanced/materials/Crear_paquetes_R.pdf

Para la documentación que se tiene internamente en el paquete se recomienda seguir los pasos y sintaxis propia de R, dar a conocer la información básica y relevante de lo que realiza el paquete, cuáles son sus requerimientos previos, principales variables a ser utilizadas, un resumen de lo que necesita y arroja el paquete, entre otras cosas, como se puede identificar en la Figura 29.

Figura 29: Plantilla para identificar el Paquete en R

```
\name{z.test}
\alias{z.test}
%- Also NEED an '\alias' for EACH other topic documented here.
\title{ ~~function to do ... ~~ }
\description{
  ~~ A concise (1-5 lines) description of what the function does. ~~
}
\usage{
z.test(x, mu = 0, sigma = 1)
}
%- maybe also 'usage' for other objects documented here.
\arguments{
  \item{x}{ ~~Describe \code{x} here~~ }
  \item{mu}{ ~~Describe \code{mu} here~~ }
  \item{sigma}{ ~~Describe \code{sigma} here~~ }
}
\details{
  ~~ If necessary, more details than the description above ~~
}
\value{
  ~Describe the value returned
  If it is a LIST, use
  \item{comp1 }{Description of 'comp1'}
  \item{comp2 }{Description of 'comp2'}
  ...
}
\references{ ~put references to the literature/web site here ~ }
\author{ ~~who you are~~ }
\note{ ~~further notes~~

  ~Make other sections like Warning with \section{Warning }{....} ~
}
\seealso{ ~~objects to See Also as \code{\link{help}}, ~~~ }
\examples{
##----- Should be DIRECTLY executable !! -----
##-- ==> Define data, use random,
##-- or do help(data=index) for the standard data sets.

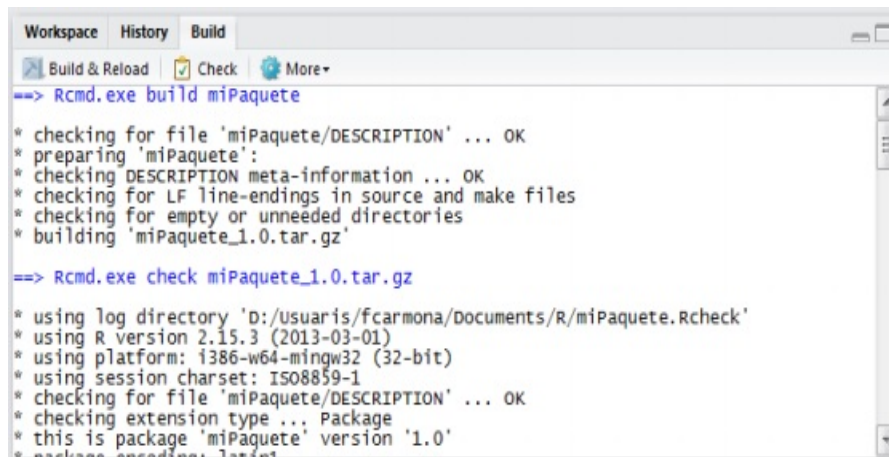
## The function is currently defined as
function(x,mu=0,sigma=1) {
\examples{
##----- Should be DIRECTLY executable !! -----
##-- ==> Define data, use random,
##-- or do help(data=index) for the standard data sets.

## The function is currently defined as
function(x,mu=0,sigma=1) {
```

Fuente: http://www.ub.edu/stat/docencia/Cursos-R/Radvanced/materials/Crear_paquetes_R.pdf

Cuando se hayan llenado todos los campos necesarios se tiene que chequear que el programa corra sin problema alguno, para realizar eso se utiliza el mismo R studio, que en su área de trabajo brinda las herramientas necesarias para determinar si la tarea se lo puede dar por finalizada, Véase Figura 30

Figura 30: Chequear que el paquete de R no contenga errores



```
Workspace History Build
Build & Reload Check More
==> Rcmd.exe build miPaquete
* checking for file 'miPaquete/DESCRIPTION' ... OK
* preparing 'miPaquete':
* checking DESCRIPTION meta-information ... OK
* checking for LF line-endings in source and make files
* checking for empty or unneeded directories
* building 'miPaquete_1.0.tar.gz'

==> Rcmd.exe check miPaquete_1.0.tar.gz
* using log directory 'D:/usuarios/fcarmona/Documents/R/miPaquete.Rcheck'
* using R version 2.15.3 (2013-03-01)
* using platform: i386-w64-mingw32 (32-bit)
* using session charset: ISO8859-1
* checking for file 'miPaquete/DESCRIPTION' ... OK
* checking extension type ... Package
* this is package 'miPaquete' version '1.0'
```

Fuente: http://www.ub.edu/stat/docencia/Cursos-R/Radvanced/materials/Crear_paquetes_R.pdf

Si el programa no da ningún error, está listo para poder ser empaquetado y posteriormente distribuido por los medios que se desee. Para finalizar la creación del paquete se lo hace en el icono **More** de la Figura 30, que permite crear el paquete en la versión *tar*, sin embargo si se va a correr en el sistema operativo Windows, se recomienda empaquetarlo en versión *.zip*, con la opción **Build Binary Package**.

Referencias

- [1] ARCGIS RESOURCE CENTER, *Cómo funciona kriging*. Disponible en: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z00000076000000>. Consultado en Abril 10, 2015.
- [2] F. CARMONA, *Creación de paquetes de r en windows (y linux)*, Departamento de Estadística, (2009).
- [3] N. CRESSIE & C. WIKLE, *Statistics for Spatio-Temporal Data*, Wiley Desktop Editions, USA, 2011.
- [4] SISTEMA DE SEGURIDAD ECU911 DIRECCIÓN NACIONAL DE DOCTRINA, *Listado de incidentes de servicio de tránsito y movilidad*, SIS ECU911 NACIONAL, 2 (2014).
- [5] PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR ECO. RAFAEL CORREA DELGADO, *Reforma decreto ejecutivo no 988 - creación del servicio*, Decreto, (2013).
- [6] PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR ECONOMISTA RAFAEL CORREA DELGADO, *Decreto ejecutivo no 988*, Decreto, (2011).
- [7] A. GELFAND, *Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data*, CHAPMAN & HALL/CRC, 2003.
- [8] IBM BUSINESS ANALYTICS SPSS, *Predictive analytics software*. Disponible en: <http://www-03.ibm.com/software/businesscasestudies/se/en/corp?synkey=X335251I72012X82>. Consultado en Febrero 12, 2015.
- [9] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, *Anuario de estadísticas de transporte 2013*, Anuario, (2013).
- [10] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, INEC, *Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo, diciembre 2011*, Encuesta Nacional, (2011).
- [11] F. LEISCH, *Creating r packages a tutorial*, Department of Statistics, (2013).
- [12] R PARA TODOS, *Estructura de un paquete*. Disponible en: <https://rparatodos.wordpress.com/paquetes/crear-paquete/estructura/>. Consultado en Marzo 26, 2015.
- [13] E. PEBESMA & B. GRAELER, *Spatial and spatio-temporal geostatistical modelling, prediction and simulation*, <https://r-forge.r-project.org/projects/gstat/>, (2015).
- [14] P. RIBEIRO & P. DIGGLE, *Analysis of geostatistical data*, <http://www.leg.ufpr.br/geoR>, (2014).
- [15] K. SHUVO & S. SAHU, *Spatio-temporal bayesian modeling using r*, Journal of Statistical Software, 63 (2015).
- [16] R CORE TEAM, *Writing r extensions*, <http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-exts.pdf>, (09 de marzo de 2015).

Resumen Final

Desarrollo de un paquete en R para pronosticar accidentes de tránsito

Darwin Medardo Padilla Silva

46 páginas

Proyecto dirigido por: José Marcelo Balseca Manzano, Magister

El paquete desarrollado bajo lenguaje de programación R, con información georreferenciada, contiene una variable con información que se desee analizar y una periodicidad de tiempo, está direccionada principalmente a poder determinar los lugares críticos en lo que a accidentes de tránsito se refiere dentro de las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato, de tal forma que con la información georreferenciada pueda ser utilizada para pronosticar lugares altamente conflictivos y conocer la distribución espacial que estos tengan en todo el territorio de análisis, con una periodicidad mensual, sin embargo este paquete no está limitado en espacio y tiempo, ya que puede ser utilizado en otro tipo de análisis y en otros lugares, esto se logra al utilizar bordes en los puntos georreferenciados lo cual evita sujetarse a un lugar de forma fija. Capaz de ser mejorado continuamente y conjunta con aportes de otras personas que conozcan del gran proyecto GNU ¹, en su versión 1.0 da a conocer los sitios altamente conflictivos en lo que a accidentes de tránsito se refiere mediante gráficos que utilizan el modelo Kriging Ordinario con imágenes, contornos y perspectivas las cuales ayudan a comprender de forma específica la distribución existente en la información proporcionada por el SIS ECU911 AMBATO (SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD ECU911 AMBATO).

¹ También conocido como movimiento de software libre, proyecto cuyo objetivo es crear un sistema operativo completamente libre mediante la colaboración y apoyo de usuarios a nivel mundial