

Trabajo Final de Maestría

# “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el análisis espacial de riesgos de accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná.”

Trabajo Final de Maestría presentado como requisito para obtener el grado de Magister en Geomática Aplicada a la Gestión de Riesgos Ambientales  
Resolución Nº 1461-12 Consejo Superior UADER

Por

**Lic. Eduardo A. Acosta**

Licenciado en Accidentología Vial –M.P.CoPCACER nº 013 T1 F  
UADER

Director: **Mg. Fernando Tentor**

Diamante, Argentina  
2019

## AGRADECIMIENTOS

A Pablo Peil del Observatorio Provincial de Seguridad Vial y a través de él a la Dirección de Accidentología Vial de la Policía de Entre Ríos por su aporte de datos, a los docentes de la Maestría en Geomática aplicada a la gestión de riesgos ambientales especialmente a mi Director Fernando Tentor, al grupo de amigos de la Maestría Marce, Juan, Didier, Leo, PatriciE, cuya experticia me ha sido útil para el desarrollo como profesional, a mi esposa Carolina y nuestro hijo Juan quienes con su amor me apoyan en esta incansable locura del saber.

## CONTENIDO

	Págin a
TABLAS .....	6
FIGURAS.....	7
RESUMEN .....	11
1-INTRODUCCIÓN.....	12
2- ANTECEDENTES .....	16
3- OBJETIVOS .....	19
3.1 Objetivo General .....	19
3.2 Objetivos Específicos .....	19
4- MARCO TEÓRICO .....	20
4.1 Marcos analíticos o enfoques de la accidentología vial para la determinación de factores de riesgo .....	20
4.2 Evolución del Paradigma de la Accidentología vial para el estudio y análisis de los accidentes de tránsito.....	24
4.3 Modelos de la accidentología vial para la determinación de factores de riesgo.....	26
4.4 Gestión de los Puntos Negros y Gestión Integral de la Seguridad Vial.....	29
4.5 Análisis Espacial de datos en la Seguridad Vial .....	32
4.6 Sistemas de Información Geográfica – SIG y Modelos de Datos....	35
4.7 Densidad de Kernel – Hot spots .....	36
<b>5- MATERIALES</b>	<b>40</b>
<b>6- METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA NORMALIZACIÓN DE TABLAS</b>	<b>42</b>
6.1 Metodología de la recolección de datos de fuentes primarias y normalización de las bases de datos para la elaboración de tasas o índices explicativos	45

---

6.2 Revisión, estudio y constatación de Datos 2016	46
6.3 Análisis y Síntesis de la Variable COMISARIA.	47
6-4 Análisis y Síntesis de la Variable ZONA DE OCURRENCIA	48
6-5 Análisis y Síntesis de la Variable TIPO DE VIA PÚBLICA	49
6-6 Análisis y Síntesis de la Variable Momento_del_dia (Mañana, tarde, noche)	50
6-7 Análisis y Síntesis de la Variable dia_de_la_semana	52
6-8 Análisis y Síntesis de la Variable ilesos – heridos – muertos.	53
6-9 Análisis y Síntesis de la Variable nombre_de_calle	54
6-10 Agregado de localidad y provincia.	55
6.11 Proceso de codificación geográfica.	55
6.12 Errores de tipeo, nomenclatura y/o intersección no hallada.	58
6.13 Revisión, estudio y constatación de Datos 2017	60
6.14 Análisis y Síntesis de la Variable COMISARIA.	60
6.15 Análisis y Síntesis de la Variable ZONA DE OCURRENCIA y TIPO DE VIA	61
6.16 Análisis y Síntesis de la Variable Momento_del_dia (Mañana, tarde, noche)	61
6.17 Análisis y Síntesis de la Variable dia_dela_semana	61
6.18 Proceso de codificación geográfica.	61



---

<b>7- METODOLOGÍA DE ANALISIS DE LOS DATOS</b>	<b>62</b>	<b>2</b>
7.1 Construcción de mapas con la distribución de los accidentes de Tránsito 2016 los accidentes 2017 a partir de los registros de las bases de datos .	62	
7.2 Determinación de proporciones e indicadores normalizados para el estudio de los accidentes de tránsito.	64	
7.3 Análisis espacial de los datos	66	
7.3.1 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de mayor valor de hechos en la semana	67	
7.3.2 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de tipo de vehículo interviniente.	70	
7.3.3 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de la variable tipo de vía y tipo de vehículo intervinientes	72	
7.3.4 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición que el vehículo interviniente sea una motocicleta y que haya fallecidos	75	
7.3.5 Determinación de accidentes ocurridos en un área en particular.	77	
7.3.5.1 Conteo de valores internos al área seleccionada.	82	
7.3.6 Determinación de accidentes ocurridos en un vía en particular.	84	
7.3.7 Análisis de densidad de los accidentes de tránsito. Cálculo de la densidad de Kernel	84	
7.3.7.1 Determinación de zonas de calor para más de un año de registros (2016+2017).	90	
7.3.8 Determinación de número de accidentes ocurridos en un entorno de las intersecciones de las vías de circulación.	92	
7.3.9 Determinación de número de accidentes ocurridos en un tramo de la vía de circulación (cuadra)	95	
7.3.10 Determinación de número de accidentes ocurridos en un tramo de la vía de circulación	97	

<b>8- RESULTADOS</b>	<b>102</b>
8.1 Construcción de mapas con la distribución de los accidentes de Tránsito 2016 y 2017	102
8.2 Determinación de proporciones e indicadores normalizados para el estudio de los accidentes de tránsito.	103
8.3 Frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de mayor valor de hechos en la semana	105
8.4 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de tipo de vehículo interviniente.	107
8.5 Determinación de accidentes ocurridos en un área en particular.	108
8.6 Zonas de concentración de los accidentes de tránsito. Cálculo de la densidad de Kernel	109
8.7 Zonas de concentración de los accidentes de tránsito en motocicleta en Avenidas. Cálculo de la densidad de Kernel	111
8.8 Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito dentro del ejido urbano	112
8.9 Tramos (cuadra) con mayor número de accidentes de tránsito dentro del ejido urbano	113
8.10 Distribución de zonas de mayor concentración de accidentes sobre tres Avenidas principales dentro del ejido urbano	114
<b>9 – DISCUSIÓN</b>	<b>117</b>
<b>10- CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>11- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>124</b>
<b>TABLAS</b>	<b>22</b>
<i>Tabla 1 : Matriz de Haddon</i>	37
<i>Tabla 2: Funciones núcleo univariantes</i>	72
<i>Tabla 3: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo en Avenidas-2016</i>	72
<i>Tabla 4: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo en Avenidas-2017</i>	75
<i>Tabla 5:-Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo y fallecidos- 2016</i>	75
<i>Tabla 6: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo y fallecidos-2017</i>	103

<i>Tabla 7: Indicador por año sobre el total de la población en estudio.</i>	103
<i>Tabla 8: Proporciones de interés respecto al total de registros por año. .</i>	114
<i>Tabla 9: Valores absolutos de accidentes sobre Avenidas en relación a la longitud del tramo. Elaboración propia</i>	115
<i>Tabla 10: Análisis estadísticos de algunas variables de interés sobre accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná – 2016</i>	

## **FIGURAS**

<i>Figura nº 1: estimación de la función de densidad tipo núcleo para una determinada función de Kernel como resultado de núcleos individuales.</i>	39
<i>Figura nº 2: utilización de Geocode Cells de tablas de Google para determinar las coordenadas geográficas (lat – lng).</i>	43
<i>Figura nº 3: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER</i>	46
<i>Figura nº 4: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs ordenamiento del registro de acuerdo a la categoría de la variable</i>	47
<i>Figura nº 5: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el Observatorio Vial de la Provincia de Entre Ríos vs reclasificación zona_de_ocurrencia (rural – urbano) y tipo_vía_publica.(ruta- calle – avenida).</i>	49
<i>Figura nº 6: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs reclasificación momento_del_día de ocurrencia del hecho (mañana, tarde, noche).</i>	51
<i>Figura nº 7: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs reclasificación dia_dela_semana de ocurrencia del hecho</i>	52
<i>Figura nº 8: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER (fuente: Dirección de Accidentología Vial- Policía de Entre Ríos) vs reclasificación ilesos- heridos – fallecidos en cada registro</i>	56
<i>Figura nº 9: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el Observatorio Vial de la Provincia de Entre Ríos vs codificación geográfica de cada registro.</i>	57
<i>Figura nº 10: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs modificación de los parámetros de búsqueda y corrección de direcciones e intersecciones para cada registro</i>	61
<i>Figura nº 11: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs</i>	62

*geolocalización de los registros*

<i>Figura nº 12: BD 2017- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs geolocalización de los registros</i>	63
<i>Figura nº 13: Disposición de la herramienta para el análisis estadístico Group Stats para QGIS.</i>	66
<i>Figura nº 14: Selección de variable y agrupamiento de las categorías según criterio de selección para el análisis estadístico con Group Stats para QGIS</i>	67
<i>Figura nº15: frecuencias absolutas - determinación de día de mayor cantidad de accidentes 2016</i>	68
<i>Figura nº16: frecuencias absolutas - determinación de día de mayor cantidad de accidentes 2017</i>	68
<i>Figura nº 17: Frecuencias Absolutas accidentes de tránsito en Paraná por día de ocurrencia 2016-2017</i>	69
<i>Figura nº 18: Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según día de la semana con mayor frecuencia- 2016.</i>	70
<i>Figura nº 19: Mapa de distribución espacial de accidentes en la ciudad de Paraná en motocicleta - 2016</i>	71
<i>Figura nº 20: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con motocicletas y otro vehículo en la ciudad de Paraná en moto - 2016.</i>	72
<i>Figura nº 21: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas en Avenidas de la ciudad de Paraná en moto - 2016.</i>	74
<i>Figura nº 22: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas en Avenidas de la ciudad de Paraná en moto - 2017</i>	75
<i>Figura nº 23: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas y personas fallecidas - 2017.</i>	77
<i>Figura nº 24: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes según zona de Comisaría - 2016.</i>	78
<i>Figura nº 25: Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos y la zona de ampliación del polígono - 2016.</i>	79
<i>Figura nº 26: Datos de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos según Group Stats - 2016.</i>	80
<i>Figura nº 27: Datos de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos según Group Stats - 2017.</i>	81
<i>Figura nº 28: Datos de tabla de atributos de accidentes de tránsito ubicados dentro de un área establecida para determinar valores totales de accidentes de tránsito por tramo o</i>	82

por calle-2016

<i>Figura nº 29: Concentración de accidentes de tránsito en un tramo dentro de un área establecida para determinar cantidad de accidentes de tránsito por tramo o por calle-2016</i>	83
<i>Figura nº 30: Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para un radio de 250 [m]-2016</i>	85
<i>Figura nº 31: Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para un radio de 250 [m]-2017</i>	86
<i>Figura nº 32: Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 250-100-75-50- [m]- 2016</i>	87
<i>Figura nº 33: Ampliación de zonas con la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 25 [m]- 2016</i>	88
<i>Figura nº 34: Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 250 y100 [m]- 2017</i>	87
<i>Figura nº 35: Ampliación de zonas con la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 50 [m]- 2017</i>	89
<i>Figura nº 36: Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 50 [m]- 2017</i>	91
<i>Figura nº 37: Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel de accidentes de tránsito en motocicleta para radio de 50 [m]- 2016+2017 en Google Earth</i>	92
<i>Figura nº 38: Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016</i>	93
<i>Figura nº 39: Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016 AMPLIADA</i>	94
<i>Figura nº 40: Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2017 AMPLIADA</i>	95
<i>Figura nº 41: Tramos con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016 AMPLIADA</i>	96
<i>Figura nº 42: Selección de Tramo con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016 AMPLIADA</i>	97
<i>Figura nº 43: Selección de Avenidas y distribución de los accidentes de tránsito - 2016</i>	98
<i>Figura nº 44: Densidad de Kernel para Selección de Avenidas y distribución de los accidentes de tránsito (r=50m) - 2016</i>	100
<i>Figura nº 45: Densidad de Kernel para Selección de Avenidas y distribución de los</i>	101

*accidentes de tránsito en Google Earth Pro (r=50m) - 2016*

<i>Figura nº 46: Geolocalización de registros de accidentes de tránsito 2016-2017 . Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.</i>	102
<i>Figura nº 47: Geolocalización de registros de accidentes de tránsito 2016-2017 . Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos. Ampliación de escala</i>	103
<i>Figura nº48 Frecuencias Absolutas accidentes de tránsito en Paraná por día de ocurrencia 2016-2017</i>	106
<i>Figura nº 49: Geolocalización de registros de accidentes de tránsito el día sábado - 2016. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.</i>	106
<i>Figura nº 50: Geolocalización de registros de accidentes de tránsito el día viernes- 2017. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.</i>	106
<i>Figura nº 51: Geolocalización de registros de accidentes de tránsito sólo motos 2016 - 2017. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.</i>	107
<i>Figura nº 52: Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según Zona Comisaría Segunda 2016-2017.</i>	108
<i>Figura nº 53: Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según Zona Comisaría Segunda 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel</i>	109
<i>Figura nº 54: Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel</i>	110
<i>Figura nº 55: Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel Ampliación</i>	111
<i>Figura nº 56: Mapa de distribución espacial de accidentes en motos en Avenidas de Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel</i>	112
<i>Figura nº 57: Mapa de distribución espacial de intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito. Ampliación</i>	113
<i>Figura nº 58: Mapa de distribución espacial de TRAMOS (cuadras) con mayor número de accidentes de tránsito.</i>	114
<i>Figura nº 59: Mapa de distribución espacial de TRAMOS (cuadras) con mayor número de accidentes de tránsito</i>	114
<i>Figura nº 60: Mapa de distribución espacial de TRAMOS ((avenidas principales) con mayor número de accidentes de tránsito. Ampliación</i>	115

---

## RESUMEN

En este trabajo se generó cartografía específica referida a la concentración de accidentes de tránsito con heridos y muertos en los que intervino la Policía de la Provincia de Entre Ríos a través de la División de Accidentología Vial utilizando para ello sistemas de información geográfica (SIG), se aplicaron diferentes métodos necesarios para producir bases de datos (BD) útiles para la producción de índices y su observación regional. A partir del uso de SIG se analizaron técnicas y métodos que posibilitaron la utilización de BD sobre elementos puntuales como son los accidentes de tránsito. Para la aplicación de éstas herramientas se propuso un análisis de la situación de los accidentes de tránsito en la zona urbana de la ciudad de Paraná, analizando datos correspondientes al año 2016 y 2017 los que fueron suministrados por el Observatorio de Seguridad Vial de la Provincia de Entre Ríos a partir de los datos registrados por la Agencia Nacional de Seguridad Vial a través del Sistema Integral de Gestión de la Información de Seguridad Vial (SIGISVI) y los registros realizados por la Policía de Entre Ríos.

Se utilizaron herramientas de geocoding o geocodificación para datos sin coordenadas geográficas con los que se obtuvieron diferentes mapas como producto final de análisis de accidentes por conjunto de atributos, como así también se obtuvieron mapas de zonas geográficas con características específicas, a partir del análisis de densidad de puntos. Se utilizó como metodología de trabajo un tipo de investigación descriptiva cuantitativa, buscando confrontar lo metodológico con la base empírica a partir de la producción de nuevas BBDD que permitan ser tratadas con SIG, elaborando productos cartográficos de gran utilidad para el análisis de riesgo de accidentes de tránsito. Se utilizó análisis espacial para interpretar de forma sistemática el patrón de distribución de los accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná encontrándose zonas específicas donde ocurren eventos con mayor frecuencia focalizándolos en un área en particular como así también en intersecciones, cuadras y zonas de interés. La normalización de las base de datos de diferentes procedencias se pudieron homogeneizar en cuanto a la categorización de sus variables para poder trabajar y analizar distintas variables como factores de interés para el análisis de los hechos.

## 1- INTRODUCCION

Nuestra sociedad se encuentra atravesada por la necesidad de movilidad y transporte. A medida que el volumen de vehículos aumenta en una ciudad, los niveles de exposición al riesgo aumentan si los mismos no son acompañados por medidas preventivas que actúen de manera directa tanto sobre los usuarios de la vía pública en sus diversos roles como así también en las vías de circulación, siendo los usuarios más vulnerables quienes sufrirán las consecuencias directa de la falta de políticas de prevención y seguridad respecto de lo vial.

La Organización Mundial de la Salud (Dinesh y otros, 2010) advierten que la prevención de los accidentes de tránsito y los traumatismos que causan se convertirá en un reto social y económico cada vez mayor sobre todo en países en desarrollo.

Para poder actuar con eficiencia frente a este problema que se cobra la vida de 1,3 millones de personas en el mundo, es necesario contar con datos confiables y actuales del comportamiento y estado del tránsito en ciudades, que permitan de manera responsable ordenarlo y actuar sobre los factores de riesgo y áreas prioritarias haciendo uso de las nuevas tecnologías. Diagnóstico y gestión permanente son sugeridos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre la base de datos de los principales problemas relacionados con los traumatismos causados por los accidentes de tránsito, a partir de considerar que “en la mayoría de los países se recolectan a diario datos de interés para la seguridad vial, pero para que dichos datos puedan orientar la práctica de ésta han de estar debidamente codificados, procesados y analizados en un sistema de base de datos informatizado.” (OPS, 2010).

Se entiende además que los accidentes de tránsito generan costos sociales tanto a nivel individual como entre las familias y comunidades. La Organización Mundial de la Salud (OMS) expresa que “El coste para los países, alguno de los cuales posiblemente ya afrontan problemas de desarrollo económico, puede representar entre el 1% y el 2 % del producto Nacional Bruto” (OMS, 2013).

Según el informe de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) en su Anuario estadístico de siniestralidad vial 2017 la tasa de mortalidad para ese año para la provincia de Entre Ríos se encuentra cercana al valor de la media de 12,7 personas fallecidas en accidentes de tránsito por cada 100.000 habitantes. La ciudad de Paraná tiene un valor de 4,03 personas fallecidas en accidentes de tránsito por cada 100.000 habitantes.

Los datos con que cuenta la provincia de Entre Ríos respecto de las zonas donde se producen mayor cantidad de accidentes, no están establecidos a partir de la información disponible por los organismos oficiales. Tampoco se encuentra dentro de la ciudad de Paraná la ubicación de estas zonas, información que permitiría a quienes están a cargo la seguridad vial, realizar acciones tendientes a disminuir los accidentes de tránsito.

Existen datos estadísticos en relación al total de los accidentes, como así también tipos de actores involucrados, daños producidos, edad de los intervinientes, horario en el que ocurrió el hecho, etc., pero estos datos poco (o casi nada) dan cuenta del hecho en sí, teniendo en cuenta que ésta información permite a los responsables intervenir sobre factores que inciden en aparición de accidentes de tránsito, considerando mayormente que estos factores básicamente se centran en el hombre. ¿Y qué hay del entorno y el espacio físico y geográfico?

Citando a Luis Xumini de la Academia Nacional de Ingeniería (2013) en el Documento nº 7 “Lo que se sabe del sistema vial y de sus fenómenos indica categóricamente que los caminos son determinantes, tanto para materializar la seguridad como para producir accidentes mortales. Y esta es la mejor situación entre todas las posibles, pues significa el gran poder de la ingeniería para disminuir sensiblemente las muertes, al mejorar la seguridad por sus causas”.

Esta observación, respecto de la importancia que cobra el diseño y trazado de las vías de circulación a la hora de disminuir los riesgos y por ende la producción de accidentes de tránsito, nos sugiere la necesidad de establecer si existen zonas en la ciudad que posean una mayor concentración de accidentes.

Los accidentes de tránsito (choques, colisiones, embestidas, despiste) no se distribuyen sobre cualquier vía de circulación de manera uniforme y es posible observar determinadas concentraciones o agrupamientos a lo largo de un período de tiempo.

Ante esta problemática existente en las ciudades y particularmente en la ciudad de Paraná, no existe organismo capaz de localizar las zonas con altos niveles de accidentalidad dentro del ejido urbano, para que una vez determinadas las mismas, puedan iniciar un estudio puntual sobre áreas o zonas específicas que permitan observar los factores que tienen influencia en la producción de hechos de tránsito.

El objetivo general de este proyecto ha sido el de establecer una metodología que permita confeccionar mapas temáticos en base a la información obtenida a partir de indicadores, para el análisis espacial de riesgos de accidentes de tránsito con lesiones y muertes en la ciudad de Paraná. Si bien el planteo del objetivo está delimitado por la aplicación directa de las herramientas que nos aportan los Sistema de Información Geográfico (SIG) se intentó arribar a información sobre los accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná, con el fin de que sean de utilidad en una instancia posterior para el análisis de factores intervinientes en cada foco, zona de calor o cada zona de mayor concentración de accidentes de tránsito.

Producir cartografía básica de localización de los accidentes de tránsito a partir del análisis de la concentración de ocurrencia permitió enfocar particularmente en analizar si de ello se pueden extraer índices y tasas de ocurrencias dentro del ejido urbano de los accidentes de tránsito como así también familiarizarnos con el uso y confección de las bases de datos que posee la provincia o en su caso la ciudad de Paraná, para poder analizar ciertos indicadores que permitan explicar y cartografiar con más precisión donde se encuentran esas zonas de ocurrencias considerando algunos parámetro determinados por un espacio-tiempo.

Grandes inversiones de dinero se requieren para poder transformar tramos o zonas de vías de circulación donde las autoridades de aplicación o los organismos a cargo de la seguridad vial proponen actuar, con el fin de disminuir los accidentes de tránsito, sin tener en cuenta la importancia de contar con información respecto de las características de los accidentes, las variables que los atraviesan y su relación con el medio. Esta información debe ser producida por estudios científicos que ayude a vislumbrar cual es la zona o tramo con mayores niveles de accidentalidad, previo a realizar cualquier intervención o modificación del entorno.

Al mismo tiempo esta información debe contar con un cúmulo de conocimientos respecto de las variables que inciden en los accidentes de tránsito y de ellas estimar cuales se debe al

---

factor humano y cuales al factor ambiental sin dejar de lado los factores intermedios entre el humano y el ambiente que promueven un aumento de los niveles de riesgo, provocando más accidentes y por tanto aumentando aún más los índices de accidentalidad en una determinada zona geográfica.

Los SIG son herramientas potentes que la modernidad brinda y son de gran utilidad para desarrollar conocimiento y así comprender el fenómeno de los accidentes de tránsito, facilitando la identificación de causas que pueden ser utilizadas por los organismos de control para el desarrollo de políticas públicas, las que permitirán accionar frente a esta nueva epidemia, como es considerada a nivel mundial en referencia a los accidentes de tránsito y sus secuelas.

En esta investigación se tomó como espacio geográfico para el estudio y análisis espacial de los riesgos de accidentes de tránsito durante el 2016 y 2017 el ejido urbano de la ciudad de Paraná, en la provincia de Entre Ríos utilizándose diversas herramientas presentes en los Sistemas de Información Geográfica, a los fines de realizar un estudio exploratorio de la distribución de éstos accidentes en función de determinadas variables de interés. La provincia de Entre Ríos no cuenta con éstos métodos de análisis lo cual hace que el enfoque hacia la prevención no sea eficiente a la hora de disminuir las consecuencias negativas producidas por el tránsito.

## 2- ANTECEDENTES

Dice Claudia Natenzon (2015) que en las últimas décadas los riesgos han convocado, con el fin de comprenderlos y mitigarlos, a diversos actores sociales: desde organismos internacionales de cooperación especializados, políticos a cargo de distintos niveles de gestión, medios de comunicación, aseguradoras, empresarios, organizaciones no gubernamentales-ONG (ambientalistas o no) pasando por el público en general (especialmente el que se ha visto afectado en alguna oportunidad) hasta una gran diversidad de disciplinas académicas que se abocan a conocerlos y proponer estrategias para anticiparlos, evitarlos o llegado el caso, poderlos mitigar. Y eso es así en lo que respecta a los accidentes de tránsito y los riesgos asociados a la conducción como lo expresa también la Organización Mundial de la Salud (2013) donde manifiesta su preocupación por la muerte cada año de casi 1,3 millones de personas, donde además millones más sufren traumatismos y discapacidades como resultado de accidentes de tránsito, observándose éstos valores principalmente en países de ingresos medianos y bajos. Se entiende además que los accidentes de tránsito generan costos sociales tanto a nivel individual como entre las familias y comunidades. “El coste para los países, alguno de los cuales posiblemente ya afrontan problemas de desarrollo económico, puede representar entre el 1% y el 2 % del producto nacional bruto” (OMS, 2013)

Se han encontrado diversos trabajos referidos a la aplicación de SIG para el estudio de problemas sociales como los realizados por Gustavo Buzai (2015) sobre el análisis espacial en Salud, donde el autor expresa “el espacio geográfico es un nivel focal en el que se combinan ciencia, metodología y tecnología para el abordaje espacial de las enfermedades que afectan a la población.” (p.15). Este tipo de abordaje también puede observarse por parte del sistema de salud de nuestro país con el uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la salud pública de CONAE (2014).

En cuanto a la producción de mapas temáticos en nuestro país, utilizando información sobre los accidentes de tránsito en ciudad y los SIG, existen algunos trabajos aislados en distintas

provincias y localidades de Argentina. Como por ejemplo el mapa de accidentes viales realizado por el Municipio de Bahía Blanca, publicado en el portal web del municipio junto con el publicado acerca de la ubicación de esquinas con mayor presencia de accidentes de tránsito en la ciudad de Rosario, publicado por el Consejo Boasso en el año 2017. Otros trabajos como los realizados por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, 2018) muestran sobre mapas la localización de accidentes en cada una de las provincias de nuestro país, sobre las distintas rutas (nacionales, y provinciales) utilizando la técnica de “mapa de calor” que permite visualizar la concentración de siniestros con y sin víctimas fatales ocurridos durante el año 2016, considerando su concentración en radios de 20 km, pero nada dicen acerca de los datos que toman, niveles de riesgo o la gravedad de la situación analizada.

Existen a nivel mundial otros trabajos de mayor profundidad en el campo en cuestión como lo son “Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation” (Seiji H et al, 2016) referido al estudio de accidentes en zonas residenciales de Japón a partir del desarrollo de un modelo de estimación de la densidad de accidentes de tránsito explicado por datos SIG para determinar áreas peligrosas de forma objetiva y fácil. Este estudio examinó las relaciones entre los accidentes de tránsito y las características de la ciudad, como la población, factores viales y factores espaciales.

También en el trabajo realizado por Shafabakhsh, Famili y Bahadorien (2017) donde se usaron los registros de accidentes de tránsito de la ciudad de Mashhad en Irán como caso de estudio, se aplicó la combinación de tecnología de geoinformación y análisis espacial-estadístico para resaltar la influencia de factores espaciales en su formación. El objetivo del estudio se centró en examinar, analizar y agruparlos para tener una mejor comprensión de los patrones de accidentes de tránsito en redes urbanas complejas.

Otros trabajos desarrollados al respecto por Ivan y Tesla (2015) proponen un estudio minucioso en donde se presentan enfoques seleccionados para evaluar la distribución espacial de los accidentes de tránsito en la República Checa.

Por su parte Sabel y Bartie (2012) describen el método para usar clúster de estimación de Kernel y así poder identificar zonas de concentración de accidentes de tránsito. Por otro lado Corridor, M. (2017) propuso un Mapa de Densidad de Kernel de red vial para una determinada

zona geográfica en, Bangladesh con 2716 accidentes durante un período de 2007-2011 utilizando el método de distancia del vecino más cercano.

Otro estudio referente a la problemática en estudio es el realizado por Abdulhafedh, Azad (2017) en el cual se presenta un enfoque de uso de herramientas GIS para examinar patrones espaciales de choques de vehículos y determinar si están agrupados, dispersos o aleatorios espacialmente. Suma a éste trabajo el realizado previamente en Turquía a cargo de Erdogan, Saffet (2009) en el cual se realizaron análisis espaciales a la tasa media anual de muertes y al número de accidentes fatales para el período 2001-2006.

---

## 3- OBJETIVOS

### **3.1- Objetivo General**

- Establecer una metodología que permita confeccionar mapas temáticos con base en la información obtenida a partir de indicadores para el análisis espacial de riesgos de accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná.

### **3.2- Objetivos Específicos**

- Elaborar cartografía temática sobre la distribución espacial del riesgo de accidentes de tránsito a partir de índices y tasas de ocurrencia de hechos en la ciudad de Paraná utilizando Sistemas de Información Geográfica.
- Obtener cartografía de localizaciones con alto nivel de riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito.
- Obtener una base de datos con información relacionada a los accidentes de tránsito ocurridos durante el período 2016- 2017 en la ciudad de Paraná.
- Analizar indicadores que permitan explicar y cartografiar la concentración de accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná.

---

## 4- MARCO TEORICO

### **4.1- Marcos analíticos o enfoques de la accidentología vial para la determinación de factores de riesgo.**

Un accidente de tránsito se define como un suceso eventual en el cual interviene al menos un vehículo gobernado o no, que sucede en las vías habilitadas para la circulación (públicas o privadas) y provoca daños a las cosas y/o lesiones a las personas, como lo define Víctor Irureta (2017) “un accidente es un suceso (o encadenamiento de sucesos) inesperado, impremeditado e indeseado, generalmente de consecuencias desagradables – lesiones a las personas y /o daños a las cosas”.

El artículo 64 de la Ley 24.449 “ley nacional de tránsito” define a un accidente como “*todo hecho que produzca daño en personas o cosas como consecuencia de la circulación*”. Diversos autores se han explayado respecto de cuestiones que hacen al significado del vocablo “accidente” pero para el desarrollo, estudio y producción de esta investigación hemos optado por aplicarlo como lo indica la normativa vigente, dejando la discusión de la terminología acertada o no para otro nivel de análisis.

Este suceso eventual denominado accidente de tránsito es el objeto de estudio de la Accidentología Vial, disciplina que se encarga a partir de un sólido conocimiento científico analizarlos y comprenderlos desde los momentos previos al hecho, pasando por el momento de contacto de las estructuras de los vehículos intervinientes y los momentos posteriores. El fin perseguido es conocer el hecho y con él determinar causas directas e indirectas que coadyuvaron a que se produzca el accidente y a partir de este conocimiento en el tiempo y en el espacio poder realizar las intervenciones necesarias para disminuir los riesgos de otro acontecimiento bajo las mismas características.

En la publicación científica y técnica nº 630 referida a la prevención de las lesiones causadas por el tránsito de la OMS (Dinesh, 2008) se considera que una colisión en las vías de tránsito es el

---

resultado de una combinación de factores relacionados con los componentes del sistema vial, que incluyen las calles y caminos, el entorno vial, los vehículos y los usuarios de la vía pública, y la manera en que interactúan. Esto sugiere que en el suceso de un accidente de tránsito podemos encontrar factores que contribuyen a que se produzcan los el accidente y otros que agravan los efectos producidos por la colisión influyendo directamente sobre la gravedad del siniestro. Esto promueve a la necesidad de realizar un estudio minucioso y detallado de los accidentes que ocurren diariamente sobre las vías de circulación con el fin de identificar factores de riesgo que inciden directamente sobre el la seguridad vial.

Es indiscutido en el ámbito de la accidentología vial y más precisamente en la reconstrucción y análisis de los mismos que en los hechos de tránsito no ocurren por casualidad y que normalmente existen causas o factores variados y diversos que de una otra manera intervienen en el suceso. Existe una integración de causas que actúan en un determinado momento en forma simultánea o escalonada. La mayor parte de los autores, indican que la etiología de los accidentes de tránsito es multifactorial y por ello es más problemática su clasificación. (Vichis Licón y Iturrioz, 1986).

Así pues, tenemos factores que dependen del conductor, de su habilidad, de su estado psico-físico, de factores que dependen exclusivamente del diseño del vehículo y de su estado de conservación y uso, y factores inherentes a la vía o a medio ambiente.

Esta visión de la multidimensión de los factores que intervienen en un accidente de tránsito requiere de un análisis exhaustivo por parte de variadas disciplinas que bajo su mirada pueden encontrar en este tipo de eventos causas directas que incidieron en la mecánica de los acontecimientos, previos al primer contacto entre los cuerpos.

Dinesh (2008) propone diversos marcos analíticos generales para poder determinar causas o factores que tienen relación directa con los traumatismos causados por el tránsito. Estos tres marcos o enfoques planteados por la OMS son: El enfoque de la salud pública, la matriz de Haddon y el enfoque sistémico.

El enfoque de la salud pública responde a determinar cuáles son aquellos factores que tienen relación directa con problemas de salud y enfermedades junto con las lesiones y la violencia, con el fin de orientarnos a la toma de decisiones a partir de una serie de pasos dentro

del proceso que circunda en el tiempo y en el espacio a los accidentes, como lo expresa la Dinesh (2008) para la OMS. Un primer paso está orientado a determinar cuál es el problema inherente al sistema vial a partir de la observación de los casos de mortalidad y morbilidad. Se destaca en este punto que es necesario tener en cuenta datos e información sobre particularidades demográficas de los involucrados en hechos de tránsito, determinando las características espacio-temporales del suceso. Un segundo paso hace referencia a determinar los factores que aumentan el riesgo de enfermedades, lesiones o discapacidades y en qué grado o cuales pueden ser modificables a partir de la intervención puntual sobre esta causa, a fin de disminuir su riesgo potencial de que suceda nuevamente. El porqué de la producción del hecho no deseado, moviliza la gestión a intervenir, para erradicar dicha causa del daño.

Un tercer paso y luego de contar con el conocimiento sólido de las causas principales que intervienen en un accidente y específicamente producen traumatismos sobre las personas se hace necesario analizar las medidas posibles de implementar a corto y largo plazo con un objetivo dirigido a esa causa en particular. Proponer una campaña de concientización a nivel local y masiva para el uso de casco para motociclistas con el fin de disminuir los traumatismos producto de los accidentes de éste tipo de vehículo es un ejemplo de ésta instancia. Por último, ejecutar algún plan y puesta en marcha del mismo, con objetivos claros y sin descuidar el seguimiento del mismo, la documentación de casos, de avance del programa, de dificultades y de datos extraídos de la labor en el campo con el fin de evaluar constantemente su desarrollo y el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esto permite al mismo tiempo ir planificando acciones alternativas que permitan alcanzar logros positivos a la problemática abarcada.

Para el enfoque de la matriz de Haddon dentro del contexto de la salud pública es una análisis de los acontecimientos que se suceden en un accidente de tránsito a través de una instancia previa, otra durante el choque y otra instancia posterior a él, que suceden de manera concatenada y donde cada etapa se separa de la anterior por marcados momentos típicos en un accidente, como son el primer contacto entre el vehículo y el punto de inmovilidad final accidentológico. Haddon denominó a estas etapas como etapas de Prevención – Protección - Asistencia y confeccionó un cuadro de doble entrada con las partes observables intervinientes (factores) en una situación cualquiera de conducción como son el sistema formado por el Humano-Vehículo-Entorno (W Haddon, 1980).

Dinesh (2008) ilustra la matriz de Haddon a fin de ejemplificar la funcionalidad de la misma en un caso de accidentes de tránsito para identificar y analizar los diversos factores que pueden asociarse algún hecho de tránsito para así adoptar medidas necesarias tendientes a actuar de manera que los factores disminuyan progresivamente. Esta forma y disposición que presenta la matriz (tabla 1) permite analizar los factores y las distintas inferencias que los organismos involucrados en esta problemática tienen con el fin de actuar formulando las acciones correspondientes para disminuir por un lado el accidente de tránsito y en el caso de que ocurra que las consecuencias sean mínimas.

FASE		FACTORES		
		HUMANO	DEL VEHÍCULO Y EL EQUIPO	DEL ENTORNO
Antes del choque	Prevención de los choques	Información Actitudes Disminución de las facultades Aplicación de la ley	Condiciones mecánicas Luces Frenos Dirección Control de la velocidad	Diseño y trazado del camino Límites de velocidad Elementos de seguridad peatonal
Choque	Prevención de traumatismos durante el choque	Uso de dispositivos de protección Disminución de las facultades	Cinturones de seguridad Otros dispositivos de seguridad Diseño vehicular antichoques	Elementos protectores a los lados del camino
Después del choque	Preservación de la vida	Nociones de primeros auxilios Acceso a la atención médica	Facilidad de acceso Riesgo de incendio	Equipamiento de socorro Congestión

**Tabla 3 : Matriz de Haddon.** Fuente: Dinesh y otros. Organización Mundial de la Salud - 2008

Algunos autores coinciden en que dentro de los factores humanos se concentran más de dos tercios de las causas que intervienen en los accidentes de tránsito. Y esto es así, en tanto no se realicen mayor cantidad de estudios referidos a la incidencia del entorno en los factores humano y del vehículo o no haya una visión del accidente de tránsito sistémica, considerando a éstos hechos como un conjunto de factores multi causales que requiere de una observación mas específica y dinámica de la variedad de acontecimiento previos que se conjugan para que se desencadene el mismo.

Cuando hablamos de una visión sistémica de los accidentes de tránsito se hace referencia a que considerando que un sistema de tránsito es complejo por la interacción entre vehículos de diferentes portes, sumado a ello los errores de los usuarios y el diseño de la vía pública atravesados al mismo tiempo por cuestiones témporo espaciales en referencia a lo social, la geografía, lo económico, etc. Entender al sistema vial en su conjunto, identificando acciones cotidianas que día a día hacen al mismo cada componente del sistema viario, sus interacciones con los demás miembros, sus fortalezas y debilidades, permite una visión integral y amplia de los factores que naturalmente se encuentran en el sistema con el fin de proteger la vulnerabilidad del cuerpo humano a los traumatismos y al mismo tiempo reconocer al ser humano como un actor capaz de cometer errores ya sea por su falta de capacidad para la conducción o por la influencia de factores externos que dificultan la seguridad en las vías de circulación.

#### **4.2- Evolución del Paradigma de la accidentología vial para el estudio y análisis de los accidentes de tránsito.**

Respecto del paradigma actual de la seguridad vial y de cómo evolucionó hasta nuestros días Carlos Tabasso en un artículo publicado en la revista nº 137 del (ISEV) Instituto de Seguridad y Educación Vial (2017) describe los cuatro paradigmas de la seguridad vial según la propuesta realizada por la Organización para la cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 1997) de la siguiente manera:

Un primer paradigma (1900-1925/35) enfocada al “Dominio de los vehículos motorizados” donde su objetivo era luego del surgimiento del vehículo dominar el uso y así tener el control del mismo de la misma manera que se había hecho hasta ese tiempo con los carruajes típicos de esa época. En éste período de tiempo no hubo investigación científica sino más bien descripciones de la realidad imperante respecto de la seguridad vial a través de las estadísticas. Fue una periodo de tiempo en el cual se focalizó exclusivamente en desarrollar componentes mecánicos con el fin de reforzar el dominio y la seguridad de su uso acompañado de regulaciones legales para el control y la protección social.

El segundo paradigma (1925/35-1965/70) centrado en el “Control de las situaciones de tránsito”. Estas situaciones hacían referencia al ser humano desplazándose sobre las vías de circulación en su rol de conductor entendiendo el por qué éstos cometen errores poniendo en riesgo la seguridad vial. Por este motivo en esta etapa existen estudios e investigaciones múltiples disciplinares. Surge aquí el concepto de Factores Humanos entendido como la contribución de la naturaleza humana en el desarrollo de una disfunción o fallo técnico en el manejo de las máquinas en general y de los vehículos en particular. También corresponde a esta época la estrategia de prevención de las “3E” (por su sigla en inglés: Engineering, Education, Enforcement) que Arias Paz (1995) tradujo como “Frente de las tres I” por “Ingeniería, Instrucción e Inspección”, popularizada en Latinoamérica por el ingeniero mexicano Rafael Cal y Mayor (1982) mediante la metáfora del “Templo de la Seguridad Vial” sustentado por tres columnas: “Aplicación de la ley, Educación e Ingeniería”.

El tercer paradigma (1965/70-1980/85) planteado como la época de “Manejo (gestión) del sistema de tránsito” entendido este como la circulación terrestre peatonal-vehicular, para lo cual se consideró prioritaria la remoción de los riesgos del sistema, especialmente los de lesión de los participantes. Entre otras consecuencias destacables del sólido enfoque científico propio de este paradigma se cuentan el desarrollo de modelos matemáticos para la predicción de los siniestros viales y el cálculo de las ratio Costo/Beneficio y Costo/Eficacia de las medidas preventivas.

Cuarto paradigma (1980/85...) con orientación a la “Gestión del sistema de transporte”, es decir, como manejar el transporte considerado integralmente como un sistema global complejo comprensivo de todos los modos de movilidad y transportación. El concepto de prevención en este periodo es, no solo reducir el riesgo de lesión sino, y sobre todo, minimizar proactivamente la exposición al mismo; por ende, las contramedidas de prevención apuntan a como dirigir el sistema a menores niveles, formas y modos de riesgo.

---

### **4.3- Modelos de la accidentología vial para la determinación de factores de riesgo.**

Respecto a la observación, análisis y estudio de los accidentes de tránsito bajo un determinado modelo Huang (2007) expresa que “La piedra fundamental del trabajo de prevención es el modelo de accidente usado para el análisis y la formulación de contramedidas. Por lo tanto, el primer paso hacia el cambio es establecer cuál es el modelo de accidente que se emplea”. Qureshi (2008) en coincidencia con Huang (2007) afirma que “Los modelos proveen una conceptualización de las características del accidente, la cual típicamente muestra la relación entre las causas y los efectos. Explican por qué los accidentes ocurren y son usados como técnicas para la evaluación del riesgo durante el desempeño del sistema y post hoc para el análisis del accidente y el estudio de las causas de la ocurrencia”.

Cabe destacar aquí la necesidad de contar con modelos claros y explicativos de lo que acontece en la vía pública respecto de los accidentes de tránsito para una mejor interpretación por parte de los gestores de las políticas públicas tendientes a la seguridad vial y la prevención de los hechos de tránsito a partir de distintas estrategias, objetivos y metas fijadas a corto y largo plazo.

En cuanto a los modelos podemos considerar la clasificación enunciada por Tabasso en el artículo publicado en la revista nº 137 del ISEV (2017) los mismos se clasifican en dos grandes grupos como son los modelos de causación y los modelos de prevención. Cada uno de ellos con una mirada distinta respecto del momento del análisis témporo espacial de un accidente de tránsito. Mientras el primero de ellos busca la reconstrucción con el fin de analizar, investigar y establecer cómo sucedieron los hechos, cuales son las causas que intervinieron en el hecho de tránsito, el segundo se enfoca en la generación de la implementación de políticas a corto y largo plazo con el fin de disminuir el número de accidentes enmarcados dentro de acciones proactivas de la seguridad vial.

Es necesario para los modelos de prevención tener un panorama claro y con información proveniente de fuentes seguras respecto de los datos relacionados al accidente de tránsito, con

información precisa respecto de las posibles causas que intervinieron a fin de que el plan formulado para mitigar los sucesos viales tenga éxito.

El dato confiable y el análisis del mismo con criterios estadísticos y científicos realizado por profesionales formados en la materia permiten arribar a información valiosa a partir del diagnóstico certeros que ilustren el panorama real de la situación de la seguridad vial en una determinada zona geográfica y permite al mismo tiempo tomar decisiones fundadas para enfocarse en los medios necesarios a implementar para disminuir los hechos de tránsito en una determinada región.

En cuanto a la clasificación de los modelos de causación Hollmagel (2009) propone y describe tres: *secuenciales, epidemiológicos, sistémicos*.

El primero de ello, denominado también de “cadena” centra la investigación en la cadena de hechos y secuencias de hechos ordenados y concatenados cuyo resultado final es el accidente de tránsito mediando en este análisis una relación de causa-efecto.

Los modelos epidemiológicos llamados también organizacionales o de la salud pública, poseen una visión proveniente de las ciencias médicas y describen un hecho de tránsito como la interacción de fallas del tipo latentes y fallas activas favorecidas por el ambiente del tránsito como foco negativo a la salud dentro del ámbito de lo tránsito vial. A este modelo corresponde la aplicación de la herramienta metodológica de Haddon.

Mientras que los modelos secuenciales y epidemiológicos son considerados de análisis lineal los modelos de tipo sistémicos son considerados como no lineales puesto que suponen que los hechos emergentes o fallas activas no son consecuencia de un hecho anterior si no que existen múltiples factores que inciden en la producción del accidente. Esto lleva a considerar que un accidente de tránsito no puede ser comprendido en función del estudio de sus partes sino más bien en las interacciones que las unen.

A esta clasificación, algunos autores como Tabasso (2017) consideran necesario considerar los *modelos predictivos* como otra de las variantes utilizadas para el estudio y análisis de los accidentes de tránsito.

La forma de afrontar el estudio de los accidentes consiste en realizar el análisis y los estudios necesarios de los hechos acontecidos en el pasado para así poder comprender lo que sucederá en un futuro.

Como lo explica Tabasso (2017) no apunta a identificar causas en el sentido usual del mecanismo causa-efecto, sino factores de riesgo, o sea variables que aparecen sistemáticamente asociadas a los siniestros producidos en diversos ámbitos temporales, espaciales, situacionales, personales, sociales y consecuenciales de ocurrencia.

Es indiscutible tener en cuenta aquí la necesidad de contar con otros elementos que permitan procesar los datos y a partir de ellos construir la información necesaria sobre la base del análisis estadístico como así también la utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG) y otros elementos que la tecnología facilita.

Una característica relevante a este modelo como lo explica Tabasso (2017) citando a Eenink (2008) es que estos modelos es que recurren a los principios y métodos de la disciplina de la Econometría lo que permite definirlos como: “Formulaciones matemáticas que describen la relación entre el nivel de seguridad de las vías existentes (p. ej., choques, víctimas, heridos, fallecidos, etc) y las variables que explican dicho nivel, p. ej., acondicionamiento de las vías, volúmenes de tráfico, etc”.

La variabilidad del sistema puede verse en determinadas épocas del año, zonas geográficas, horarios del día, estado de la calzada, edad de los conductores, etc. y puede ser comprendida como un proceso causal de acuerdo al cual el número esperado de siniestros queda subordinado a la existencia de ciertas variables explicativas pudiendo comprender el hecho y actuar de manera proactiva para evitar la ocurrencia de un hecho de tránsito.

Por lo tanto, aunque individualmente los siniestros de tránsito son impredecibles, en grandes números se pueden predecir, y, por ende, se pueden evitar si se toman las medidas apropiadas (Tabasso, 2017)

La OECD (1997) considera que la modelación econométrica es una fuente clave de conocimientos en varias disciplinas científicas, especialmente en aquellas en las que los

experimentos controlados son difíciles o caros de realizar. La mayor parte de la investigación de los siniestros (viales) cae en esta categoría.

Es decir que estos modelos permiten observar el comportamiento vial, analizando tendencias y observando el dinamismo con que los mismos van evolucionando o no. No hay que dejar de lado el análisis y la determinación del origen de las bases de datos a los fines de poder contar con datos fiables y normalizados durante todo el proceso de cotejo de variables.

#### **4.4- Gestión de los Puntos Negros y Gestión Integral de la Seguridad Vial**

Dentro de la gestión de las seguridad vial podemos decir la determinación de los Puntos negros (PN) o los Tramos de Concentración de accidentes de tránsito (TCAT) son los sistemas reactivos que más han sido utilizados por los profesionales abocados a la disminución de los accidentes de tránsito en determinadas zonas o tramos, siendo de utilidad común en países de la Unión Europea como así también de Estados Unidos y Canadá.

La Gestión de los Puntos Negros es un sistema utilizado para identificar, analizar e intervenir los emplazamientos peligrosos de una vía. En este caso, el sistema vial debería ser dividido en pequeños componentes viales que disponen de parámetros comunes y a los que se les pueda asociar una potencial accidentalidad esperada o un problema de seguridad vial tipo como por ejemplo tramos de una longitud específica, curvas con un radio dentro de un determinado rango, túneles y nudos de conexión, para los que puede estimarse un número esperado de accidentes (Alonso y otros, 2017).

El análisis de los niveles de Seguridad de la red viaria o, como venimos denominándolo, la Gestión Integral de la Seguridad Vial, tiene por objetivo de identificar y establecer prioridades para mejorar la seguridad en tramos más largo de la vía. En este caso el sistema vial debería ser dividido en tramos o secciones de la vía más largas con una longitud variable de entre 2 y 10 kilómetros. Estos tramos deberían ser homogéneos con respecto a los parámetros que tienen una influencia significativa en el número de accidentes y por tanto son utilizados como variables independientes en los modelos de accidentes. (Alonso y otros, 2017).

Para el análisis de datos en este proyecto se utilizaron los métodos y consideraciones que requiere un análisis de Gestión de los Puntos Negros puesto que tendencias a nivel mundial sugieren en caso de no contar con estudios previos sobre la geografía y la distribución de los accidentes que es necesario un primer acercamiento de Gestión de esos puntos conflictivos y luego de varios años de implementar políticas proactivas sobre este tipo de hecho de tránsito pasar a una segunda instancia de análisis de Gestión Integral de la Seguridad Vial lo que procede en tramos más amplios de vías para el estudio de los accidentes.

Existen diferentes tipos de definiciones de puntos negros o hot spots que básicamente se diferencian en cuanto al método de estudio y de la manera de establecer zonas específicas sobre un área de estudio.

Así se pueden tener definiciones de tipo numéricas cuya información final como resultado del análisis es un número y/o tasa de accidente. La definición oficial Noruega de punto negro es: “cualquier lugar con una longitud máxima de 100 metros en el que al menos han ocurrido cuatro accidentes con lesiones durante los últimos cinco años” (Statens Vegvesen, 2006).

Pueden considerarse el número total de vehículos en un cierto entorno estableciendo categoría de valores en función de las zonas con mas valor absoluto de accidentes de tránsito o pueden en algunos casos considerarse en función de tasas como por ejemplo “accidentes por cada millón de vehículos” o por “km/vehículo” en un determinado intervalo de años. En algunos casos estos datos no son fáciles de obtener lo cual limita su uso.

Otra definición de los hot spots se centra sobre bases estadísticas comparando número de accidentes en un determinado espacio geográfico con otro de similares características.

También podemos considerar definiciones basadas en modelos en la cual se deriva de un modelo multivariado de predicción de accidentes. A modo de ejemplo, podríamos utilizar la definición empírica bayesiana de punto negro citada por Alonso (2017) y aportada por Persaud et al. (1999). Los modelos fueron desarrollados en intersecciones y secciones viales y se identificaron los 20 lugares más elevados en el ranking según la estimación empírica bayesiana del número esperado de accidentes. (Alonso y otros, 2017).

Existen otras formas de definir los puntos negros pero consideramos aquí la utilizada por la Academia Nacional de Ingeniería (2013) como un lugar de un camino de longitud  $x$  donde el número de choques con víctimas personales haya igualado o superado un valor  $y$  en un lapso de  $z$  años. Otras definiciones más complejas en los países desarrollados en Ingeniería de Seguridad Vial incluyen más variables, tales como la gravedad de las víctimas personales, día/noche, alineamiento recto/curvo y rugosidad de la calzada los cuales merecen un análisis a partir de la observación y la inspección ocular de la zona.

La premisa básica de la Gestión de los puntos negros es que el diseño vial juega un papel muy importante en la ocurrencia de muchos accidentes de tráfico. En consecuencia, debemos suponer que desarrollando los elementos de ingeniería adecuados en los sitios peligrosos, se puede evitar una significativa proporción de accidentes (Alonso y otros, 2017).

Alonso (2017) establece una definición de Elvik (2007) que es comprehensiva del término, un punto negro es cualquier lugar que presenta tres características fundamentales:

- Presenta un número más elevado de accidentes esperados. (En términos de accidentes esperados a largo plazo y no número registrado de accidentes. No tiene sentido hacer referencia simplemente a un lugar como “anormalmente peligroso” porque se registró un número elevado de accidentes durante un período específico. La variación observada de los accidentes siempre es resultado de la combinación de variación sistemática y aleatoria. Esta es la razón por la que las fuentes de variación sistemática deben tenerse en cuenta en el análisis de la seguridad).
- En comparación con otros lugares similares, los puntos negros siempre deben identificarse como parte de una determinada población de lugares que son más o

menos similares entre sí. A modo de ejemplo, se incluyen intersecciones con un determinado número de ramales, secciones viales de una longitud determinada o curvas del trazado horizontal con un radio determinado. La similitud de lugares también puede evaluarse teniendo en cuenta valores para variables explicativas utilizadas en los modelos de predicción de accidentes. Los lugares similares son aquellos que presentan aproximadamente el mismo volumen de tráfico, el mismo límite de velocidad, el mismo número de carriles, etc. para todas las variables incluidas en el modelo de predicción de accidentes.

- Como resultado de factores de riesgo local. En este sentido, se utiliza la historia de accidentes para identificar los lugares que presentan factores de riesgo local que no son inmediatamente visibles para los usuarios de la vía y que hacen referencia a deficiencias viales concretas y a la conducta del tráfico.

#### **4.5- Análisis Espacial de datos en la Seguridad Vial**

Si bien son escasas las teorías referente al uso de herramientas SIG en temas relacionados a la accidentología vial reactiva en pos de una seguridad vial pro activa, en este trabajo se consideró las aplicaciones realizadas por diversos autores en cuanto al uso, requisitos y consideraciones necesarias para el análisis espacial de datos de accidentes de tránsito en una determinada zona geográfica.

Al respecto (Buzai, 2015) define a la Geoinformática como un conjunto de herramientas digitales necesarias para realizar un tratamiento de datos referenciados espacialmente.

Si bien estas herramientas han sido probadas en cuestiones de estudio y análisis del sistema de salud podemos comprender en similitud que el uso de las mismas en cuestiones de accidentes viales permite realizar cartografías y evaluación de riesgos entre otros usos.

Entre algunas de las herramientas utilizadas para el estudio de datos tenemos al Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) capaz de brindar los posicionamientos georeferenciados de los accidentes de tránsito, ya sea por la toma directa del punto en el lugar del hecho o por el

procesamiento de los datos bajo distintos software y herramientas informática que permiten ubicarlos y mapearlos sobre cartografía específica obteniendo así su distribución geográfica.

El análisis espacial tiene un gran amplitud y en su interior el análisis geográfico permite trabajar en todas las escalas de análisis con altos niveles de integración de datos referenciados espacialmente sobre la superficie terrestre (Buzai y Baxendale, 2006)

Existen diferentes perspectivas del Análisis Espacial, desde aquellas que consideran todo proceso de consulta espacial hasta aquellas que consideran únicamente los aspectos geométricos de las configuraciones espaciales sin tener en cuenta sus atributos asociados (Buzai, 2015).

Berry (1996) citado por Buzai (2015) considera que el Análisis Espacial se define a través de operaciones cuyos resultados dependen de la localización espacial, es decir, que si se mueven espacialmente las entidades los resultados cambian.

Bosque (1992) es mucho más específico en tanto define el análisis espacial como “el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales”.

Como dice Buzai (2015) los conceptos fundamentales para poder realizar un análisis espacial son los de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial.

- Localización: el concepto considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico. El sitio se encuentra referenciado a un sistema de coordenadas geográficas (latitud-longitud) que no cambia con el tiempo y a partir del cual se le asignarán valores cuantitativos precisos de su ubicación.
- Distribución espacial: el concepto considera que el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparten de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema raster. Manchas de entidades geográficas puntuales pueden ser transformadas como áreas de diferentes forma y extensión. Buzai (2015) sugiere

considerar como intensidad cualquier variable que puede ser distribuida en un área de estudio en base a los procedimientos típicos de la cartografía temática mediante la selección de intervalo de clase y como densidad, la distribución espacial podría ser considerada (tomando como modelo la terminología estadística) como una frecuencia con la que esos hechos se reparten sobre el espacio geográfico.

- Asociación espacial: el concepto considera el estudio de las semejanzas encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales. La forma de comparación más clara y directa es el análisis visual que se puede realizar con posterioridad a la superposición cartográfica de dos distribuciones. A través de este procedimiento, una distribución espacial A se puede superponer a una distribución espacial B y de esa manera verificar su grado de asociación en base a una proporción de correspondencia.
- Interacción espacial: el concepto considera la estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios) distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultantes fundamentales en la definición de espacios funcionales. Corresponde a la conceptualización de los componentes básicos que se consideran en el análisis sistémico. Los estudios que abordan el análisis de la interacción espacial apuntan a medir los diferentes tipos de vínculos horizontales entre las entidades geográficas localizadas. Los conceptos de conexión y accesibilidad adquieren gran relevancia al intentar realizar mediciones varias que lleven a la descripción más completa de la estructura espacial que corresponde a la posición y conexión física por flujos de diferente contenido entre las entidades distribuidas en el espacio geográfico.
- Evolución espacial: el concepto considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro. Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente (recordemos que la Geografía generalmente se presenta como una ciencia del presente), sin embargo, en ningún momento se deja de reconocer que la dimensión temporal es de gran importancia en un análisis geográfico completo, siendo que al ir hacia el pasado muestra el origen de las manifestaciones empíricas del presente. Centrarse en el *donde* corresponde a una visión basada en la localización y en el *cuándo* en una visión basada en el tiempo. El *cómo*, desde un punto de vista espacial, presentaría el camino evolutivo espacio-temporal.

---

## **4.6- Sistemas de Información Geográfica – SIG y Modelos de Datos**

El amplio y variado espectro de aplicaciones posibles, al mismo tiempo de convertirse en un medio tecnológico que se puede utilizar con diferentes finalidades, hace que en la actualidad no se le pueda brindar una definición de reconocimiento único (Buzai, 2015).

En este sentido dice Buzai (2015) un SIG puede ser visto en base a cuatro aspectos diferentes:

- Entorno de trabajo: sistema basado en al computación para el manejo de datos espaciales
- Funcionalidad: sistema que permite la obtención, almacenamiento, tratamiento y reporte de datos espaciales.
- Contenido: sistema apoyado en una base de datos que contiene datos espaciales
- Propósito: sistema de apoyo a la toma de decisiones en materia espacial.

Para representar información útil para el usuario de los SIG se utilizan dos tipos de modelos: modelo raster y modelo vectorial.

El modelo raster divide el espacio geográfico mediante una matriz cuadrada en donde cada celda contiene información correspondiente a la característica dominante en ella. Cada celda es una localización, técnicamente se denomina píxel (picture element) y es la unidad mínima de representación espacial. (Buzai, 2013).

Buzai (2013) explica además cuáles son las características sobresalientes de este modelo:

- Permite realizar fácilmente procedimientos de análisis espacial por superposición temática de variables
- Es un formato que tiene compatibilidad directa con las imágenes satelitales .

El modelo vectorial organiza los datos geográficos en base a la perspectiva de bases de datos relacionadas y a partir de esto permite trabajar digitalmente utilizando las tres entidades gráficas que se usan para la confección de mapas: puntos, líneas y áreas. (polígonos). A partir de aquí, las bases de datos alfanuméricas asociadas a estas entidades geográficas son bases de datos alfanuméricas puntuales, lineales o areales (Buzai, 2013), pudiéndose hacer consultas desde la base de datos alfanumérica hacia la cartografía o a la inversa en lo que se denominan consultas espaciales.

Para Buzai (2013) este modelo posee características sobresalientes como:

- Es una estructura que genera diseños más reales del espacio geográfico al representar sus entidades a través de puntos, líneas y áreas.
- Permite realizar operaciones en la base de datos alfanumérica y representarlas en el mapa. Sus características de inventario es prácticamente inagotable.
- Los diseños cartográficos son de excelente calidad y permiten aplicar claramente los conceptos de la cartografía temática.

#### **4.7- Densidad de Kernel – Hot spots**

La distribución de los datos de accidentes de tránsito sobre una zona geográfica pueden ser tratados conforme distintos modelos para obtener información útil a partir del análisis geográfico.

Los Sistemas de Información Geográfica permiten en éste caso realizar un análisis de la distribución de los distintos puntos donde se producen los accidentes, para establecer relaciones dentro de ciertas áreas específicas, con el fin de establecer si existe la posibilidad de determinar patrones de distribución, es decir, si es posible observar una acumulación de los accidentes en un determinado tramo de las vías de circulación durante un periodo de tiempo pre establecido.

De la teoría referente al estudio de la gestión de los puntos negros, zonas calientes o hot spots se puede concluir que los mismos tienen distintas definiciones y denominaciones que

rondan básicamente en considerar que las zonas establecidas como tales (zonas calientes) surgen de la comparación del número de accidentes en un determinado espacio geográfico con otros de similares características. Es decir que se entiende a tales zonas como un lugar específico de las zonas de circulación vehicular de una longitud determinada donde el número de choques con víctimas (ilesos, heridos y fallecidos) haya igualado o superado un valor aceptado de hechos, en un lapso de años y a partir de éstas consideraciones podemos buscar o analizar si existen factores que inciden en estos accidentes de tránsito en éstos tramos determinados y de ellos poder establecer los cuales merecen un análisis particular a partir de la observación y la inspección ocular de la zona.

Los SIG poseen herramientas para la determinación de zonas de mayor densidad, es decir zonas donde existe una concentración de accidentes de tránsito mayor que en otras de similares características.

El principio básico de determinación de éstas zonas de mayor densidad como producto raster parte del análisis de las distribuciones de los elementos sobre un área determinada utilizando la estimación de densidad tipo Núcleo con una función de Kernel.

Este concepto considera que dada la muestra de  $n$  observaciones reales  $X_1, \dots, X_n$  se define la estimación tipo Núcleo  $K$  a

$$\hat{f}_n(x) = \frac{1}{n h_n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde  $K(x)$  es una función, denominada función Kernel función núcleo o función peso, que satisface ciertas condiciones de regularidad, generalmente es una función de densidad simétrica como por ejemplo la de la distribución normal, y  $h_n$  es una secuencia de constantes positivas conocidas como ancho de ventana, parámetro de suavización o bandwidth (Miñarro, 1998).

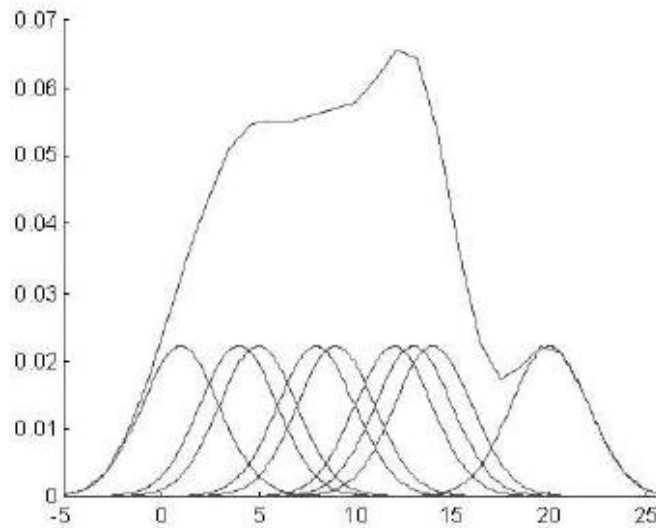
En la Tabla nº 2 se observan algunas funciones núcleo univariantes más comunes las cuales pueden usadas para el análisis de densidad tipo núcleo.

Núcleo	$K(t)$	Rango
Epanechnikov	$\frac{3}{4}(1-t^2)$	$ t  < 1$
Gauss	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-(1/2)t^2}$	$ t  < \infty$
Triangular	$1 -  t $	$ t  < 1$
Rectangular	$\frac{1}{2}$	$ t  < 1$
Biweight	$\frac{15}{16}(1-t^2)^2$	$ t  < 1$
Triweight	$\frac{35}{32}(1-t^2)^3$	$ t  < 1$
Arco coseno	$\frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{2}t$	$ t  < 1$

**Tabla 4:** Funciones núcleo univariantes. Fuente: Antonio Miñarro, 1998

El estimador núcleo puede interpretarse como una suma de protuberancias (del inglés bump situadas en las observaciones). La función núcleo  $K$  determina la forma de las protuberancias mientras que el parámetro  $h_n$  determina su anchura. Al igual que en el histograma  $h_n$  también determina la cantidad de suavización de la estimación, siendo el límite cuando  $h_n$  tiende a cero. También puede interpretarse como una transformación continua de la función de distribución empírica, de acuerdo a la función  $K(x)$  que se encarga de redistribuir la masa de probabilidad  $1/n$  en la vecindad de cada punto muestral (Miñarro, 1998).

En la Figura 1 podemos observar una estimación mostrando los núcleos individuales.



**Figura nº 1:** estimación de la función de densidad tipo núcleo para una determinada función de Kernel como resultado de núcleos individuales. .

*Fuente:* Antonio Miñarro. 1998

## 5- MATERIALES

Contamos para desarrollar éste trabajo con un archivo vectorial callejero bajado de Open Street Maps (OSM) el que se obtuvo a través del plug-in de QGIS “descargar datos de OSM” el que permite descargar un archivo en formato .osm que luego es transformado en un archivo vectorial con un Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) POSGAR 07 faja 5 .

Open Street Maps (OSM) es un proyecto colaborativo que es utilizado para crear mapas editables y libres, manteniendo datos sobre caminos, senderos, cafeterías, estaciones de ferrocarril. Este proyecto junto con sus colaboradores utiliza imágenes aéreas, dispositivos GPS, mapas y otras fuentes de datos libres para verificar que estos datos sean precisos y al mismo tiempo sean actualizados.

Existen distintos software que pueden ser utilizados para el análisis geográfico propuesto para este trabajo pero por su simplicidad y familiaridad en su uso se optó mayormente por trabajar con QGIS Desktop 2.18.9, realizando análisis e interpretación de las distintas aplicaciones que su entorno facilita para el análisis propuesto.

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License y es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Este sistema apto para el análisis de nuestras variables soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos.

Se contó con una Base de Datos correspondiente al 2016 con datos sobre accidentes de tránsito en los cuales se encuentran involucrados al menos un individuo lesionado o fallecido como producto del hecho, compuesta por una planilla de datos en formato Excel realizados por la Dirección Accidentología Vial de la Policía de Entre Ríos y suministrados por el Observatorio Provincial de Seguridad Vial de la Provincia de Entre Ríos la cual posee 600 registros dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná los que luego del proceso de geocodificación al que fue sometido solo se pudieron validar 573 registros quedando un 4,5% de los datos descartados. Esta

---

Base de datos (BD 2016), en su formato original, no posee columna de geocodificación de las direcciones registradas donde ocurrió el accidente de tránsito.

Se trabajó también con otra fuente de datos correspondiente al año 2017 compuesta por una planilla de datos en formato .csv realizado por la carga de datos del Sistema Integral de Gestión de la Información de Seguridad Vial donde los organismos correspondientes en cada provincia cargan los datos referente a los accidentes de tránsito ocurridos con intervención policial en los cuales se registran al menos un herido o fallecido por causa del hecho y fue suministrada por el Observatorio Provincial de Seguridad Vial de la Provincia de Entre Ríos. Esta Base de Datos 2017 (BD 2017) posee una columna con las coordenadas geográficas del hecho registrado entre otras variables de interés a ser tenidas en cuenta para otro estudio posterior.

Un archivo vectorial que fuera consultado y bajado de la página de la Policía de Entre Ríos elaborado por el área Jurisdicciones de la ciudad Paraná, donde se encuentran los límites de actuación policial por Comisaria dentro del ejido urbano de la ciudad.

También se utilizaron herramientas provenientes de diferentes Sensores Remotos para la verificación de datos de posicionamiento en Google Maps, Google Earth Pro.

Para la determinación de las coordenadas geográficas de las tablas normalizadas para el año 2016 se utilizó el plug-in Geocode Cells de Google que nos permite obtener información de coordenadas hasta 1000 consultas diarias sin costo alguno.

---

## 6- METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA NORMALIZACIÓN DE TABLAS DE DIFERENTES FUENTES

Este trabajo de investigación es del tipo cuantitativo descriptivo donde se confrontó lo metodológico con la base empírica, por cuanto se requirió en un primer momento de datos para la conformación de elementos geográficos los que fueron luego tratados mediante herramientas que proveen los Sistemas de Información Geográficos.

Se pueden observar en ésta investigación cuatro etapas bien diferenciadas compuestas de la siguiente manera:

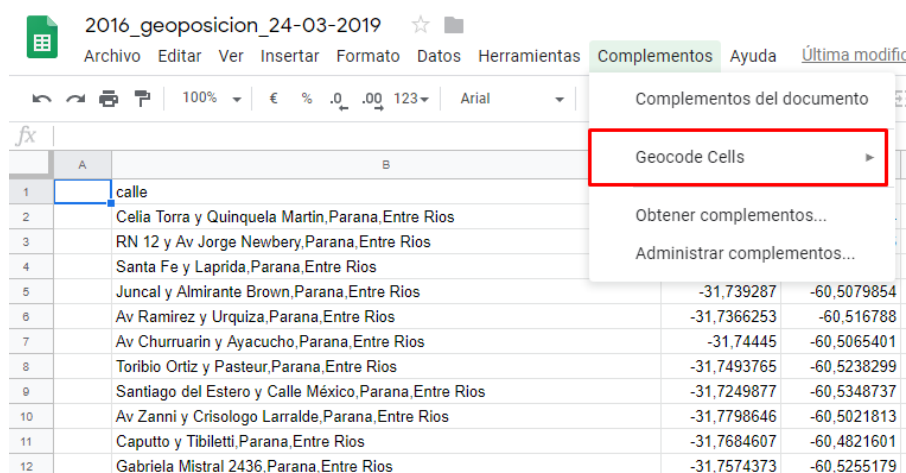
Etapa de recolección de datos de fuentes primarias y normalización de las bases de datos para la elaboración de tasas o índices explicativos, donde se realizó un análisis de las estructuras de las base de datos 2016 y 2017 en función de los atributos que cada una describía con el fin de interpretar las distintas categorías y poder unificarlas. Estas bases de datos por sus lugares de procedencia registran el dato de manera disímil con interpretaciones del hecho variadas y con características específicas del organismo que la produce las cuales debieron ser analizadas y transformadas a un mismo criterio de clasificación de la variable registrada.

Etapa de organización y distribución espacial; con el fin de contar con bases de datos unificadas, en cuanto a un mismo criterio de evaluación de las variables registradas, se logró establecer criterios específicos para la transformación de la misma cuidando representar el mismo dato de las tablas originales en una nueva base de datos, atendiendo a la necesidad de realizar luego el mapeo y localización de las zonas establecidas como lugar del accidente.

Para esta etapa se debió realizar un reordenamiento, corrección y verificación de la coordenada de la Base de Datos 2016 (BD\_2016) utilizando Google Maps y Google Earth Pro de

los lugares donde se produjeron accidentes de tránsito con lesiones y muertos dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná., se realizó la carga manual con el fin de interpretar la escritura y la estructura que debe tener la misma para poder encontrar en el mapa el lugar especificado por el usuario. Se ubicó el lugar mientras que a las direcciones que no eran localizadas o las intersecciones que no fueron halladas se las ingresó de forma manual. Para poder obtener la localización en coordenadas geográficas latitud (lat.) y longitud (long) luego del control de los parámetros descriptivos del lugar (direcciones) se utilizó el complemento Geocode Cells de hojas de cálculo de Google con el cual se obtuvo las coordenadas correspondientes, las que luego de generar un archivo .csv se mapearon con el fin de confirmar si las localizaciones eran correctas.

En caso de no encontrarse la localización del parámetro el motor de búsqueda fija el punto en la coordenada latitud y longitud cero o fuera del ejido urbano. Estos datos fuera del área de estudio permiten analizar nuevamente la descripción de la ubicación, modificarla y nuevamente utilizar el plug-in Geocode Cells tantas veces como sea necesario para que las ubicaciones se dispongan sobre la cartografía de la zona geográfica del ejido urbano de la ciudad de Paraná, no pudiendo superar el total de 1000 consultas diarias para ésta aplicación.



	A	B	
1	calle		
2	Celia Torra y Quinquela Martin,Parana,Entre Rios		
3	RN 12 y Av Jorge Newbery,Parana,Entre Rios		
4	Santa Fe y Laprida,Parana,Entre Rios		
5	Juncal y Almirante Brown,Parana,Entre Rios	-31,739287	-60,5079854
6	Av Ramirez y Urquiza,Parana,Entre Rios	-31,7366253	-60,516788
7	Av Churruarin y Ayacucho,Parana,Entre Rios	-31,74445	-60,5065401
8	Toribio Ortiz y Pasteur,Parana,Entre Rios	-31,7493765	-60,5238299
9	Santiago del Estero y Calle México,Parana,Entre Rios	-31,7249877	-60,5348737
10	Av Zanni y Crisologo Larralde,Parana,Entre Rios	-31,7798646	-60,5021813
11	Caputto y Tibiletti,Parana,Entre Rios	-31,7684607	-60,4821601
12	Gabriela Mistral 2436,Parana,Entre Rios	-31,7574373	-60,5255179

**Figura n° 2:** utilización de Geocode Cells de tablas de Google para determinar las coordenadas geográficas (lat – lng).

---

Etapa descripción de las técnicas de mapeo; el objetivo de esta etapa fue registrar los pasos necesarios para normalizar el uso de las Bases de Datos 2016 (BD 2016) y la Base de Datos 2017 (BD 2017), llevando a cabo la transformación y la recategorización en algunos casos de las variables para que sean semejantes para el trabajo entre ambas bases de datos. Luego de contar con la normalización o estandarización de ambas Bases de Datos se trabajó con archivos vectoriales para determinar zonas sobre el ejido urbano donde se concentraba un mayor número de accidentes de tránsito.

Esta etapa se desarrolla utilizando como herramienta el software QGIS y algunos de sus complementos, tanto para el análisis geográfico de los datos como para la selección y agrupamiento de variables de interés utilizando funciones como: intersección, unión, contar puntos dentro de polígonos, reclasificación de la variable, buffer, filtros, etc.

Etapa de producción de mapas; Esta etapa tiene como fin mostrar los resultados del análisis espacial y mostrar cartografía específica sobre el estado y situación real de los accidentes de tránsito durante el 2016 y 2017, para comprender la problemática vial dentro de la ciudad de Paraná y específicamente sobre determinadas trazas o zonas.

Se trabajó con las BD 2016 y BD 2017 con el fin de analizar y encontrar parámetros o patrones de repitencia en ambos años en referencia a los accidentes de tránsito.

El procesamiento de los datos y la unificación del sistema de referencia de coordenadas en POSGAR 07 permitieron analizar los datos con el complemento de mapa de calor de QGIS pudiendo producir mapas temáticos de gran calidad y utilidad para el presente trabajo de investigación.

---

### **6.1 Metodología de recolección de datos de fuentes primarias y normalización de las bases de datos para la elaboración de tasas o índices explicativos:**

Para el estudio se contó con dos Bases de Datos (BD) aportadas por el Observatorio Vial de la Provincial de Entre Ríos las que cuentan con los datos registrados de accidentes de tránsito sin lesiones o con lesiones leves, graves y/o fallecidos ocurridos en la ciudad de Paraná de la Provincia de Entre Ríos.

En el proceso de registro del dato se cuenta al inicio del estudio con una BD en formato .xlsx con 600 registros realizada durante todo el 2016 por Criminalística de la Policía de Entre Ríos, División Accidentología Vial, la cual cuenta con importantes registros de los hechos sucedidos en el Departamento Paraná. En la misma se encuentran variables obtenidas a partir del hecho de tránsito en las que se encuentran fechas, comisaría, dirección donde ocurrió el hecho (ciudad, ruta, camino vecinal), el momento del día en el cual ocurre el hecho (mañana, tarde, noche), si hubo lesionados y en ese caso el tipo de lesión (leve, grave, fallecido), el día de la semana, el rango de edad de los implicados, y los vehículos intervinientes.

Respecto a la ubicación del hecho se puede observar que no se encuentran en dicha fila las coordenadas geográficas de los registros, lo cual resulta imprescindible para el análisis espacial de los datos con que se cuenta. Por consiguiente y dada la importancia de contar con este dato se hizo necesario determinar la forma y metodología de ubicar geográficamente las direcciones donde se produce el hecho de una manera eficiente y confiable.

A éste proceso de Codificación Geográfica se puede abocar en un primer momento con los archivos que poseen los registros de los accidentes ocurridos en el año 2016 con el fin de determinar una metodología de trabajo para ser implementadas en BD anteriores a esta fecha.

Para el año 2017 se cuenta con información digitalizada en formato .csv obtenida del software SIGISVI (Sistema Integral de Gestión de la Información de Seguridad Vial) la cual cuenta con mayor cantidad de variables ubicadas por columnas con diferencias encontradas en cuanto a la categorización de la variable de una BD a otra en los años 2016 y 2017.

De la misma manera y luego de un análisis de las tablas 2016 y 2017 como así también de las variables con que cada una cuenta se consideró necesario encontrar variables comunes con el



### 6.3 Análisis y Síntesis de la Variable COMISARIA.

Para el caso de la variable Comisaría se redujo la información dispersa dentro de una columna con el fin de reorganizar la base de datos utilizando una clasificación que permita luego poder confrontar datos entre 2016 y 2017.

La fórmula utilizada para como primer paso para agrupar la variable Comisaría es:

=SI(B4=1;1;SI(C4=1;2;SI(D4=1;3;SI(E4=1;4;SI(F4=1;5;SI(G4=1;6;SI(H4=1;7;SI(I4=1;8;SI(J4=1;9;SI(K4=1;10;SI(L4=1;11;SI(M4=1;12;SI(N4=1;13;SI(O4=1;14;SI(P4=1;15;SI(Q4=1;16;17))))))))))))))

Así y luego de desplegar la fórmula a los demás registros se constató que la rutina aplicada reflejaba la categoría señalada en la BD procediéndose a fusionar cadenas de caracteres entre el valor numérico de la Comisaría (en la columna U) y la palabra "Comisaría" (en la columna V) utilizando la fórmula =(fila\_columna"Comisaría")&" "&(fila\_columnaNº) para obtener una nueva columna con Comisaría y el número correspondiente. Para el caso se puede observar en la Figura nº 4 la carga de registro y el número de comisaría y en la columna Comisaría Número el resultado final del registro con el valor correspondiente a la categoría considerada.

Id_acci	FE	COMISARIA																	numero	comisaría	Comisaría Número	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
1	01-ene											1								12	Comisaría	=V4&" "&U4
2	02-ene														1					15	Comisaría	Comisaría 15
3	02-ene	1																		1	Comisaría	Comisaría 1
4	02-ene			1																4	Comisaría	Comisaría 4
5	02-ene		1																	2	Comisaría	Comisaría 2
6	04-ene				1															4	Comisaría	Comisaría 4

**Figura nº 4:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs ordenamiento del registro de acuerdo a la categoría de la variable. (elaboración propia)

#### **6-4 Análisis y Síntesis de la Variable ZONA DE OCURRENCIA**

De la misma manera que en el punto anterior fue necesario procesar esa información para homogenizar la variable que luego será analizada junto con la BD 2017 en la cual se encuentra la variable **tipo\_via\_publica** categorizada en Autopista, Autovía, Avenida, Calle, Camino, Ruta Nacional, Ruta Provincial. Para ello se procedió a reagrupar en la BD 2016 las variables CIUDAD, RUTA y CAMINO VECINAL en una sola columna.

A los fines de este estudio, si bien se han considerado los accidentes de tránsito relevados por la Policía de Entre Ríos y aportados por el Observatorio Provincial de Seguridad Vial dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná, se han tomado que respecto a la variable utilizada en el 2017 **zona\_de\_ocurrencia** la misma clasifica la variable en urbana o rural.

De ello surge que por el conjunto de datos con que se cuenta deberían ser mayormente todos estos registros ocurridos en zona urbana. Pero a los fines de este trabajo se consideró que todo hecho de tránsito ocurrido en las rutas tanto nacionales como provinciales (que sirven de límite del ejido) como accesos a la ciudad, por las características de la vía y del lugar donde se produjo se encuadre dentro de la categoría rural. En la figura nº 5 se puede observar la reclasificación realizada.

Las fórmulas utilizadas en Excel para determinar **zona\_ocurrencia** corresponde a una secuencia lógica de analizar cada celda y su columna, lo cual genera como resultado final si el hecho ocurrió en urbano o rural.

2016 PARANA				
Comisaría Número	zona_oc urrencia	tipo_vía_ publica	CIUDAD	ruta
Comisaría 12	urbano	calle	Calle Celia Torra y Quinquela Martín	
Comisaría 15	rural	Ruta		Ruta N° 12 Y Av Jorge Newberg
Comisaría 1	urbano	calle	Santa Fe y Laprida	
Comisaría 4	urbano	calle	Juncal y Almirante Brown	
Comisaría 2	urbano	Avenida	Av Ramirez y Urquiza	
Comisaría 4	urbano	Avenida	Av Churrurarin y Agacucho	
Comisaría 2	urbano	calle	Toribio Ortiz y Pasteor	

**Figura nº 5:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el Observatorio Vial de la Provincia de Entre Ríos vs reclasificación zona\_de\_ocurrencia (rural – urbano) y tipo\_vía\_publica.(ruta- calle – avenida). (elaboración propia)

### 6-5 Análisis y Síntesis de la Variable TIPO DE VIA PÚBLICA

La reclasificación a realizar será Calle – Ruta – Avenida para lo cual se trabajó por un lado extrayendo el dato de aquellos registros que sucedieron en Ruta. Respecto de las categorías Calle-Avenida, las cuales no se encuentran disgregadas de la lista de direcciones se procedió a buscar los caracteres “Av” para determinar que existía un hecho de tránsito ocurrido sobre Avenida. Si no se encuentra dentro de la descripción de la dirección catastral “Av” se procede a considerar que dicha dirección toma la categoría de “Calle”. Para el caso también se utilizó una prueba lógica dando un valor determinado si el resultado es verdadero y otro si es falso.

En la figura nº 5 se puede observar la construcción de la variable para los diversos registros los que luego fueron constatados en la ubicación geográfica correspondiente al realizarse el mapeo y control de cada registro.

Esta secuencia lógica de búsqueda permitió al mismo tiempo en la etapa de constatación y codificación geográfica que los datos se actualizarán automáticamente en caso de ser actualizado el valor en cuestión.

#### **6-6 Análisis y Síntesis de la Variable Momento del día (Mañana, tarde, noche)**

Para el caso de esta variable se observó también en la BD 2016 que la misma se encuentra disgregada en tres columnas para lo cual se procedió también a realizar una prueba lógica determinando la existencia del dígito 1 que representaba la selección de la celda y con ello se asociaba a la columna correspondiente.

De esta manera se tiene la clasificación Mañana para eventos que ocurren entre las 06:00 hs y las 14:00 hs, de tarde entre las 14:00 hs y las 20:00 hs y noche entre las 20:00 hs y las 06:00 hs como es utilizado por la Policía de Entre Ríos para llevar el registro del siniestro de tránsito.

Si bien la ANSV (Agencia Nacional de Seguridad Vial) considera en sus Anuario estadístico del año 2017 de Siniestralidad Vial en nuestro país solo dos categorías distinguibles en la variable `horario_de_ocurrencia`, diurno y nocturno, en nuestro caso no se posee el dato completo de la hora en que sucedió el hecho vial en la BD 2016 registrado por la Policía de entre Ríos. Por esta razón y a los fines de poder cotejar luego valores entre 2016 y 2017 se discriminaron las categorías establecidas por los funcionarios policiales como categorías Mañana- Tarde- Noche pudiéndose luego realizar en la BD 2017 el mismo procedimiento teniendo en cuenta los datos completos que se tiene de hora minuto del hecho sucedido.

En la figura nº 6 se puede observar el proceso de simplificado de columnas y la construcción de la variable `Momento_del_día`.

2016 PARANA			
MAÑAN	TARDE	NOCHE	momento_del_dia
		1	=SI(AE4=1;"mañana";SI(AF4=1;"tarde";"noche"))
		1	noche
1			mañana
1			mañana
	1		tarde

**Figura nº 6:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs reclasificación momento\_del\_día de ocurrencia del hecho (mañana, tarde, noche). (elaboración propia)

Del análisis de las categorías diurno y nocturno se puede observar por el rango de horarios fijados por la ANSV que los mismos no representan en nuestra ciudad rangos tan diferenciados y de tanta amplitud como se propone. El caso es que en la Capital Federal, Gran Buenos Aires y otras ciudades y provincias el horario de mayor movimiento ocurre a partir de las 7:00 hs de la mañana y hasta las 19:00 hs considerando variables como las actividades comerciales que realizan horarios corridos.

En la ciudad de Paraná, los horarios pueden establecer en 3 franjas horarias del día donde se puede diferenciar mayormente el movimiento de la ciudad y el tránsito y por tanto comprender con más precisión si existen patrones característicos en estas franjas de tiempo planteadas en este trabajo.

### 6-7 Análisis y Síntesis de la Variable día dela semana

De la misma manera que en los casos anteriores la variable día\_dela\_semana se ha construido a partir de unificar en una sola columna los datos distribuidos en siete columnas destinadas a marcar el día de ocurrencia del registro a documentar.

Nuevamente se utilizó una herramienta sencilla compuesta por una fórmula que posee un análisis lógico del dato por celda para dar como resultado el día de la semana a la que pertenece tal demarcación de fila y columna. La fórmula está compuesta de la siguiente manera lógica.

=SI([celdacolumnalunes]=1;"lunes";SI([celdacolumnamartes]=1;"martes";SI([celdacolumnamiercoles]=1;"miercoles";SI([celdacolumnajueves]=1;"jueves";SI([celdacolumnaviernes]=1;"viernes";SI([celdacolumna sabado]=1;"sabado";"domingo"))))))

El resultado obtenido es una variable categorizada en cada día de la semana como se puede observar en la figura nº 7

2016 PARANA							
LUNES	MARTES	MIERCOLI	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	día_dela_sema
				1			viernes
1							lunes
		1					miercoles
					1		sabado
			1				jueves
	1						martes
						1	domingo

**Figura nº 7:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER vs reclasificación día\_dela\_semana de ocurrencia del hecho. (elaboración propia)

### **6-8 Análisis y Síntesis de la Variable ilesos – heridos – fallecidos.**

La BD 2016 aporta datos del hecho con personas “sin lesiones”, con lesiones “leves”, lesiones “graves” o “fallecidos”. Estos eventos se cuantifican por separado registrando la cantidad de personas que sufren alguna de estas variables. La BD 2017 aporta datos semejante pero clasificados por “ilesos”, “heridos” y “fallecidos”.

Es necesario en este punto redefinir las variables las que se transformarán de la siguiente manera para poder ser relacionadas entre ellas en un posterior estudio:

- ✓ “SIN LESIONES” de BD 2016 pasa a denominarse variable “ilesos”
- ✓ “LEVES” Y “GRAVES” de BD 2016 pasa a denominarse variable “heridos” como suma de ambos datos de leves y graves.
- ✓ “FALLECIDOS ” de BD 2016 mantiene la misma denominación quedando “fallecidos”

En la figura nº 8 se puede observar los nombres que toman las variables y los datos que se van ubicando en cada una de ellas.

**2016 PARANA**

SIN LESIONES	LEVES	GRAVE	FALLECIDOS	ilesos	heridos	fallecidos
1	1			1	1	0
	1			0	1	0
1	1			1	1	0
	1			0	1	0
2	1			2	1	0
1				1	0	0

**Figura nº 8:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSVER (fuente: Dirección de Accidentología Vial- Policía de Entre Ríos) vs reclasificación ilesos- heridos – fallecidos en cada registro. (elaboración propia)

### 6-9 Análisis y Síntesis de la Variable nombre de calle

La BD 2016 que fue aportada por la ANSV y elaborada por la Policía de Entre Ríos, cuenta con una gran base de datos referente a la ubicación del hecho de tránsito con descripción del nombre de la calle y/o intersecciones y en algunos casos se observa el numeral o altura del suceso vial.

La BD 2016 aporta información de interés para el estudio de los accidentes de tránsito pero se encontró que las variables denominadas CIUDAD – RUTA – CAMINO\_VECINAL no cuentan con una norma o protocolo de escritura previo que permita utilizar estas categorías como vienen de primera mano.

Para esto se observaron y se tuvieron en cuenta varias consideraciones las cuales serán detalladas a lo largo de este ítem puesto que serán necesarias para el análisis de cualquier otra base de datos que posea las mismas características de escritura y codificación.

### **6-10 Agregado de localidad y provincia.**

Dentro de los requisitos tenidos en cuenta para una mejor ubicación geográfica de las direcciones e intersecciones es necesario contar con datos sobre la localidad y la provincia. Esta información agregada a los registros de direcciones permite a los motores de búsqueda tener mayor información geográfica para ubicar los puntos solicitados y así obtener una buena codificación geográfica que permita contar con las coordenadas del punto. Esto limita el espacio geográfico donde buscar las direcciones y/o intersecciones lo cual permite obtener con mas certeza la ubicación dentro del ejido urbano.

En la figura nº9 se puede observar como los motores de búsqueda de Google Earth Pro requieren la información para mejor ubicación donde se agrupa la variable nombre\_de\_calle la dirección o la intersección seguido de la localidad y provincia, separando cada término con coma (,).

### **6.11 Proceso de codificación geográfica.**

Se ha dicho que la BD 2016 no cuenta con datos geográficos que nos permitan obtener información sobre mapas y construir a partir de allí información importante para la toma de decisiones.

Todo el trabajo previo realizado hasta aquí si bien requirió de conocimientos elementales de planillas de cálculos para construir las variables, re categorizarlas y en otros casos redefinirlas con el fin de contar con una base de datos para el año 2016 de los accidentes de tránsito ocurridos dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná que pueda ser utilizada para construir datos temporales con respecto a la BD 2017 que posee otras características de interés.

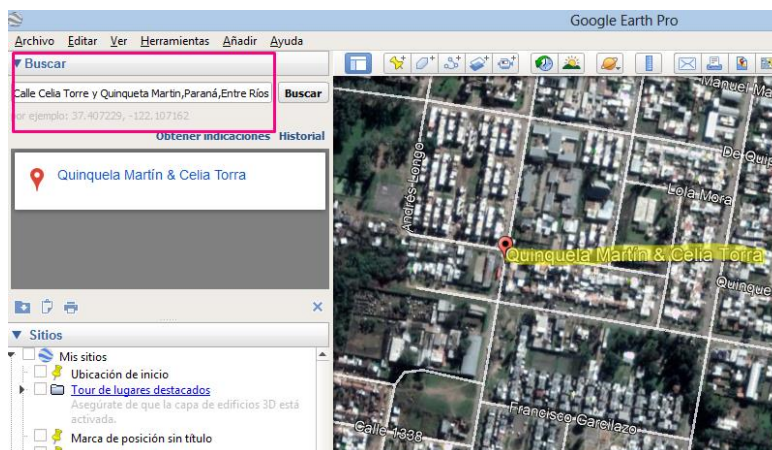
Es justamente esta instancia donde se debe poner mayor atención a la tarea de revisión de los datos para que las conclusiones a las que se ha arribado tengan seguridad en cuanto al método utilizado y ensayado.

Primeramente, se tomaron los registros de cada domicilio de la BD 2016 original y se confeccionó una tabla en el soporte de hojas de cálculo de Google. Una vez ubicadas las columnas de dirección, latitud y longitud se procedió a ejecutar el comando GeocodeCells. Esta herramienta permite encontrar a partir de ciertos parámetros de localización la coordenada de latitud y longitud correspondiente a esa dirección de manera rápida y sencilla.

Así se realizó el proceso de codificación geográfica para este tramo confeccionando la tabla correspondiente y según los datos originales.

Luego de esto y buscando encontrar mayor seguridad en la información que nos devuelve Google GeocodeCells se procedió a tomar dato por dato y contrastarlo con Google Earth Pro con el fin de observar si la dirección con que cuenta el registro se localiza en exactamente sobre el mapa.

En esta tarea se procedió a tomar el dato tal cual se encontraba declarado en la planilla BD 2016, con el agregado de la localidad y provincia (,Paraná, Entre Ríos) copiado y luego pegado sobre la barra de búsqueda del Google Earth Pro como se ilustra en la figura nº 7 donde se puede observar la carga del dato y el posicionamiento del punto el cuál verifica la ubicación.



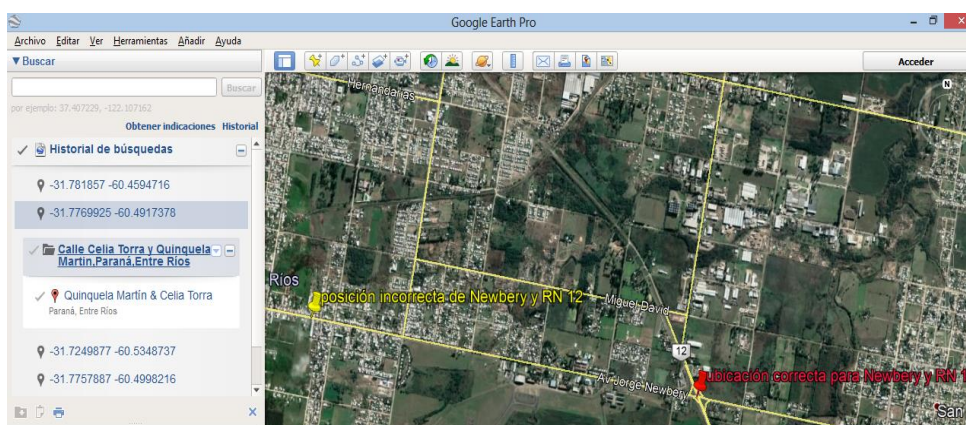
**Figura nº 9:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el Observatorio Vial de la Provincia de Entre Ríos vs codificación geográfica de cada registro.

Se puede decir que se encontraron errores notables de ubicación geográfica en función del dato registrado lo que fue causado por varios motivos que hicieron el dato preciso de la dirección sumado a errores de tipeo en alguna vocal o consonante. De todas maneras se realizaron las correcciones correspondientes verificando que las direcciones coincidan con la denominación que posee el mapa.

Se ha notado gran diferencia en cuanto a la ubicación cuando la dirección se refiere a rutas nacionales o provinciales, accesos, autovías, cortadas o cuando aparece el numeral el cual refiere a la altura de la vía en la cual ocurrió el hecho.

En la figura nº 10 se muestra a modo de ejemplo en color amarillo la ubicación errónea en función de los parámetros ingresados y en color rojo el valor correcto de la ubicación una vez corregido.

En color amarillo la coordenada se ubica en “Ruta N° 12 Y Av Jorge Newbery,Paraná,Entre Ríos” y en color rojo se ubica, una vez realizada la corrección de manera correcta para el parámetro “RN 12 y Av Jorge Newbery,Parana,Entre Rios”



**Figura nº 10:** BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs modificación de los parámetros de búsqueda y corrección de direcciones e intersecciones para cada registro.

Se ubicó punto por punto en un total de 600 registros con que cuenta la BD 2016 y se realizaron correcciones de tipeo, escritura, denominación y en algunos casos fue necesario redefinir la escritura de la dirección fijada por cuanto no se podía geo localizar correctamente.

De los 600 registros se han realizado modificaciones a 306 registros entre los cuales se ha encontrado 210 que fueron modificados por errores en la escritura y tipeo. Entre ellos se cuenta con la necesidad de que los registros no cuenten con la contracción “al numeral Nº”, lo que se descartó “al numeral” quedando solo el nombre de la calle y a continuación “Nº”.

Los errores de tipeo fueron los más comunes encontrando en algunos casos el tipeo del nombre según su pronunciación.

Se corrigieron las abreviaciones de Avenida por Av y en gran parte de ellas el nombre de la misma, requiriéndose un orden que no posee un patrón de escritura puesto que en algunos puntos se ubicaban valores con el nombre y apellido, otros con el apellido, otros con el cargo (General, Gral, Intendente, etc.) y en otros casos con el segundo nombre incluido. No se hallaron cuáles serían los parámetros de escritura o algún tipo de convención en la escritura de las mismas.

También se modificaron las inscripciones de “Ruta Nacional” por RN, “Ruta Provincial” por RP, “Avenida Circunvalación” por el nombre correspondiente que recibe dicha avenida, y “Acceso” por el nombre que recibe o la ruta la cual contiene según el caso. En total se ha encontrado aproximadamente unos 13 registros con esto último.

#### **6.12 Errores de tipeo, nomenclatura y/o intersección no hallada.**

De lo visto precedentemente se ha podido ver cuáles son los errores más comunes de tipeo dentro del listado y los cuales pueden ser subsanados a partir la lectura de cada registro.

Existe otra dificultad que se presenta a la hora de geolocalizar direcciones que tiene relación al número catastral o altura a la que en ocasiones se describe, para poder ubicar la zona donde se produjo el hecho. Del análisis efectuado se ha procedido en caso de que el registro se ubique entre una calle y otra, o frente a algún edificio en particular a la altura media de la cuadra el valor numeral tomado es a la mitad de la cuadra comprendida entre aquellas dos que la contienen.

Es decir en caso que el registro tenga “Buenos Aires frente a Musero de Bellas artes de la Prov. De Entre Ríos,Parana,Entre Ríos” se procedió a corregir el tipeo y descripción quedando

---

“Buenos Aires 350,Parana,Entre Rios” (Id\_accidente= 161). O como en el caso de “Racedo entre 9 de Julio y Monte Caseros,Parana,Entre Rios” se modificó quedando “Racedo 170,Parana,Entre Rios”(Id\_accidente= 219)

Respecto de otro problema encontrado como lo es la falta de intersección se ha podido encontrar y corregir dos tipos en referencia a la misma. Para este estudio de los datos registrados se han encontrado errores salvables del dato y errores de pérdida del dato.

En referencia a los errores de pérdida del dato, se puede decir que estos fueron descartados por cuanto no dan indicios ciertos y seguros sobre la ubicación geográfica correspondiente. Tal es el caso del registro Id\_accidente 198 “Acceso Norte frente a Frutería "EL ACCESO" y planta de Gas,Parana,Entre Rios.” el cual no ha podido ser ubicado puesto que no cuenta con datos precisos. O el registro Id\_accidente 273 “Av Jorge Hernandez,Parana,Entre Rios” el cual no cuenta con numeral para la ubicación puntual.

De este tipo de registro se han descartado 27 registros los cuales fueron eliminados de la BD 2016 junto con su número de Id correspondiente por no poder determinar la zona o ubicación de referencia.

En cuanto a errores salvables se han encontrado de dos tipos entre los 14 registros encuadrados dentro de éste tipo de error: por registro del dato como descripción de un determinado edificio y el nombre de la calle como en el registro Id\_accidente 233 que describe “Av Almafuerde frente Diarco,Parana,Entre Rios” el cual fue posicionado manualmente tomando la lectura correspondiente de sus coordenadas geográficas y conservando su descripción original.

Otro caso en relación a determinar el punto y por tanto salvar la falta de especificación del dato es cuando se encuentran descriptos correctamente los parámetros correspondientes a la dirección pero igualmente no hay intersección en el Maps o en el Google Earth Pro. Es decir como ocurre con los registros Id\_accidente 84 y 245 que marcan el punto en la intersección de “Av Laurencena y Presidente Alfonsin,Parana,Entre Rios” observándose que las trazas de los vectores de las vías de circulación no se intersectan a nivel mapa por tanto devuelve un punto como coordenada del mismo que es errónea para considerarla.

Lo mismo ocurre con los registros Id\_ accidente 309 y 352 que describen “Ruta Nº 12 y Salellas” no existiendo dicha intersección a nivel vectorial.

En ambos casos se procedió a ubicar el punto sobre el mapa y tomar de allí el valor de la coordenada geográfica para ser agregada a la BD 2016.

### **6.13 Revisión, estudio y constatación de Datos 2017**

La BD 2017 posee datos registrados en un archivo .csv con 1589 datos recolectados y registrado por personal dependientes de la Policía de Entre Ríos en toda la Provincia con lesionados y muertos por accidentes de tránsito.

A diferencia de la BD 2016 la BD 2017 registra hechos de tránsito con lesionados y muertos pero no hay registros cuando sólo hay ilesos.

Luego de un proceso de filtrado y selección se cuenta con 155 registros dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná los cuales cuentan con mucha información respecto del hecho.

Se suma a esta base de datos un archivo en formato .csv donde bajo el mismo Id\_siniestro se relaciona con la BD 2017 y aporta datos referidos a las características de los vehículos intervinientes.

### **6.14 Análisis y Síntesis de la Variable COMISARIA.**

Para el caso de la variable Comisaría se redujo la información dispersa dentro de una columna con el fin de reorganizar la base de datos utilizando una clasificación que permita luego poder confrontar datos entre 2016 y 2017. Se depuro y trabajo con esta variable de la misma manera que con la BD 2016.

---

### **6.15 Análisis y Síntesis de la Variable ZONA DE OCURRENCIA y TIPO DE VIA**

En esta BD 2017 los registros cuentan ya discriminados si el hecho ocurrió en zona urbana y si dentro de la zona urbana ocurrió en Calle, Avenida o Ruta.

### **6.16 Análisis y Síntesis de la Variable Momento del día (Mañana, tarde, noche)**

Para el caso de esta variable la BD 2017 cuenta con el horario en que se produjo el hecho debiéndose agrupar en una nueva variable en función y en concordancia a las consideraciones realizadas para la BD 2016 en la que se utilizó la clasificación Mañana para eventos que ocurren entre las 06:00 hs y las 14:00 hs, de tarde entre las 14:00 hs y las 20:00 hs y noche entre las 20:00 hs y las 06:00 hs como es utilizado por la Policía de Entre Ríos para llevar el registro del siniestro de tránsito.

### **6.17 Análisis y Síntesis de la Variable día dela semana**

De la misma manera que en los casos anteriores la variable dia\_dela\_semana se ha construido a partir de unificar en una sola columna el dato ingresado como fecha/mes/año. Para ello las planillas de cálculo poseen la forma de definir las propiedades de la celda y mostrar el día de la semana que corresponde a una determinada fecha.

### **6.18 Proceso de codificación geográfica.**

La BD 2017 posee dos columnas en las cuales se encuentran los datos de la latitud y longitud que determina el punto donde se relevó el accidente de tránsito lo que facilita el uso de este tipo de base de datos. Esta información es requerida al personal encargado de cargar y documentar los datos recolectados, siendo indispensable cargar la geolocalización para poder cerrar y guardar el registro.

## 7- METODOLOGIA DE ANÁLISIS DE LOS DATOS.

### 7.1 Construcción de mapas con la distribución de los accidentes de Tránsito 2016 y los accidentes 2017 a partir de los registros en las Bases de Datos.

Con las BD 2016 y BD 2017 se procedió a crear un archivo .csv delimitado por coma con el fin de ubicar estos valores en la ciudad de Paraná y construir así un primer mapa de distribución de los accidentes en QGIS (versión 2.18.9)

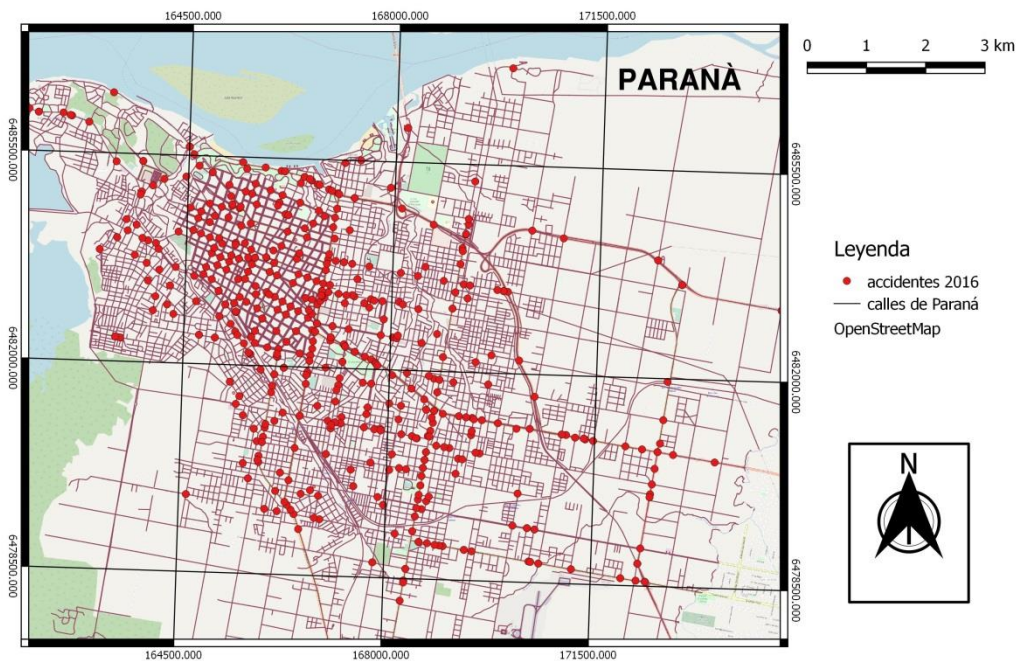
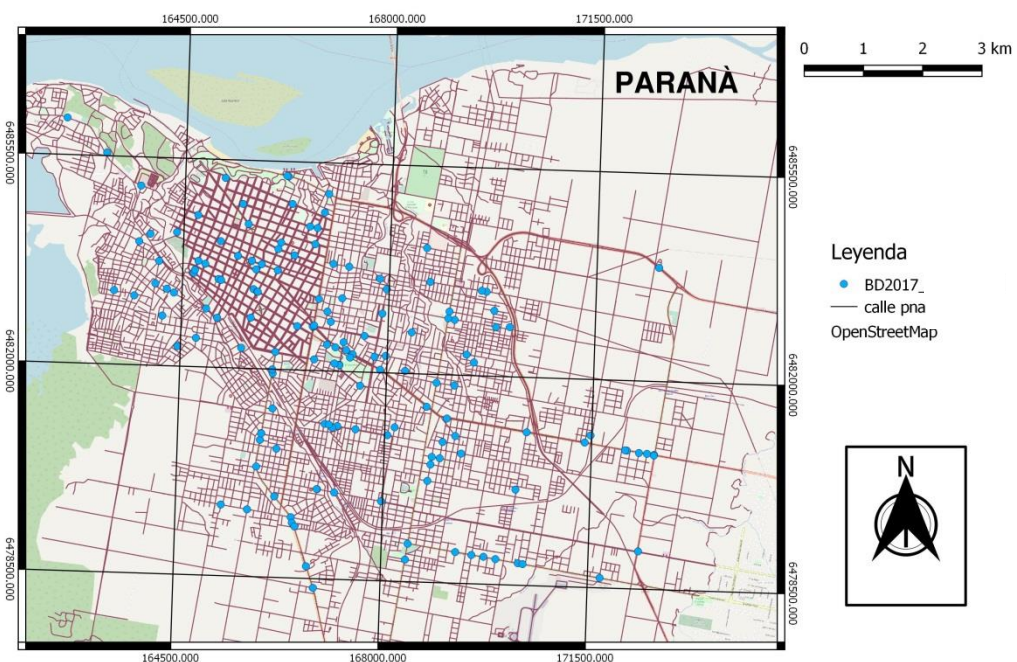


Figura nº 11: BD 2016- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs geolocalización de los registros

Primero se obtuvo un archivo vectorial de las calles y referencias de las vías de circulación de la ciudad de Paraná, a partir de delimitar en OSM (Open Street Maps) la zona de interés para el análisis de los accidentes de tránsito. Esta descarga de datos vectoriales se hizo a partir de la función OpenStreetMap que se encuentra en QGIS determinando manualmente la zona de interés. Para esta zona, delimitada para la ciudad de Paraná se seleccionó un sistema de referencia para las coordenadas geográficas en EPSG:5347- POSGAR 2007/Argentina 5 con el fin de poder realizar luego estudios de concentración de los accidentes a partir de la confección de mapas de calor.

Para la BD 2016 visada, ordenada y recategorizada se creó un archivo vectorial seleccionando el sistema de referencia de coordenadas en EPSG:5347- POSGAR 2007/Argentina 5.

Se realizó en QGIS una composición entre esta capa de puntos con la capa con las vías de circulación existentes dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná (figura nº 11) con el fin de obtener el mapeo general de los datos de accidentes de tránsito dentro de la ciudad para ilesos, heridos y fallecidos en el lugar del hecho con un total de 573 datos fijados.



**Figura nº 12:** BD 2017- Paraná – datos originales aportados por el OPSEVER vs geolocalización de los registros

El mismo procedimiento se aplicó a la BD 2017 con los datos aportados por el sistema SIGISVI y los cuales fueron reordenados y visados para normalizar los datos junto con la BD 2016 y así poder realizar distintos tipos de análisis estadísticos a los fines de presente trabajo (Figura nº 12).

## **7.2 Determinación de proporciones e indicadores normalizados para el estudio de los accidentes de tránsito.**

Como se ha analizado con anterioridad uno de los índices más utilizados para obtener un diagnóstico acerca de la situación referida a los accidentes de tránsito es la Tasa de Mortalidad la cual expresa la relación entre el número de víctimas fatales que ocurren en una unidad geográfica considerada cada cien mil habitantes de la misma unidad geográfica, para un período de tiempo determinado. (Observatorio Vial, 2017)

Dentro de este cálculo se encuentran:

- El IMAP (Índice de muertes en Accidentes de tránsito por población): Es la relación entre el número de muertos en accidentes de tránsito y el número de habitantes de la unidad geográfica analizada por 100.000 habitantes

Es decir un valor de IMAP por ejemplo para el 2016 para una población de la ciudad de Paraná de 247.863 habitantes (según Censo Nacional 2010) y un total de 10 personas fallecidas según los datos obtenidos de la BD 2016 lo que representa un valor  $IMAP = 4.03$  fallecidos por cada 100.000 habitantes.

Del Anuario Estadístico de Siniestralidad Vial 2017 elaborado por la Dirección Nacional de Observatorio Vial de nuestro país (Observatorio Vial, 2017) se tiene que la provincia de Entre Ríos posee un valor de 12,5 para el año 2016 y de 11,9 para el 2017.

- IAPM (Índice de Accidentes con muertos por Población): Es la relación entre el número de accidentes con muertos que ocurren en una ciudad, región, país o sistema vial, y el número de habitantes de la unidad geográfica considerada.

Es decir un valor de IAPM para el 2016 para una población de 247.863 habitantes con un total de 9 accidentes registrados con personas fallecidas según los datos obtenidos de la BD 2016 lo que representa un valor IAP= 3.63 accidentes con fallecidos por cada 100.000 habitantes.

- IAP (Índice de Accidentes por Población, el cual nos da la relación entre el número de accidentes que ocurren en una ciudad, región, país o sistema vial, y el número de habitantes de la unidad geográfica considerada

Es IAP (índice de accidente por población) es otro índice que permite cuantificar los accidentes de tránsito en una determinada región teniendo en cuenta el total de los accidentes registrados. Para este cálculo se tiene en cuenta que el total de datos registrados en la BD 2016 es de 573 accidentes dentro del ejido urbano para una población de 247.863 habitantes dando esto un valor aproximado de IAP= 231,18 accidentes por cada 100.000 habitantes.

Estos indicadores relacionados con la población, permiten hacer comparaciones cuando las condiciones socioeconómicas son semejantes en las ciudades seleccionadas, para lo cual tienen sus desventajas estos métodos cuantitativos de comparación para ser utilizados para la obtención de un diagnóstico que permita realizar propuestas a corto y largo plazo para intervenir sobre los hechos de tránsito.

Realizando el mismo procedimiento para la BD 2017 se tiene un valor de IAPM para un total 4 muertos registrados en la base de datos del SIGISVI en la ciudad de Paraná de 1,61 fallecidos por cada 100.000 habitantes.

Registrándose bajo el mismo procedimiento el mismo valor para el IAPM de 1,61 accidentes con fallecidos por cada 100.000 habitantes.

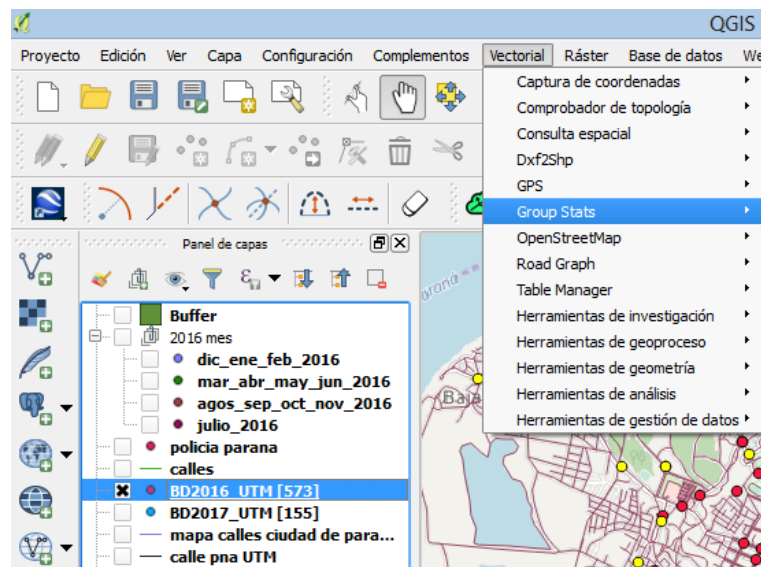
Para el valor de IAP (índice de accidente por población) para un total de 155 accidentes registrados en el ejido urbano de la ciudad IAP = 62,53 accidentes por cada 100.000 habitantes.

De los datos registrados por los organismos competentes en las BD 2016 y BD 2017 sobre los accidentes de tránsito ocurrido en ese año con registro solamente de personas heridas, ilesos y fallecidos en la ciudad de Paraná, y a los fines de obtener información del cúmulo de datos con

que se cuenta, se puede aplicar un análisis estadístico sencillo de relación en ciertos datos de un parámetro de la variable con respecto al total de la población.

### 7.3 Análisis espacial de los datos

A partir de las base de datos normalizadas se realizaron diversos productos cartográficos a partir de la utilización del QGIS con el fin de visualizar situaciones específicas y características particulares sobre los accidentes de tránsito.



**Figura nº 13:** Disposición de la herramienta para el análisis estadístico Group Stats para QGIS.

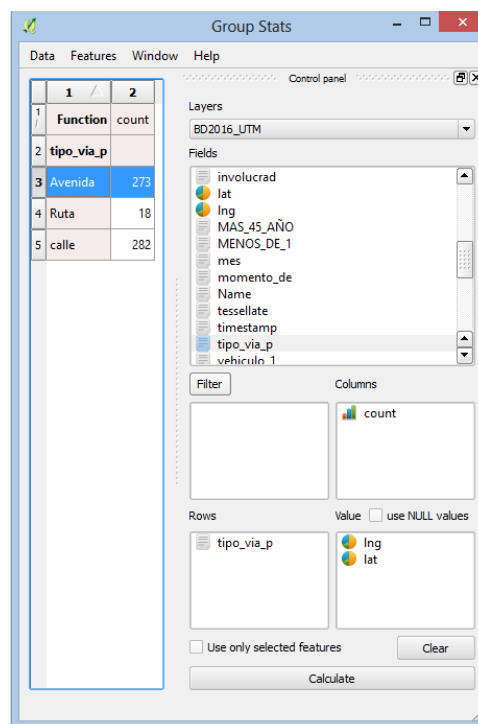
En las Figuras nº 11 y 12 se puede observar la ubicación geográfica de los accidentes de tránsito ocurridos dentro del ejido urbano para las dos bases de datos BD 2016 y BD2017.

Para esta primera etapa de visualización geográfica se hizo uso del complemento GROUP STATS para QGIS con el fin de visualizar algunas estadísticas por grupo desde una capa vectorial lo

que permite filtrar rápidamente variables y categorías seleccionándolas al mismo tiempo sobre el lienzo permitiendo guardar la selección y crear un nuevo archivo vectorial

Para hacer uso de esta herramienta una vez iniciada la aplicación, se requieren datos para realizar el análisis estadístico por grupo. En este caso se tomó como capa de análisis la capa vectorial correspondiente a los datos georreferenciados de la Base de Datos 2016 seleccionándose en las opciones de Fields los campos de interés.

En este caso se utilizó el campo “count” para obtener el valor del conteo en la columna, los campos de longitud y latitud (Long y Lat) y en filas se selecciona el campo de interés a clasificar (Figura nº 14).



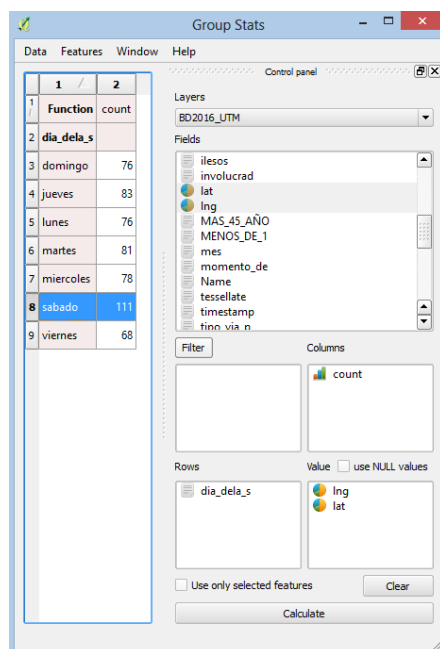
**Figura nº 14:** Selección de variable y agrupamiento de las categorías según criterio de selección para el análisis estadístico con Group Stats para QGIS.

Esta aplicación, como se ha dicho anteriormente, permite obtener la tabla con los valores absolutos encontrados por cada categoría de la variable de interés, además de seleccionar sobre la cartografía aquellos registros que coinciden con los filtros requeridos para el análisis

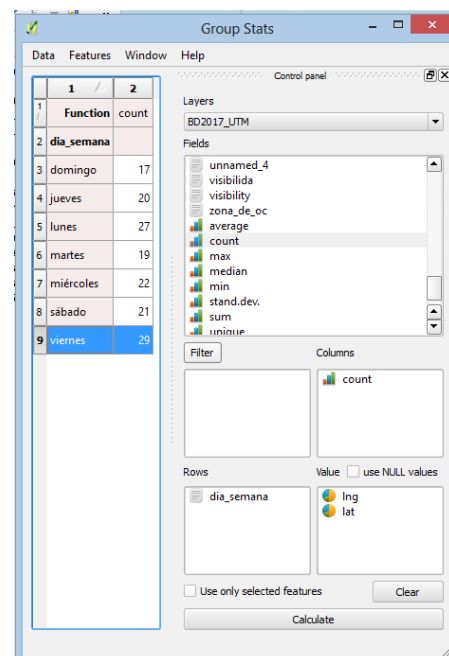
estadístico, lo que nos permite construir un nuevo archivo vectorial con los datos registrados que cumplen tal condición especificada.

### **7.3.1 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de mayor valor de hechos en la semana**

A partir de la utilización de la herramienta Group Stats es posible cuantificar para la BD 2016 la cantidad de accidentes de tránsito que se producen en cada día de la semana y de esta manera determinar el día de mayor frecuencia, encontrándose en este caso que es el día sábado (Figura nº 15)



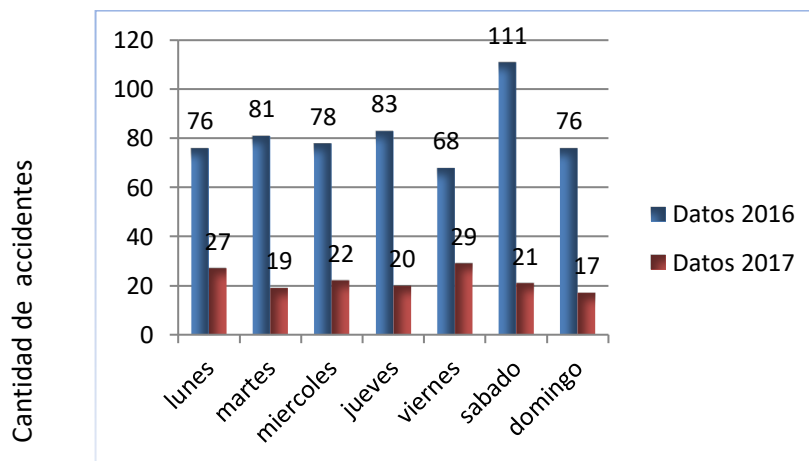
**Figura nº15:** frecuencias absolutas - determinación de día de mayor cantidad de accidentes 2016



**Figura nº16:** frecuencias absolutas - determinación de día de mayor cantidad de accidentes 2017

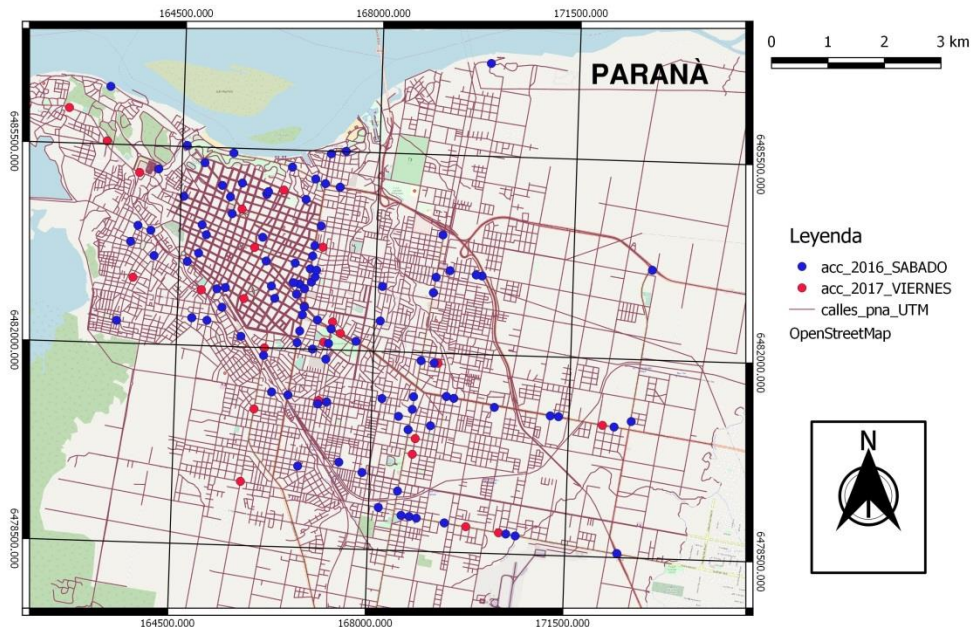
De la misma manera realizando el mismo análisis para la BD 2017 se encuentra que es posible reconocer el día viernes como el día que más accidentes registra durante el 2017 (Figura nº 16).

Las frecuencias absolutas por año fueron representadas en la Figura nº 17 donde se graficaron en relación al día de la semana para 2016 y 2017.



**Figura nº 17:** Frecuencias Absolutas accidentes de tránsito en Paraná por día de ocurrencia 2016-2017

Estos gráficos de barra muestran con mayor caracterización lo que sucede con la frecuencia de accidentes para los años 2016 y 2017 en valores absolutos pudiéndose observar para cada año los días con mayor concentración de hechos viales, los que se distribuyen distribución sobre la cartografía de la ciudad de Paraná como se representa en la Figura 18.



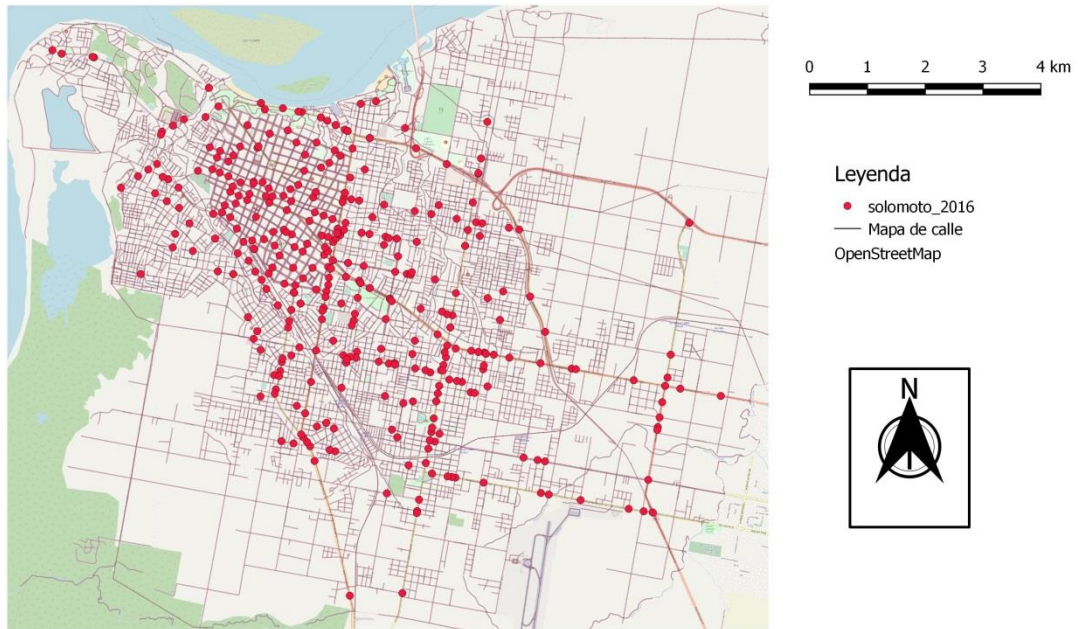
**Figura nº 18:** Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según día de la semana con mayor frecuencia- 2016.

### **7.3.2 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de tipo de vehículo interviniente.**

Para este tipo de análisis planteado se consideró el total de los accidentes registrados en Paraná durante el año 2016 utilizando Group Stats.

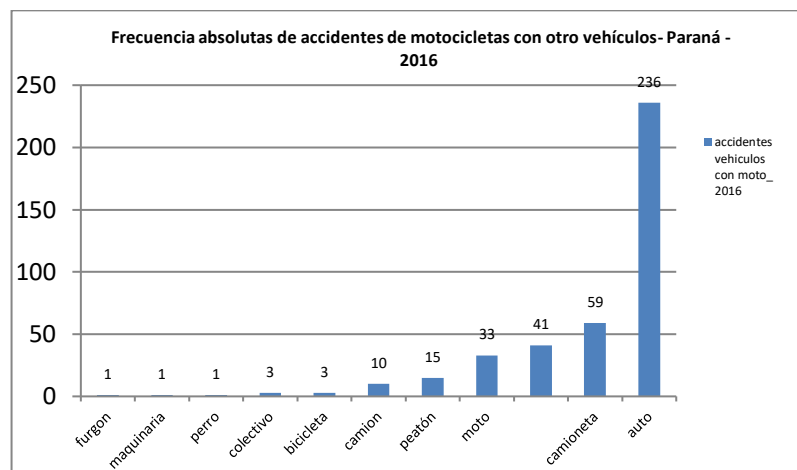
Los valores de frecuencias relativas porcentuales encontrados en un análisis anterior indicaban que para el 2016 sobre un total de 573 accidente con intervención de la Policía de Entre Ríos en un 70,3% intervino al menos una motocicleta.

Desde QGIS se pueden filtrar los valores para la condición que la variable tome el valor “moto” lo que se ve reflejado en el total de datos que cumplen con esa condición con el resultado obtenido en Group Stats. Los datos aportados por Group Stats permiten discriminar la variable moto en su relación con otros vehículos intervinientes.



**Figura nº 19:** Mapa de distribución espacial de accidentes en la ciudad de Paraná en motocicleta - 2016.

Los datos obtenidos son guardados en archivos .scv a fin de poder realizar diagramas en planillas de cálculo y con los datos seleccionados se crea un nuevo archivo vectorial para su trabajo posterior con posicionamientos de accidentes de tránsito donde se encuentran involucradas motocicletas.



**Figura nº 20:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con motocicletas y otro vehículo en la ciudad de Paraná en moto - 2016.

### **7.3.3 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de la variable tipo de vía y tipo de vehículo intervinientes**

Con el mismo criterio se puede obtener utilizando las mismas herramientas de geo procesamiento selecciones combinadas de la variable para poder observar sobre un mapa, lo que acontece por ejemplo con los accidentes de tránsito y su distribución dentro del ejido urbano en función del tipo de vía donde ocurrió el suceso.

Para el caso que nos interesa en este punto se analiza la distribución geográfica de los accidentes que ocurren dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná durante el 2016 y 2017 en motocicleta y en este caso se selecciona que la variable tome la categoría de "Avenida" con el fin de observar cuantos elementos cumplen con esta condición.

De la misma manera luego de un proceso de filtrado en QGIS se realizó el procedimiento de seleccionar con Group Stats las variables de interés como son vehículos donde se encuentren involucrados motocicletas y al mismo tiempo que ocurra en Avenidas de la ciudad de Paraná durante el 2016 obteniendo los siguientes valores representados en la Tabla 3.



tipo_via_p	vehiculo_2	vehiculo_1	valores abs.
Avenida	moto	colectivo	1
Avenida	moto	furgon	1
Avenida	moto	perro	1
Avenida	moto	camion	5
Avenida	moto	peaton	9
Avenida	moto	moto	16
Avenida	moto		17
Avenida	moto	camioneta	30
Avenida	moto	auto	117
	Total		197

Tabla 3: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo en Avenidas-2016.

Elaboración propia

A partir del registro obtenido en Group Stats se puede visualizar los registros que cumplen con esta condición de ser accidente de tránsito en que se encuentra involucrado al menos una motocicleta y al mismo tiempo que haya ocurrido en la ciudad de Paraná pero en una vía de circulación más rápida que una vía común como lo es una Avenida donde su velocidad máxima de circulación según la ley Nacional de Tránsito es de 60 [km/h].

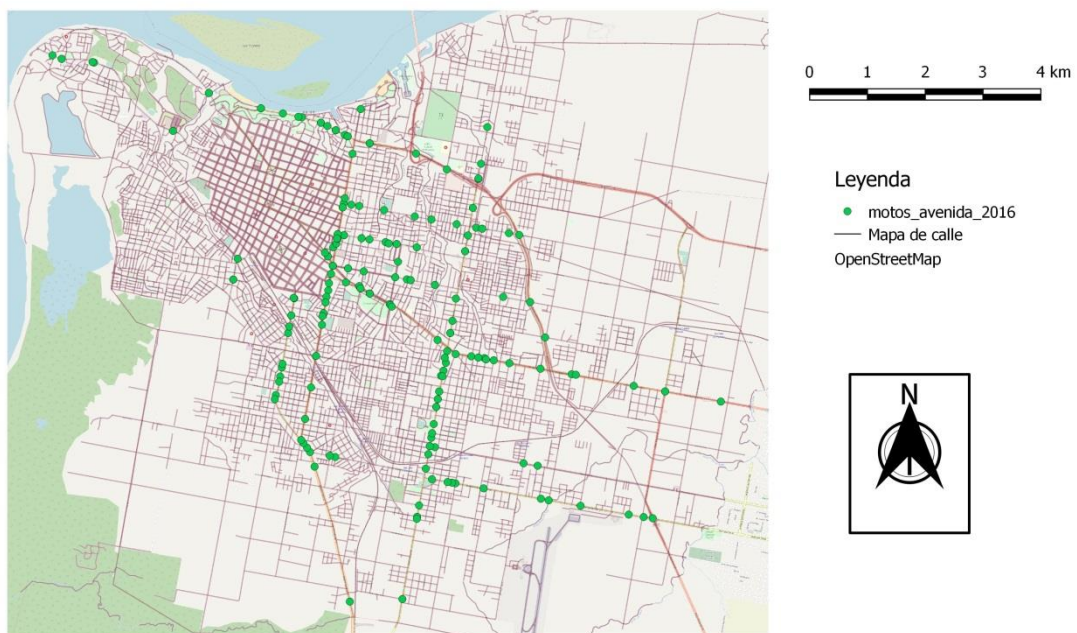
Esta visualización se encuentra representada en la cartografía producida a continuación como Figura nº 21.

tipo_via_p	vehiculo_2	vehiculo_1	valores abs.
Avenida	Motocicleta	peaton	4
Avenida	Motocicleta	Camioneta/Utili	5
Avenida	Motocicleta	Motocicleta	5
Avenida	Motocicleta		10
Avenida	Motocicleta	auto	35
	Total		59

Tabla 4: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo en Avenidas-2017.

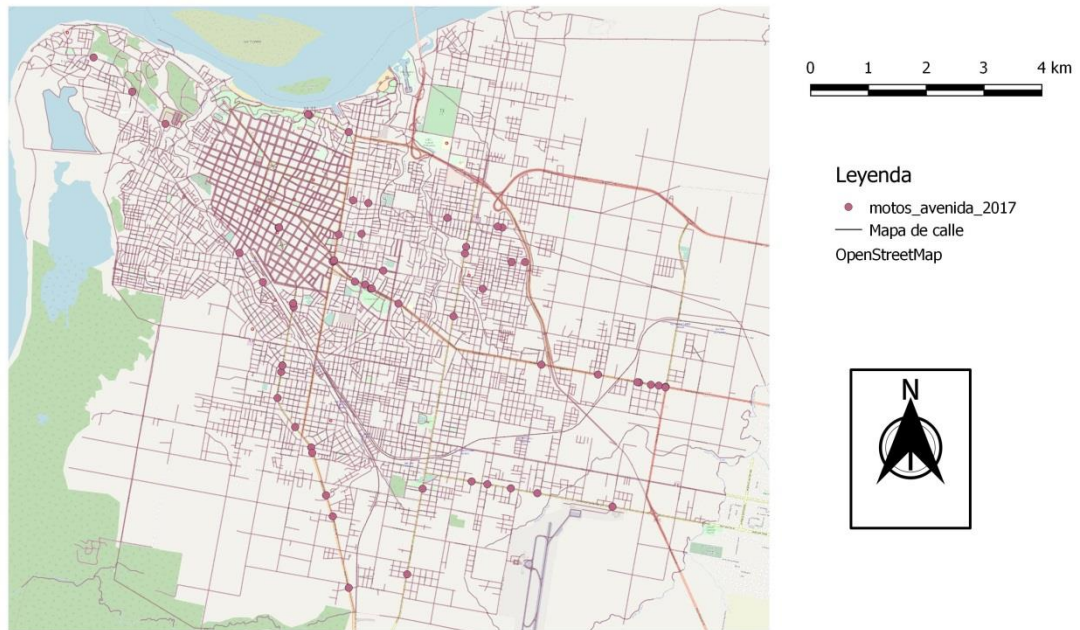
Elaboración propia

De la misma manera y con los mismos procedimientos se realizó un estudio de las variables de los accidentes que ocurrieron durante el 2017 sobre las Avenidas de la ciudad de Paraná obteniendo la siguiente Tabla 4 con los siguientes valores:



**Figura nº 21:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas en Avenidas de la ciudad de Paraná en moto - 2016.

Llevando estos grupos seleccionados a la cartografía se puede visualizar los mismos en cuanto a su distribución general en la Figura nº 22.



**Figura nº 22:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas en Avenidas de la ciudad de Paraná en moto - 2017.

#### **7.3.4 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición que el vehículo interviniente sea una motocicleta y que haya fallecidos**

Para este caso nos interesó seleccionar los accidentes que ocurrieron durante el 2016 y 2017 en el que intervino al menos una motocicleta y como consecuencia de ello hay fallecidos.

Se procedió a constatar estos datos a través de un filtro en QGIS y al mismo tiempo se buscó las características de estos hechos en cuanto a los vehículos intervinientes con la aplicación de Group Stats. De éste análisis surgen datos interesantes como es la severidad del hecho por cuanto se obtiene la cantidad de accidentes y el número de muertos en el siniestro vial.

Encontrándose cinco accidentes de tránsito en motocicleta para el año 2016 con un total de 6 fallecidos y del mismo modo para el 2017 una frecuencia absoluta en cuanto al número de

accidentes de 4 y un total de muertos a causa de ello de 4 personas. Estos datos fueron recolectados y resumidos en la Tabla 5 y Tabla 6 para cada año analizado

#### 2016

vehiculo_1	vehiculo_2	fallecidos	frecuencia abs
moto		1	1
moto	auto	3	2
moto	camioneta	1	1
moto	colectivo	1	1
	totales	6	5

Tabla 5: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo y fallecidos-2016.

Elaboración propia

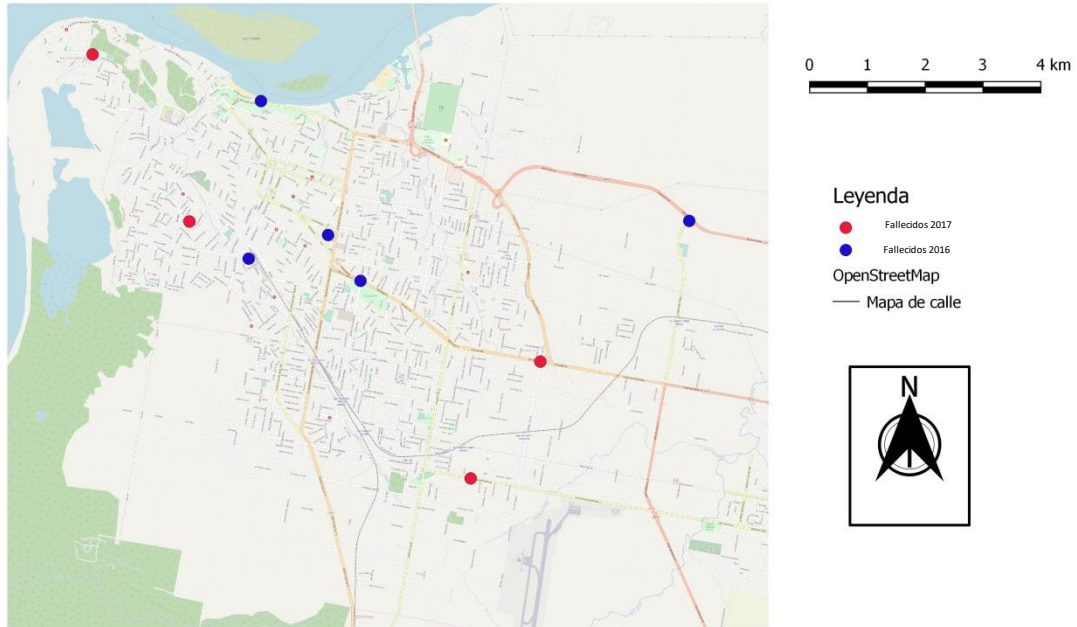
#### 2017

vehiculo_1	vehículo_2	fallecidos	frecuencia abs
Motocicleta		1	1
Motocicleta	peatón	1	1
Motocicleta	Transporte de carga	1	1
Motocicleta	auto	1	1
	Total	4	4

Tabla 6: Valores absolutos de accidentes en moto con otro vehículo y fallecidos-2017.

Elaboración propia

Estos registros pueden ser ubicados en la cartografía correspondiente al ejido urbano en estudio a los fines de poder realizar la visualización de las zonas donde se ubican los hechos analizados y poder determinar de manera visual si existe algún agrupamiento sobre la zona geográfica que nos permita comprender el suceso como se representa en la cartografía producida a continuación como Figura nº 23



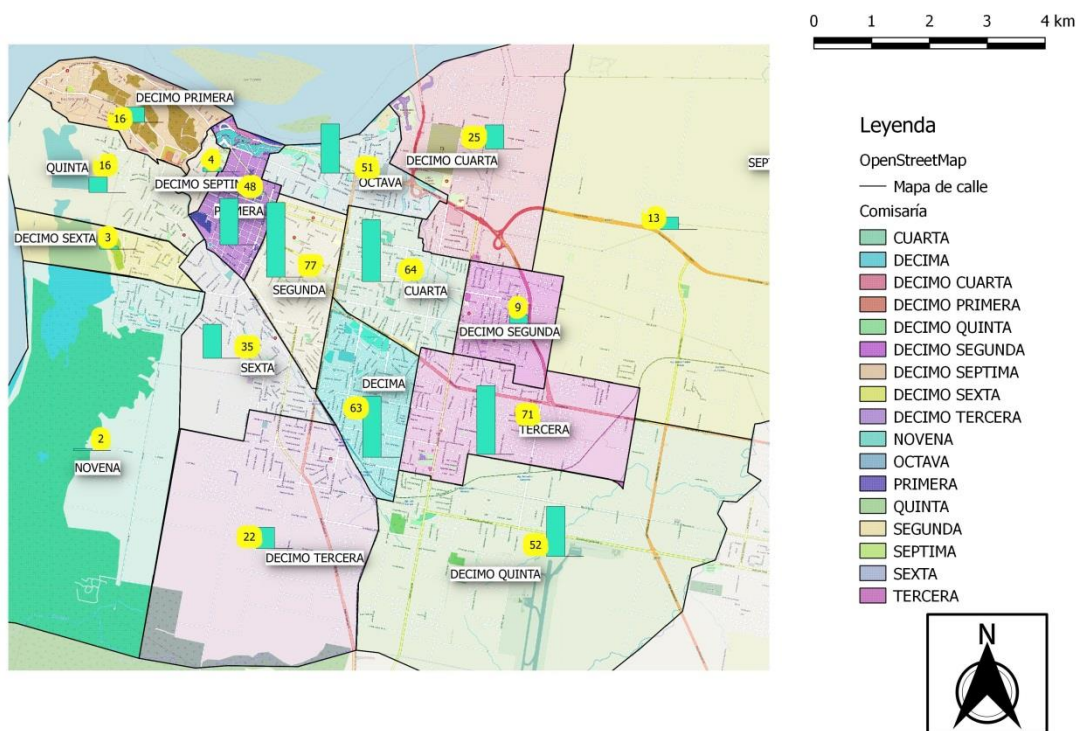
**Figura nº 23:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes con al menos una motocicletas y una persona fallecida – 2016-2017.

### **7.3.5 Determinación de accidentes ocurridos en un área en particular.**

Luego se realizó el análisis de los accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad de Paraná determinando zonas o áreas en particular donde se encuentra con mayor frecuencia hechos de tránsito.

Para analizar esta propuesta se tomó las divisiones de las comisarías dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná las que cuenta con un total de 17 Comisarías elaborado por la Policía de la Provincia de Entre Ríos. Los agentes policiales que se encuentran en éstas zonas son los encargados en una etapa anterior a la de confeccionar los registros del accidentes a intervenir en el lugar del hecho con el fin de recolectar los indicios y realizar las operaciones de rutina con respecto a éste tipo de suceso vial.

En la Figura nº 24 se puede observar el producto obtenido luego de realizar el debido tratamiento a los datos realizando un conteo de puntos registrados por polígono de la capa correspondiente a la demarcación de las Comisaría en el ejido urbano a partir de la utilización del QGIS y sus complementos para contar puntos en polígono.



**Figura nº 24:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes según zona de Comisaría - 2016.

El total de puntos registrados por cada polígono se representan dentro de cada una de ellas pudiéndose determinar cuál de las seccionales policiales es la que más registros de accidentes posee sirviendo esto de dato para la disposición estratégica de las Comisarias en una ciudad.

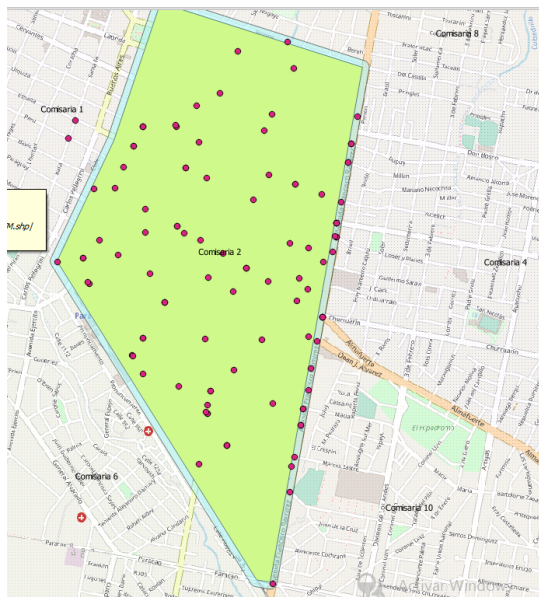
Este mismo proceso se realizó a través de Group Stats y se observó notables diferencias con respecto al conteo realizado de puntos dentro de cada polígono.

Del análisis de éste problema surge que los polígonos trazados por personal de la Policía de Entre Ríos no se corresponden con el área específica real de acción en caso de registrarse algún accidente.

Dentro de los registros realizados por personal Policial en las BD 2016 y BD 2017 se encuentra la variable Comisaría la cual representa la comisaría que intervino y asistió al lugar del hecho y estos registros agrupados no coinciden con el total de puntos contenidos dentro del polígono.

En el caso de la zona con mayor cantidad de accidentes registrados se encuentra la Comisaría Segunda la cual según el conteo de punto interior al polígono da 77 accidentes registrados durante el 2016.

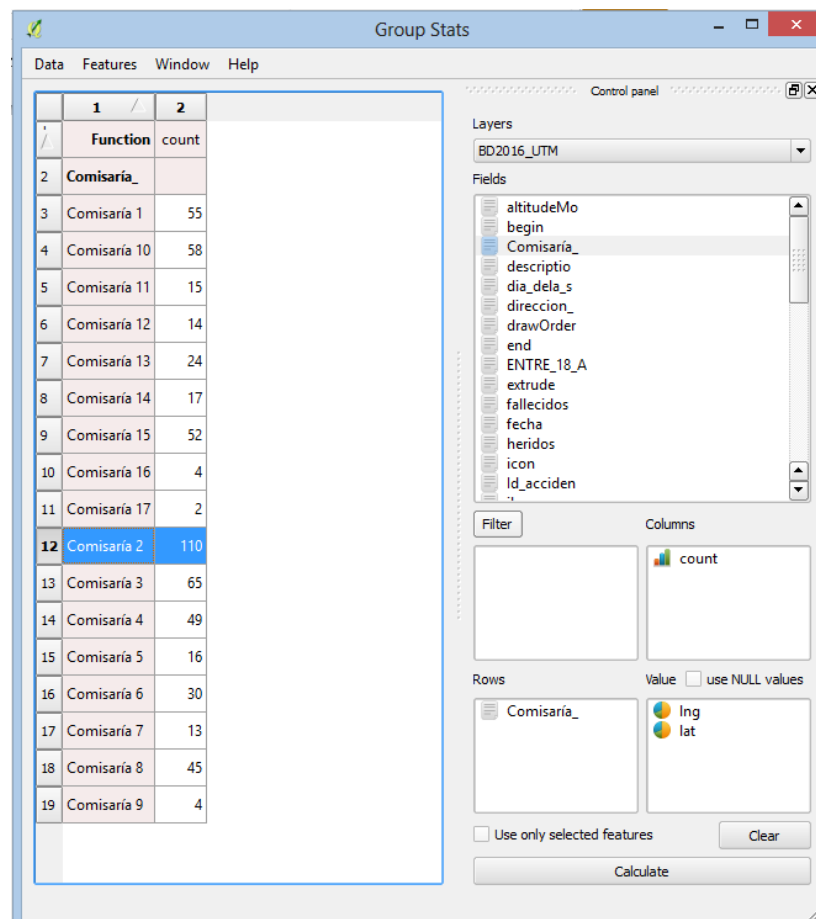
Del análisis de la variable Comisaría en la BD 2016 y de los registros sepuede encontrar a partir de la utilización de Group Stats que el total de accidentes agrupados en cada polígono es diferente asignándosele un valor de 110 accidentes para la comisaría segunda en vez de 77.



**Figura nº 25:** Gráfico de distribución de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos y la zona de ampliación del polígono - 2016.

En la Figura nº 25 se puede observar en color verde el polígono que demarca la Comisaría Segunda según datos suministrados por la página oficial de la Policía de Entre Ríos. Todo punto fuera de la zona verde representa puntos que han sido registrados por la misma Comisaría los cuales se encuentran fuera de la demarcación del polígono.

Para ello es posible y con el fin de analizar el efecto observado se puede realizar un buffer de 40 metros aproximadamente que permita contener todos los registros que se encuentran sobre Avenida Francisco Ramírez y demás lados del polígono. En la imagen anterior se puede observar este buffer de 20 metros en color celeste, lo que nos permite contener a los puntos que anteriormente quedaban fuera del polígono.

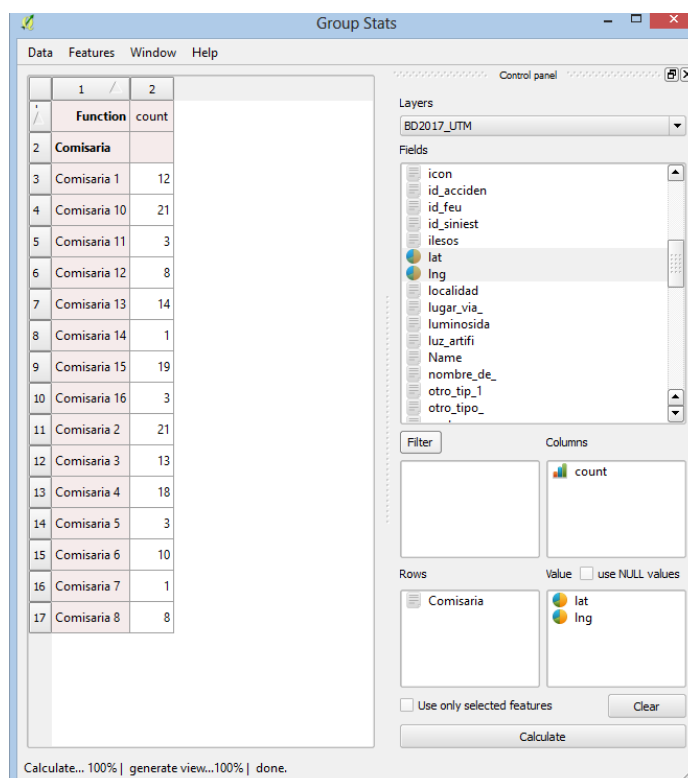


**Figura nº 26:** Datos de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos según Group Stats - 2016.

Esto nos predispone en un primer momento a sugerir la necesidad de trabajar con la base de datos directamente, realizando ya sea un trabajo de filtrado y selección o utilizar la herramienta Group Stats para poder corroborar los resultados obtenidos a partir de la utilización de cualquier archivo vectorial que nos provea zonas o parcelas para el análisis.

Se hace necesario realizar importantes correcciones al archivo vectorial que contiene los polígonos de las parcelas de cada Comisaría para poder realizar éste tipo de estudio lo que escapa en este momento a los objetivos de este trabajo de investigación.

Se detallan las zonas según Comisarías del ejido de Paraná con el total de accidentes registrados para el 2016 quedando sólo 2 valores cuyo registros tienen como dato que fueron registrados por la Comisaria Segunda cuando en realidad pertenecen a la parcela de la Comisaría Primera (Figura nº 26 y Figura nº 27) .



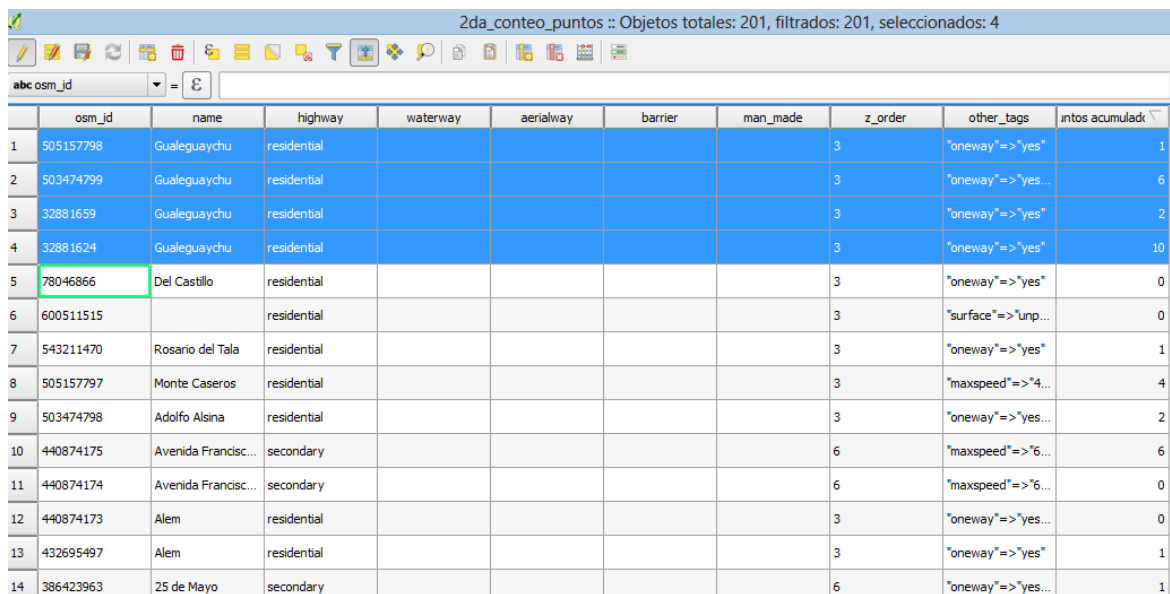
**Figura nº 27:** Datos de Frecuencia absoluta de accidentes en Polígono de la Policía de Entre Ríos según Group Stats - 2017.

Para la obtención de valores absolutos de cantidad de accidentes en zonas delimitadas por las áreas de acción de las Comisarias dentro del ejido urbano de la ciudad de Paraná se

encuentra que durante el 2016 la Comisaría Segunda es la que posee mayor número de accidentes registrados, siendo para los accidentes ocurridos durante el 2017 que la mayor frecuencia se encuentra en la zona comprendida de la Comisaría Décima.

### 7.3.5.1 Conteo de valores internos al área seleccionada.

A partir de un buffer de 20 metros a las calles comprendidas dentro del sector correspondiente a la Comisaría Segunda se determinó el número de accidentes que quedaron dentro del área comprendida por el buffer.



	osm_id	name	highway	waterway	aerialway	barrier	man_made	z_order	other_tags	intos acumulad
1	505157798	Galeguaychu	residential					3	"oneway" => "yes"	1
2	503474799	Galeguaychu	residential					3	"oneway" => "yes"	6
3	32881659	Galeguaychu	residential					3	"oneway" => "yes"	2
4	32881624	Galeguaychu	residential					3	"oneway" => "yes"	10
5	78046866	Del Castillo	residential					3	"oneway" => "yes"	0
6	600511515		residential					3	"surface" => "unp...	0
7	543211470	Rosario del Tala	residential					3	"oneway" => "yes"	1
8	505157797	Monte Caseros	residential					3	"maxspeed" => "4...	4
9	503474798	Adolfo Alsina	residential					3	"oneway" => "yes"	2
10	440874175	Avenida Francisc...	secondary					6	"maxspeed" => "6...	6
11	440874174	Avenida Francisc...	secondary					6	"maxspeed" => "6...	0
12	440874173	Alem	residential					3	"oneway" => "yes"	0
13	432695497	Alem	residential					3	"oneway" => "yes"	1
14	386423963	25 de Mayo	secondary					6	"oneway" => "yes"	1

**Figura nº 28:** Datos de tabla de atributos de accidentes de tránsito ubicados dentro de un área establecida para determinar valores totales de accidentes de tránsito por tramo o por calle-2016

Para este procedimiento se creó un archivo vectorial con la información al respecto del resultado obtenido el que luego de analizado nos proporciona datos de interés como por ejemplo la cantidad de puntos de accidentes registrados en un diversos tramos de las vías de circulación.

A partir de la tabla de atributos generada para este archivo se puede tener información como la que se observa en la Figura nº 28.

En la misma se pueden observar el nombre de la Calle la cual está registrada por tramos realizados por OSM y el dato NUMPOINTS que representa la cantidad de datos contados en ese tramo.

Posicionándose sobre alguno de los registros se puede hacer Zoom a la selección y se puede observar la zona de referencia de la calle y los registros de accidentes como se ve representado en la Figura nº 29.



**Figura nº 29:** Concentración de accidentes de tránsito en un tramo dentro de un área establecida para determinar cantidad de accidentes de tránsito por tramo o por calle-2016

### **7.3.6 Determinación de accidentes ocurridos en un vía en particular.**

Para poder obtener mayor precisión y conocimiento sobre los accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná y su relación con distintas variables es de gran utilidad la aplicación de herramientas de SIG en los puntos geográficos establecidos para determinar a partir de un estudio más puntualizado como se distribuyen las variables dentro de una zona geográfica determinada.

Con el fin de analizar concentración de accidentes dentro de los polígonos determinados por las distintas Comisaría se ha utilizado varias herramientas tanto de filtrado como de conteo de puntos lo cual si bien nos muestra datos de interés para poder accionar en cuanto a mejorar la seguridad vial en la zona, se ha de necesitar aquí otros complementos que pueden ser de gran utilidad para el análisis de zonas de riesgo y más específicamente tramos cortos con elevado nivel de riesgo e intersecciones altamente riesgosas

### **7.3.7 Análisis de densidad de los accidentes de tránsito. Cálculo de la densidad de Kernel**

Se procedió a analizar las bases de datos BD2016 y BD2017 para construir con los datos de su posicionamiento geográfico las zonas de mayor concentración de accidentes a los fines de establecer zonas con elevado nivel de riesgo.

Es posible a simple vista poder reconocer zonas geográficas específicas que ilustran al observador las zonas donde existen mayor tendencia a que la concentración de hechos de tránsito.

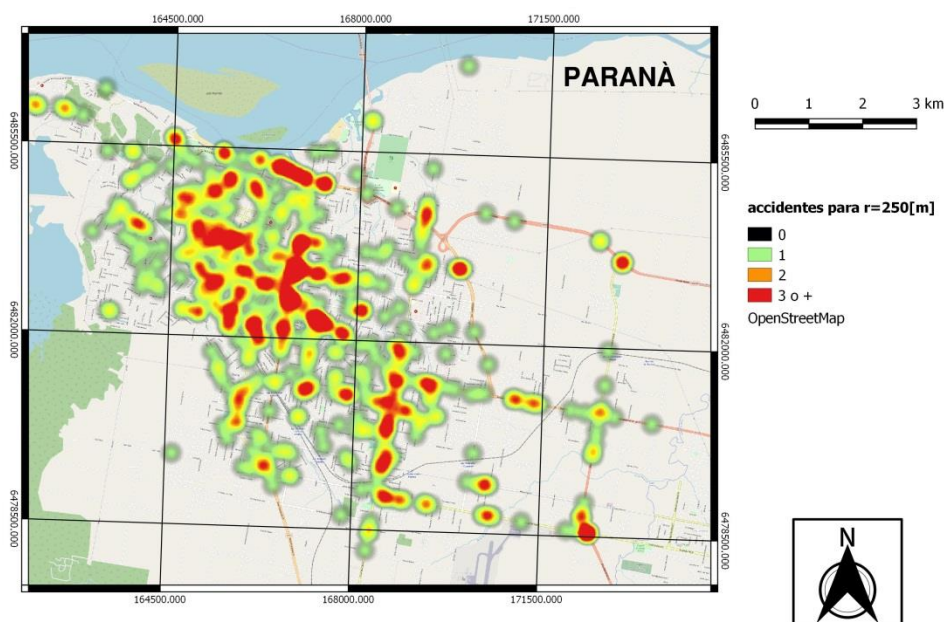
Si bien estas zonas geográficas determinadas a partir del análisis de cada tabla con sus datos y demás valores son zonas amplias, generales y sin límites precisos, orientan a quienes deben tomar acciones para mitigar las consecuencias que se producen a causa de los accidentes de tránsito al observar zonas y relacionarlas a otras variables como por ejemplo tiempo-espacio o características del entorno que influyen sobre estos datos.

A partir del concepto de densidad se puede trabajar con la base de datos a fin de realizar estudios un poco más profundo de la situación permitiéndonos ver una cartografía con una distribución de colores en función de las zonas con mayor densidad por área considerada.

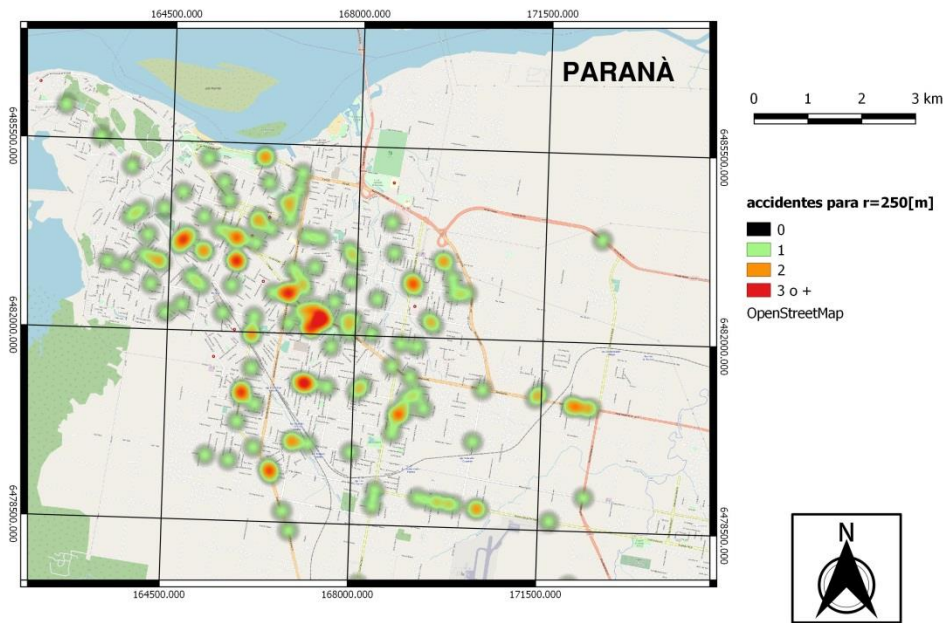
QGIS nos permite elaborar a partir de una distribución de puntos de un archivo vectorial un nuevo archivo raster con información específica respecto del valor que toma en el pixel la densidad que en nuestro caso será un análisis de estos parámetros a través de la función de Kernel.

En la Figura nº 30 y Figura nº 31 se puede observar el tratamiento de los datos de las BD 2016 y BD 2017 respectivamente con el complemento heatmap de QGIS para un radio establecido en 250 metros para el análisis de la concentración de casos bajo la curva.

Con esta aplicación se seleccionaron los datos para los cuales se adoptó un radio de acción de la función de Kernel de 250 metros para observar sobre la geografía de la ciudad de Paraná la distribución de densidad según la concentración de accidentes para 2016 y 2017.



**Figura nº 30:** Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para un radio de 250 [m]-2016



**Figura nº 31:** Heridos y fallecidos en Paraná -Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para un radio de 250 [m]-2017

Luego de un procesado del estilo de banda se observa en colores rojo se ubican aquellas zonas donde se encuentran más de tres accidentes dentro de la zona comprendida por un radio de 250[m] trazada desde cada punto de un hecho registrado.

Si bien esas zonas demarcadas dan una idea general de la situación respecto a los accidentes que se suceden durante un año determinado, la información no es precisa puesto que demarca grandes áreas incluyendo zonas de no tránsito vehicular.

En la Figura nº 32 se aplicó el complemento de hot spots para distintos radios que fueron de 250 metros, 100 metros, 75 metros y 50 metros.



**Figura nº 32:** Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 250-100-75-50- [m]- 2016

Respecto de la visualización es imprescindible tener en cuenta aquí la necesidad de trabajar a diferentes escalas en función de la necesidad de poder apreciar las zonas demarcadas sobre la cartografía y en su relación con las vías de circulación (Figura nº 33)



**Figura nº 33:** Ampliación de zonas con la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 25 [m]- 2016

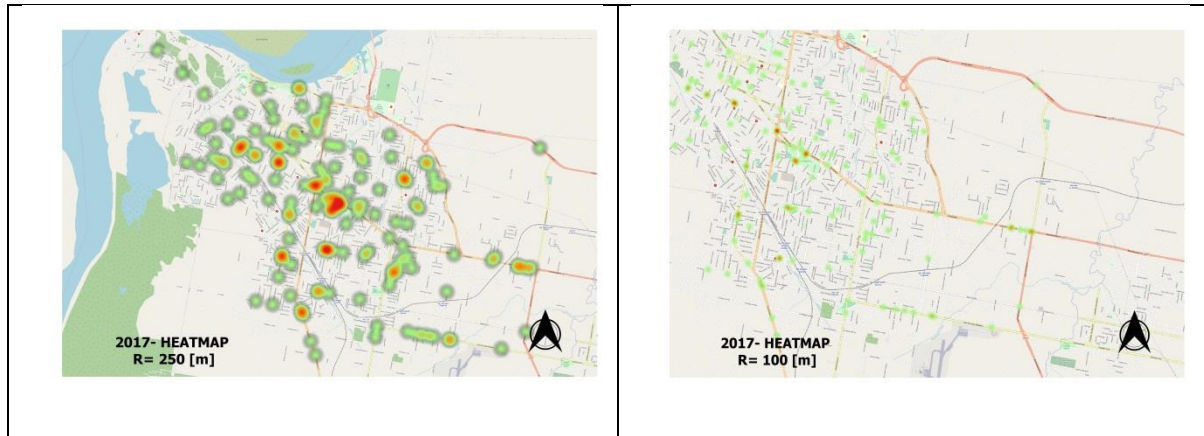
Realizando la misma aplicación y tratamiento a la BD 2017 se puede observar que el mapa ilustra menos superficie de zonas sombreadas para los distintos radios tomados por el complemento heatmap.

Esta diferencia de superficie sombreada en la demarcación de las zonas más densas en cantidad de accidentes de tránsito se debe a la diferencia de datos que existe entre la BD 2016 aportada por la Policía de Entre Ríos y la BD 2017 suministrada por el SIGISVI.

Esto sugiere que cuanto mayor número de datos registrados mayor precisión se encontrará para determinar zonas de calor o zonas de mayor concentración de accidentes.

Cuanto más registros se tenga más densa será la demarcación de las áreas donde se producen con más frecuencia los accidentes, y por tanto se tendrá mayor precisión para determinar estas zonas donde se encuentran tres o más de tres accidentes en un entorno pre fijado y a partir de ellos se puede actuar analizando el entorno de la zona.

En las Figuras nº 34 se puede observar la distribución de densidad para la BD 2017



**Figura nº 34:** Aplicación de la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 250 y100 [m]- 2017



**Figura nº 35:** Ampliación de zonas con la Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 50 [m]- 2017

Si bien el uso de la función densidad de Kernel nos permite analizar las zonas donde se concentran mayor cantidad de accidentes de tránsito los valores que toma la función en esos puntos no tiene correspondencia directa con la cantidad de registros de accidentes en la zona.

Esto se debe a los valores que toma el pixel como resultado de sumar las amplitudes que toma la función continua en cada punto de análisis. Considerando que el área debajo de la curva toma el valor de 1 el resultado obtenido de la suma de amplitudes que concurren a un punto dará por resultado un valor decimal.

Esto requiere de un estudio con mayor precisión acerca de los valores que toma la función densidad sobre un conjunto de puntos en función del radio se puede afirmar que para radios pequeños de aproximadamente 25 [m] se puede obtener como resultado valores próximos al número de hechos de tránsito que se sucedieron en ese entorno.

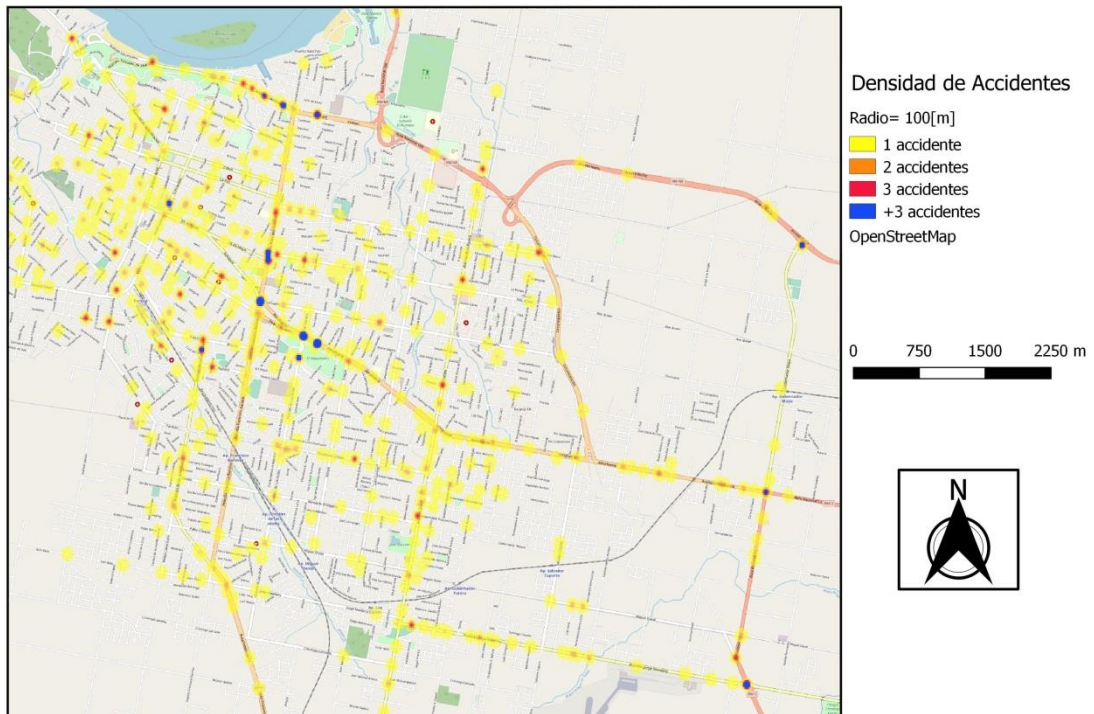
#### **7.3.7.1 Determinación de zonas de calor para más de un año de registros (2016+2017).**

Sobre el estudio previo se pueden realizar análisis de los registros de accidentes de tránsito para más de un año. Para ello se unificaron ambas tablas normalizadas en un primer momento para contar con elementos comunes entre ambas tablas de orígenes distintos.

La normalización de las BD 2016 y BD 2017 al inicio del proceso cobra en este sentido un papel importante puesto que permite acumular datos con categorías de la variable semejantes entre un tipo de registro y otro.

Así se originó una nueva base de datos con un total de 728 registros de accidentes correspondientes a los años 2016 aportados por la Policía de Entre Ríos y a los años 2017 cuyo origen es el SIGISVI.

En la Figura 36 se observa los focos donde ocurren más de 3 accidentes para un radio de entorno de 100 metros para el análisis con la función de Kernel.



**Figura nº 36:** Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel para radio de 50 [m]- 2017

Los valores min/max hallados para la Figura nº 36 están comprendidos entre [0;8,64] representándose en color azul aquellos valores que superan al valor 3.

Con ayuda de Group Stats se pueden obtener datos referidos al nuevo conjunto de datos lo que será de gran utilidad para el conocimiento de las zonas donde se producen mayor cantidad de accidentes de tránsito.

Estas cartografías, junto a las tablas de atributos correspondientes son de gran utilidad y los datos de interés pueden ser representados en cualquier otro SIG como así también en obtener datos estadísticos y de ubicación geográfica de zonas más comprometidas con accidentes en particular.

A modo de ejemplo se recolectó información referida a la cantidad de accidentes registrados durante el 2016-2017 en ambas bases de datos obtenido un total de 403 accidentes de tránsito (55%) donde intervino al menos una motocicleta. En la Figura nº 37 se puede observar

la representación cartográfica con valores de densidad de concentración de los accidentes de tránsito donde las zonas más comprometidas con los niveles de riesgos en la vía pública se registran en las zonas de color más rojo.



**Figura nº 37:** Densidad tipo núcleo con la fórmula de Kernel de accidentes de tránsito en motocicleta para radio de 50 [m]- 2016+2017 en Google Earth

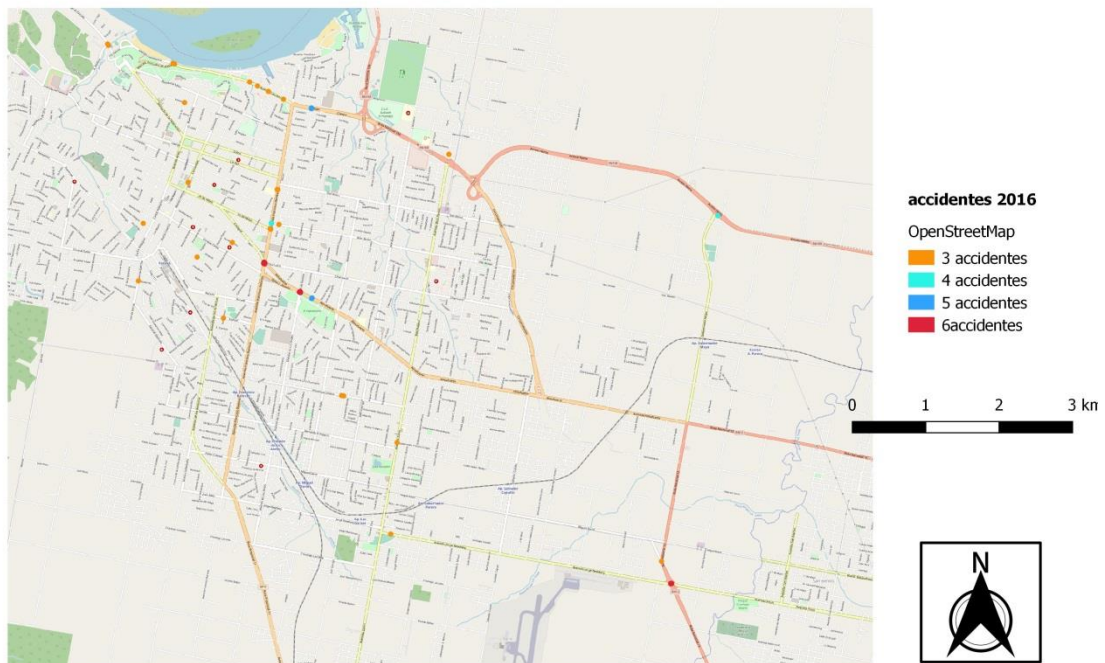
### **7.3.8 Determinación de número de accidentes ocurridos en un entorno de las intersecciones de las vías de circulación.**

Si bien se ha podido observar a través del análisis de la función de densidad aplicada sobre los valores referenciados a la ciudad de Paraná, es de interés conocer el total de accidentes que se producen en las intersecciones y sus alrededores con el fin de determinar que esquina

presenta más de tres accidentes o valores superior a tres para la función densidad durante el año para ser considerada como intersección con alto nivel de riesgo de accidente.

Se trabajó con QGIS en la determinación de las intersecciones dentro de la ciudad y a partir de ello se realizó un conteo de puntos dentro de un buffer de 35 metros para cada intersección para contar luego la cantidad de accidentes registrados dentro de cada área formada en las intersecciones.

Así se puede observar la determinación de intersecciones que posean 3 o más accidentes de tránsito durante el 2016 en la Figura nº 38

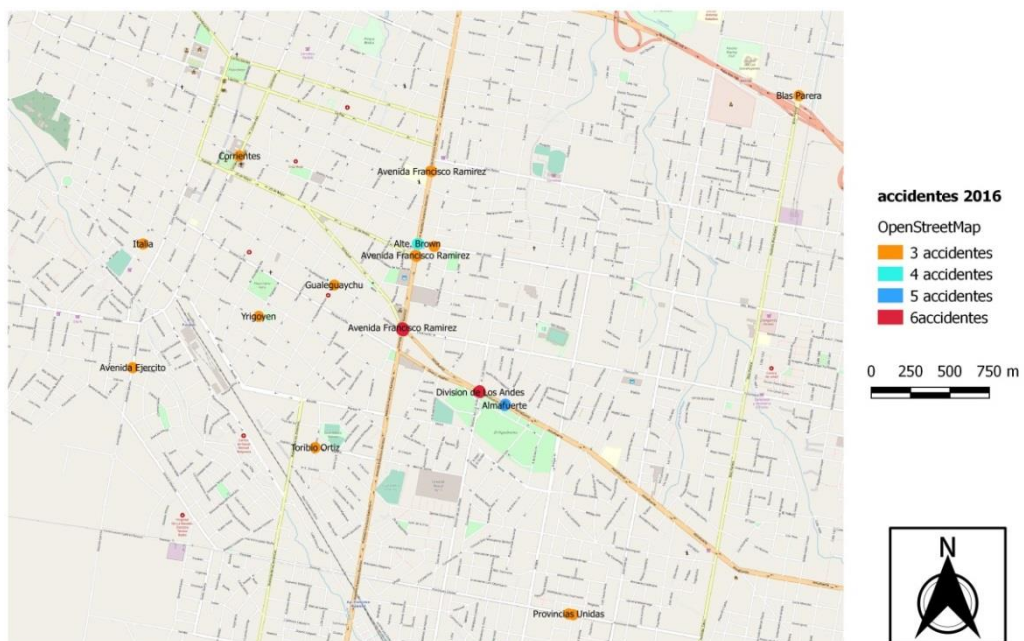


**Figura nº 38:** Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016

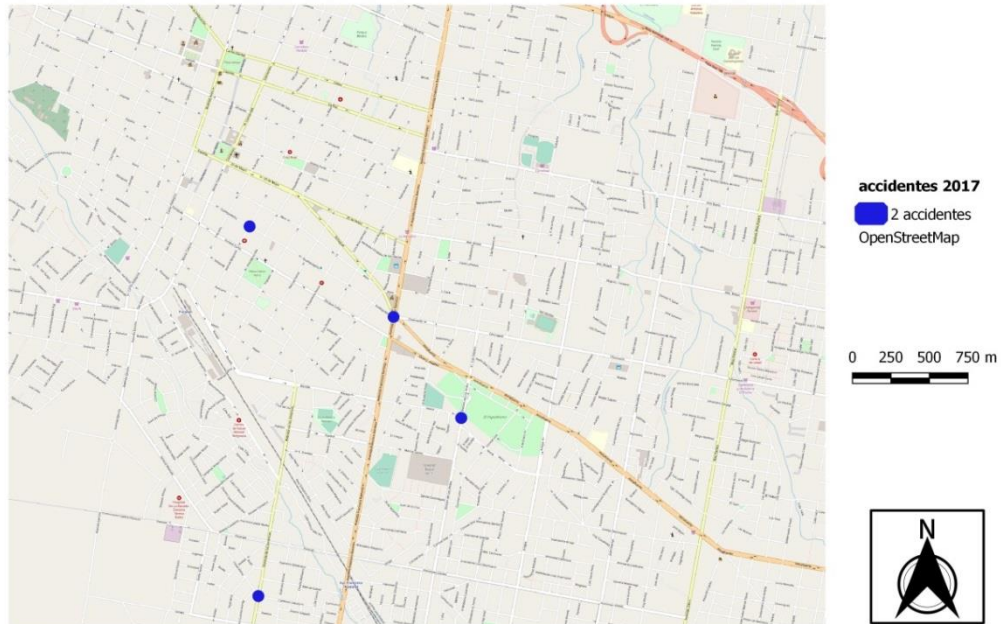


Se dijo que la disminución del radio tanto para el estudio de intersecciones a partir de buffer o aplicando la herramienta de Densidad de Kernel requería de un cambio de escala para poder apreciar con más detalle zonas geográficas de interés.

A los fines de observar con más detalle el producto conseguido luego de un análisis de todas las intersecciones y seleccionado las de interés se puede observar en la Figura nº 39 la zona de Avenida Ramírez y Almafuerde en los alrededores de la zona denominada 5 esquinas.



**Figura nº 39:** Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016 AMPLIADA



**Figura nº 40:** Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2017 AMPLIADA

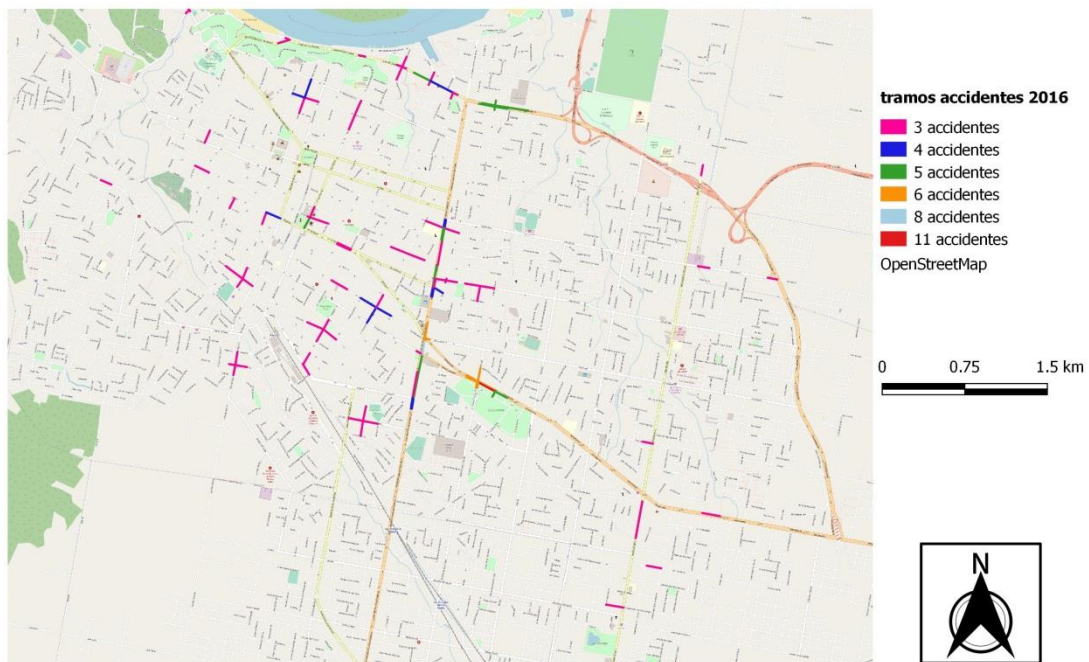
Respecto a la BD 2017 no se encontraron intersecciones con 3 o más de 3 accidentes. Del mismo modo se realizó una detección de aquellas intersecciones con 2 accidentes durante el año 2017 las que fueron ubicadas en la cartografía representada en la Figura nº 40.

### **7.3.9 Determinación de número de accidentes ocurridos en un tramo de la vía de circulación (cuadra)**

Del mismo modo y utilizando herramientas de intersección, buffer y explotado se pueden construir mapas realizando un conteo de los valores que se encuentran en tramos determinados. Para el caso se utilizaron las herramientas de QGIS para analizar lo que acontece en cada cuadra de la ciudad, determinando a partir del proceso de filtrado las cuadras que cuentan con cierta cantidad de accidentes de tránsito.

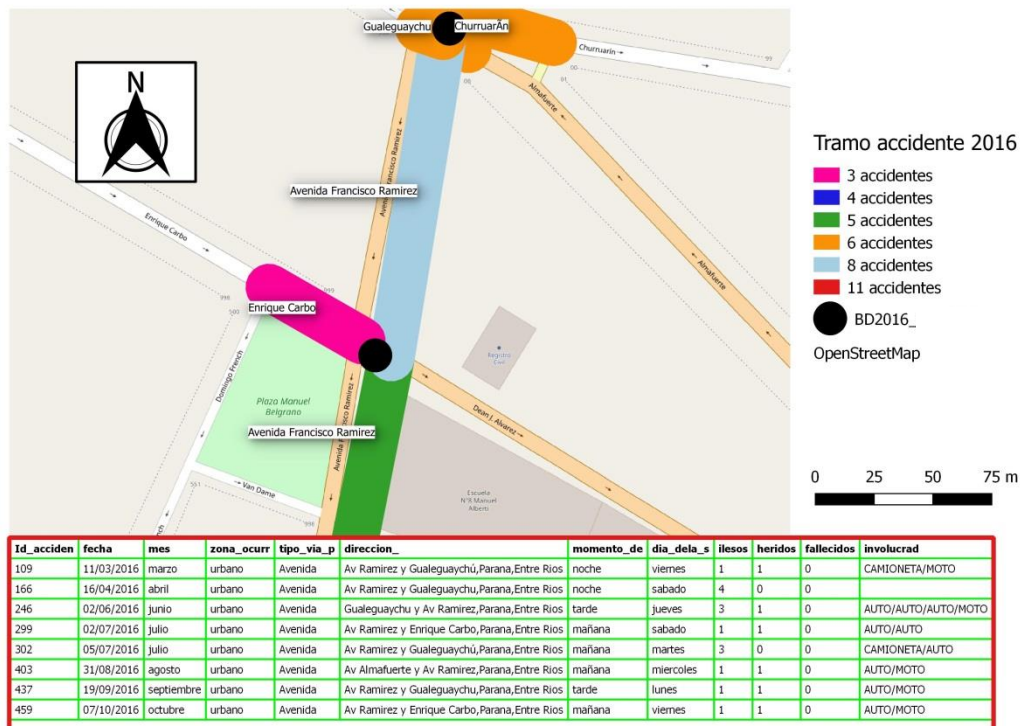
Para el caso se utilizó la BD 2016 con el fin de determinar los tramos (cuadras) que concentran para este caso 3 o más accidentes en esa cuadra considerando en dicho conteo los

accidentes ocurridos en cada intersección ubicada en cada extremo del tramo como se representa en la Figura nº 41



**Figura nº 41:** Tramos con mayor número de accidentes de tránsito (para buffer=35) -2016 AMPLIADA

A modo de ejemplo e identificando los objetos espaciales se obtiene datos de interés sobre la cantidad de accidentes que posee cada tramo lo que conjuntamente con la superposición de los accidentes ocurridos para ese año nos ubica en el tramo el id\_accidente como así también las características de los mismos, los cuales pueden ser filtrados para un posterior análisis y representarse como cartografía como se ilustra en la Figura nº 42



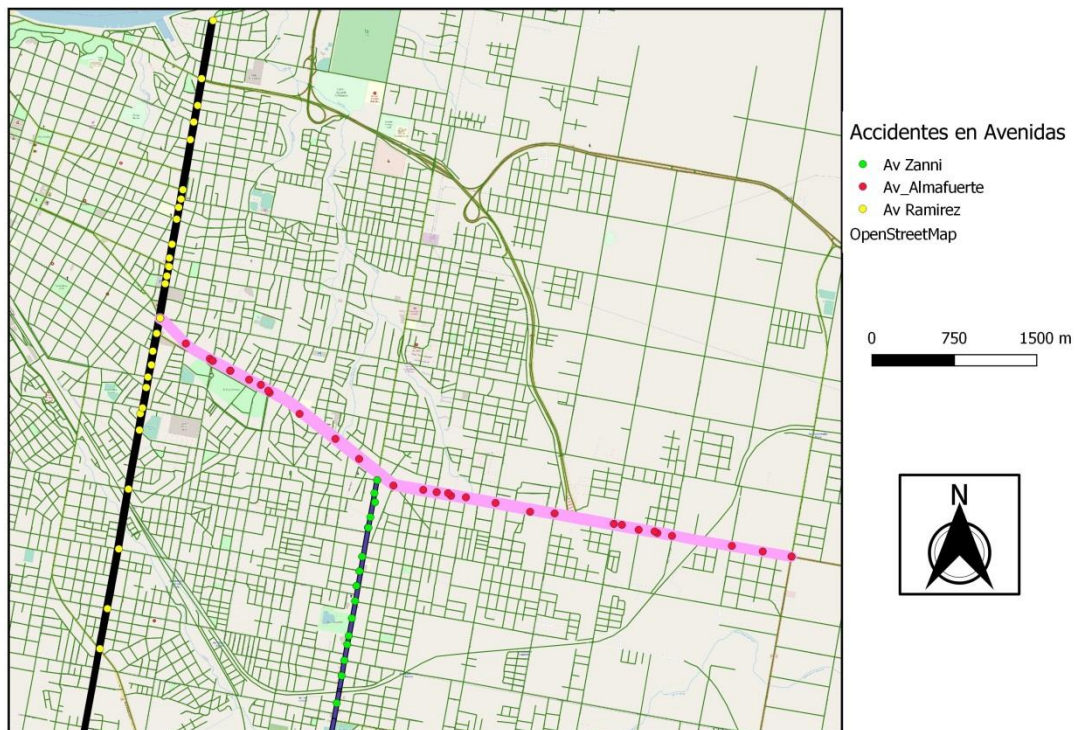
**Figura nº 42:** Selección de Tramo con mayor número de accidentes de tránsito para una zona determinada (buffer=35) - 2016 AMPLIADA

### 7.3.10 Determinación de número de accidentes ocurridos en un tramo de la vía de circulación

Se seleccionaron objetos espaciales de interés para observar los accidentes que se producen en un lapso de tiempo. Para el caso se seleccionaron las vías rápidas dentro de la ciudad como son las Avenidas, con doble sentido de circulación.

Luego de la selección de las entidades que representan 3 Avenidas importantes de la ciudad de Paraná como lo son la Avenida Almafuerter (con orientación Este-Oeste), Avenida Ramirez (con orientación Norte-Sur) y Avenida Zanni (con orientación Norte-Sur).

Sobre estos objetos espaciales prefijados se seleccionaron los posicionamientos de los accidentes ocurridos durante el 2016 sobre cada una de las vías de identificadas.



**Figura nº 43:** Selección de Avenidas y distribución de los accidentes de tránsito - 2016

Como se observa en Figura nº 43 se puede observar la distribución de los accidentes en tramos considerados importantes por el caudal de vehículos y las zonas geográficas que comunica dentro y hacia afuera de la ciudad.

De este análisis se puede obtener datos importantes de la distancia de la vía y otras características que permiten comprender bajo ciertos índices como es la distribución de éste tipo de hechos de tránsito.

Si bien estos índices nos permiten tener como parámetro la cantidad de accidentes que se producirían (como hecho de tránsito que produce daños o lesiones o muertes en las vías de circulación) por cada 100 metros, este parámetro quedará fijado con respecto al largo físico real

---

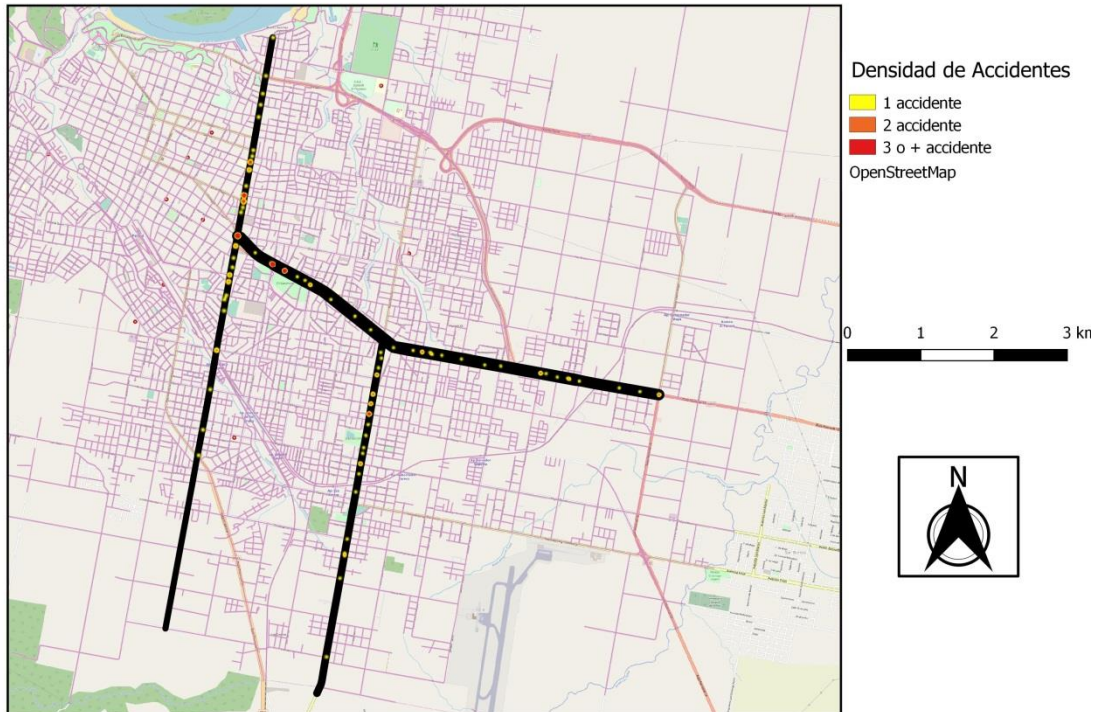
de la vía considerada. Esto puede traer un error en la apreciación de dicho análisis sobre todo en el estudio realizado puesto que existen tramos donde la circulación es limitada en Avenida Ramírez hacia el tramo final al Sur. Esta vía cambia sus características hasta el punto que su calzada es de broza dejando de tener asfalto por lo que no es una zona que se corresponde con el tránsito habitual en sus otros tramos.

Así, considerando un tramo efectivo de uso como vía de circulación de 7300 metros el valor de Accidentes Registrados por cada 100m de tramo analizado es de 0,603.

Si bien estos datos nos permiten comparar vías de circulación como sucede en éste caso con las Avenidas, surge de un análisis visual que los registros se encuentran distribuidos de manera no uniforme sobre el total de la vía lo que indica la existencia de tramos donde la concentración de accidentes de tránsito es mayor que en otros puntos de la vía.

Para ello y para poder observar el comportamiento de los accidentes de tránsito en éstas vías analizadas se confeccionó un mapa para analizar la densidad de los mismos utilizando el método visto anteriormente con Heatmap para confeccionar el mapa de calor a partir del análisis de la función de densidad de Kernel.

Este nuevo producto (Figura nº 44) realizado para cada vía considerada, junto con los accidentes sobre su calzada complementa en gran parte el trabajo de estudio y análisis llevado adelante en esta investigación sobre el uso de los Sistemas de Información Geográfica para el análisis de los accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná.



**Figura nº 44:** Densidad de Kernel para Selección de Avenidas y distribución de los accidentes de tránsito ( $r=50m$ ) - 2016

Esta cartografía puede ser llevada a Google Earth Pro para realizar una visualización panorámica sobre la imagen satelital que aporta Google obteniendo manchas o zonas calientes (Figura nº 45 ) donde hay una mayor concentración de accidentes de tránsito sobre las vías en estudio donde una concentración de 3 o más accidentes para un entorno considerado como  $r=50$  m para el radio de la aplicación heatmap se representa hacia el color rojo.



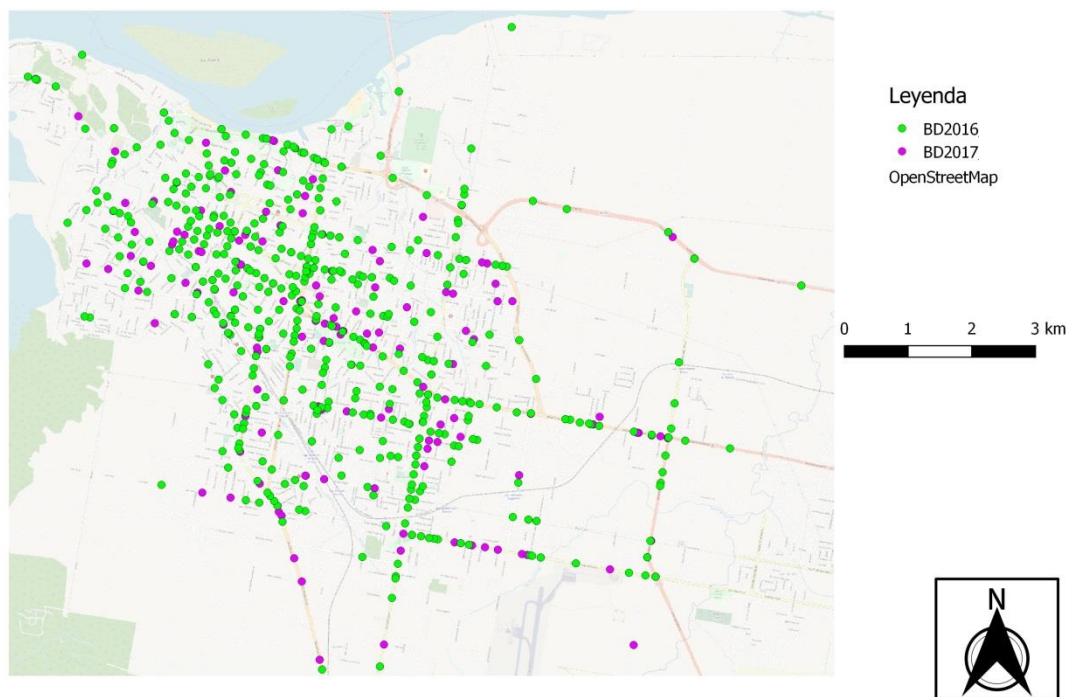
**Figura nº 45:** Densidad de Kernel para Selección de Avenidas y distribución de los accidentes de tránsito en Google Earth Pro (r=50m) - 2016

Se pueden obtener del proceso de estudio realizado algunos datos de interés estadísticos utilizando Group Stats para estos tramos analizados.

## 8- RESULTADOS

### 8.1 Construcción de mapas con la distribución de los accidentes de Tránsito 2016 y 2017

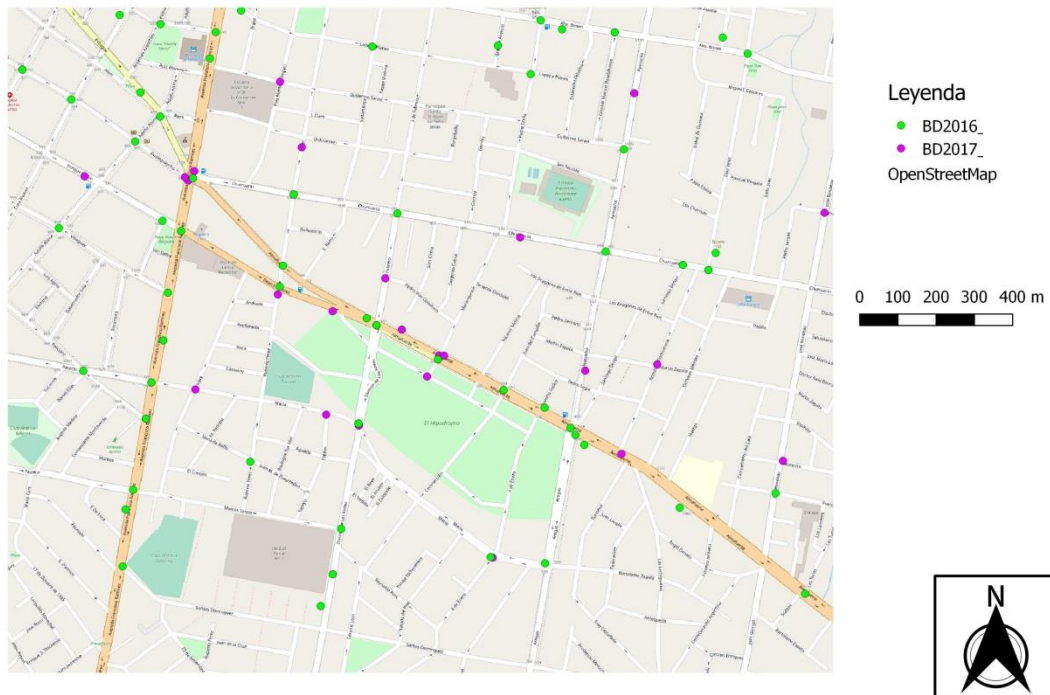
Luego de la normalización de las tablas podemos obtener el producto cartográfico como el de la Figura 46 donde se encuentran representados los accidentes de tránsito de ambas bases de datos.



**Figura nº 46:** Geolocalización de registros de accidentes de tránsito 2016-2017 . Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.

Se puede observar en el mapa a grandes rasgos como se distribuyen sobre las distintas zonas geográficas del ejido urbano. Existen zonas de superposición de los datos los cuales no pueden ser evidenciados a simple vista.

La necesidad de un cambio de escala permite observar con más detalle una zona seleccionada al azar como se muestra en la Figura nº 47 donde se observa las vías de circulación y los puntos representativos del lugar donde se produjo el hecho de tránsito.



**Figura nº 47:** Geolocalización de registros de accidentes de tránsito 2016-2017 . Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos. Ampliación de escala

## **8.2 Determinación de proporciones e indicadores normalizados para el estudio de los accidentes de tránsito.**

Del análisis realizado en el capítulo anterior acerca de la determinación de ciertos parámetros cuantitativos que nos permitan construir indicadores, han sido resumidos en la Tabla Nº 7 observándose que no es posible realizar una comparación con estos índices de un año al otro a causa de las diferencias del número de registros que cada base de dato aporta.



Nomenclatura	Representación	2016	2017
IAP	índice de accidente por población (cada 100.000 habitantes)	231,18	62,53
IAPM	Índice de Accidentes con fallecidos por Población (cada 100.000 habitantes)	3,63	1,61
IMAP	Índice de muertes en Accidentes de tránsito por población (cada 100.000 habitantes)	4,03	1,61

Tabla N° 7 Indicador por año sobre el total de la población en estudio.

Elaboración propia

El siguiente cuadro (Tabla n° 8 ) permite observar de qué manera se presentan en el total de la muestra algunas características inherentes al tránsito y los accidentes en la vía pública.

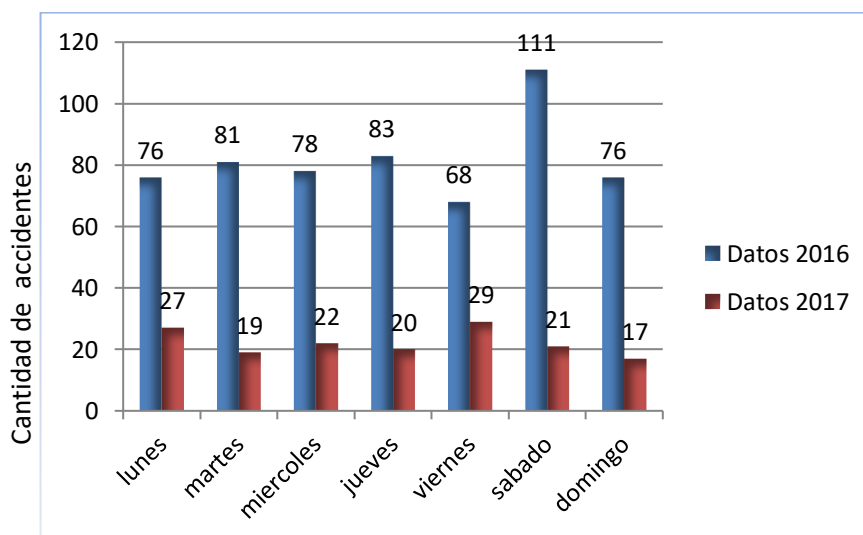
información de Interés	año	n° casos	en %
<i>total de accidentes de tránsito registrados (ilesos-heridos-fallecidos)</i>	2016	573	100
	2017	155	100
<i>accidentes con al menos una moto</i>	2016	403	70.3
	2017	139	89.7
<i>accidentes moto con auto-camioneta</i>	2016	296	51.7
	2017	97	62.6
<i>accidentes moto con moto</i>	2016	33	5.8
	2017	7	4.5
<i>accidentes peaton-bicicleta con moto</i>	2016	18	3.1
	2017	11	7.1
<i>accidentes con al menos un automovil o camioneta</i>	2016	429	74.9
	2017	112	72.3
<i>accidentes con peatones o bicicletas</i>	2016	48	8.38
	2017	22	14.2

Tabla N° 8: proporciones de casos sobre el total de la población en estudio.

Elaboración propia

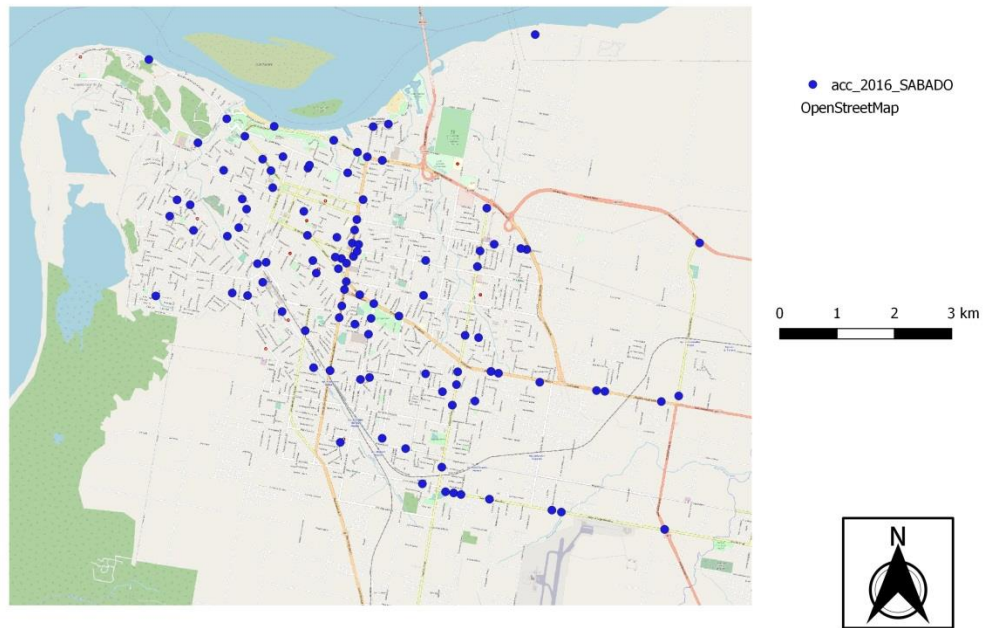
### **8.3 Frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de mayor valor de hechos en la semana**

A partir del agrupamiento y luego de la creación de nuevos archivos vectoriales es posible trabajar con ellos a los fines de visualizarlos sobre el mapa y apreciar a simple vista si existe algún agrupamiento de interés para los días de la semana, en donde se produzcan mayor cantidad de hechos de tránsito o si por el contrario la dispersión se aprecia como homogénea con similar distribución sobre el total de la superficie. Las frecuencias absolutas por año fueron representadas en la Figura nº 48 se graficaron en relación al día de la semana para 2016 y 2017.



**Figura nº48** Frecuencias Absolutas accidentes de tránsito en Paraná por día de ocurrencia 2016-2017

Estos gráficos de barra muestran lo que sucede con la frecuencia de accidentes para los años 2016 y 2017 en valores absolutos pudiéndose observar para cada año los días con mayor concentración de hechos viales, los que pueden observarse sobre la ciudad de Paraná Figura nº 18 los que han sido representados de manera separada para cada año analizado, a los fines de una mejor apreciación de las distribución de los elementos sobre la cartografía y con el fin de que permitan comparar diferentes zonas para distintos años, con una mejora en la visualización de lo que se puede apreciar en la Figura nº 49 y Figura nº 50



**Figura nº 49:** Geolocalización de registros de accidentes de tránsito el día sábado - 2016. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos. Ampliación de escala

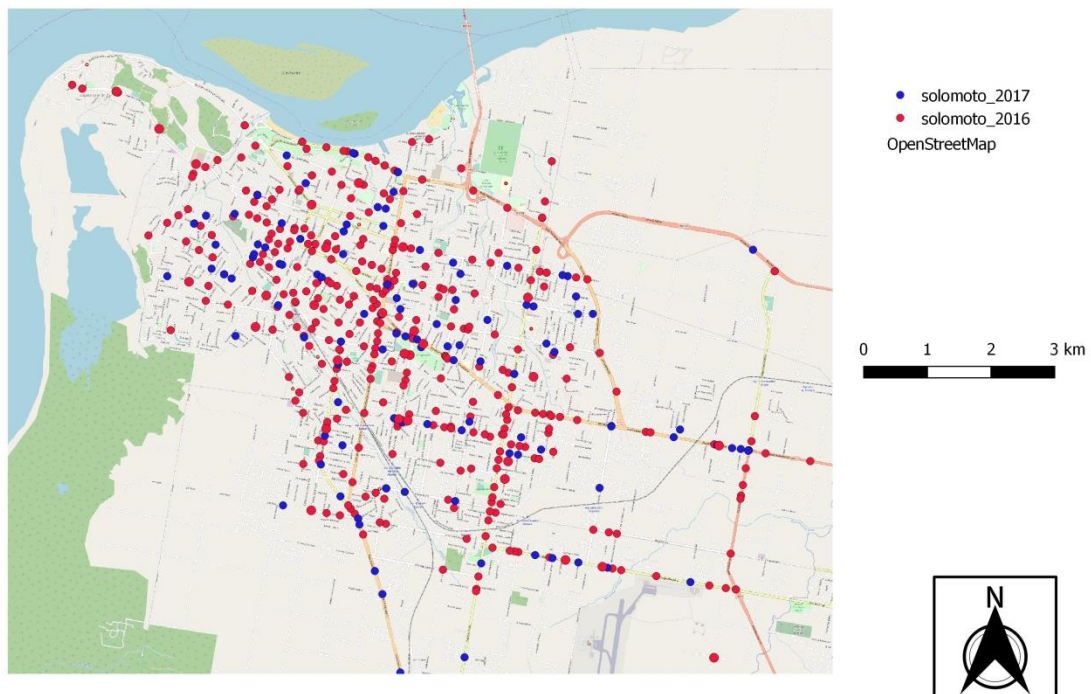


**Figura nº 50:** Geolocalización de registros de accidentes de tránsito el día viernes- 2017. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos. Ampliación de escala

#### **8.4 Determinación de frecuencias absolutas para accidentes de tránsito que cumplen con la condición de tipo de vehículo interviniente.**

A partir de la representación de las frecuencias absolutas de los accidentes de tránsito ocurridos en ejido urbano se puede determinar que las motocicletas son los vehículos que tienen mayor intervención en los mismos.

A partir de aquí se puede analizar la representación cartográfica de la Figura nº 51 generadas a partir de la base de datos 2016 y 2017 de las cuales cobra relevancia únicamente los accidentes de tránsito en la que se encuentra involucrada una motocicleta.

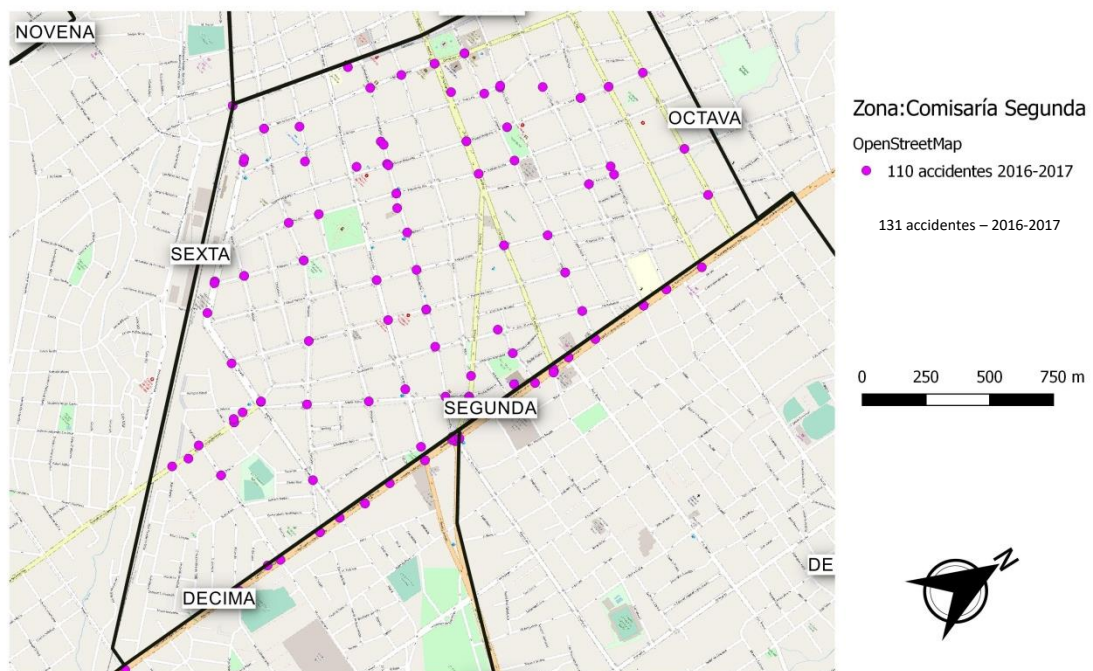


**Figura nº 51:** Geolocalización de registros de accidentes de tránsito sólo motos 2016 - 2017. Datos aportados por el OPSVER y Policía de Entre Ríos.

Esta cartografía permite observar cómo se disponen los accidentes de tránsito en motocicleta en la trama vial de la ciudad de Paraná pudiéndose apreciar zonas donde hay una mayor concentración de éstos hechos de tránsito.

### 8.5 Determinación de accidentes ocurridos en un área en particular.

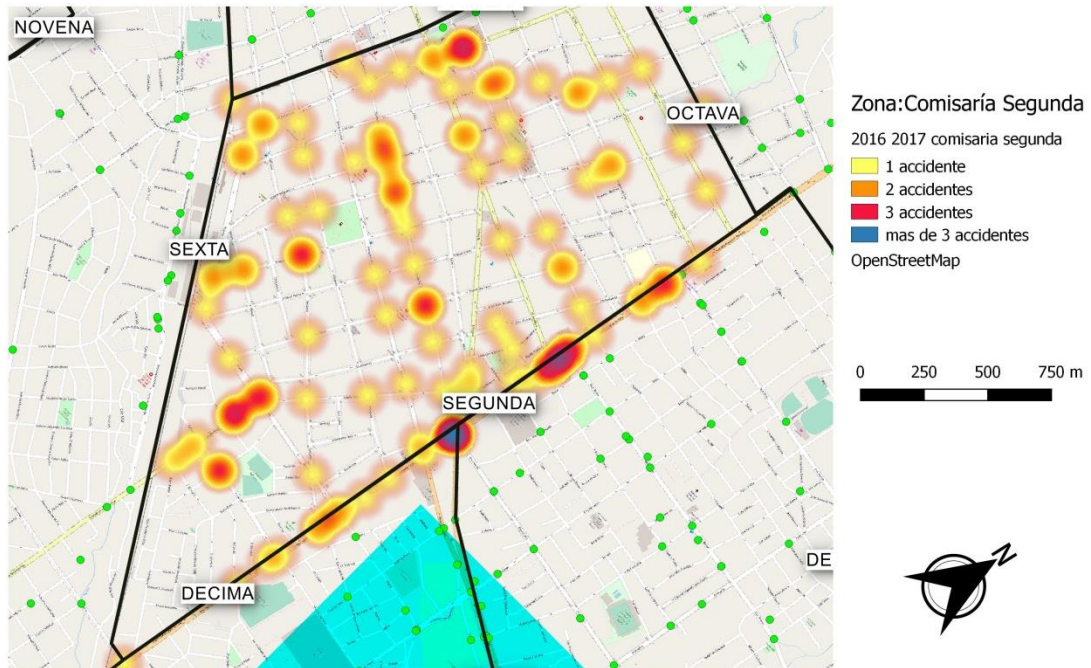
A partir de la determinación de un área de interés para el análisis de los accidentes de tránsito se puede observar (Figura nº 52) la demarcación del polígono de interés a analizar y la distribución de los accidentes de tránsito dentro de él.



**Figura nº 52:** Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según Zona Comisaría Segunda 2016-2017.

Con un total de 131 accidentes registrados (2016 y 2017) en la zona correspondiente a la Comisaría Segunda de la ciudad se ubica la zona con la mayor cantidad de hechos de tránsito.

A los fines de mejorar la información reflejada en el mapa de la Figura nº 53 se puede obtener un mapa de la misma zona pero con la representación de áreas de mayor densidad de hechos de tránsito determinando las zonas calientes o hotspots lo que permite tener un diagnóstico más preciso sobre la situación en la zona de interés.



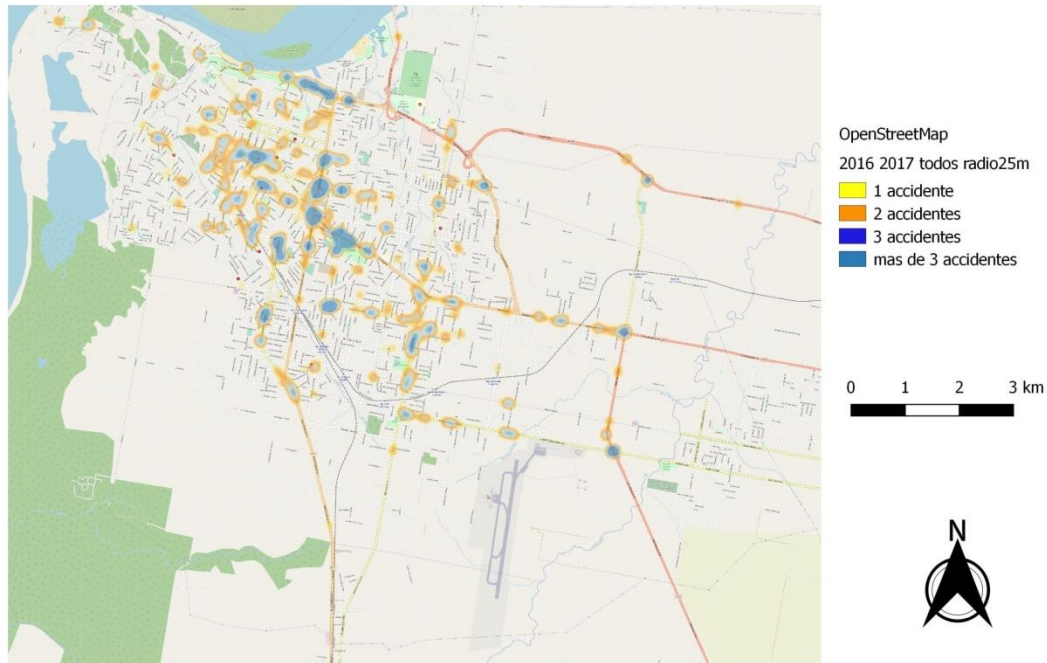
**Figura nº 53:** Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná según Zona Comisaría Segunda 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel

### **8.6 Zonas de concentración de accidentes de tránsito. Cálculo de la densidad de Kernel**

En la Figura nº 54 se puede observar cómo se distribuyen según el análisis de concentración por densidad de Kernel los accidentes de tránsito sobre el ejido urbano de la ciudad.

En la misma cartografía se puede apreciar como es el comportamiento respecto de los accidentes de tránsito en la zona de micro centro y alrededores como así también la ubicación de zonas comprometidas sobre vías rápidas como lo son Avenidas o vías rápidas.

Para la misma se utilizó un radio para la función de Kernel de 100 [m] lo que permite a ésta escala poder hacer observaciones generales del caso.



**Figura nº 54:** Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel

Para poder determinar con mayor precisión esas zonas se obtuvo otra cartografía (figura nº 55) donde se redujo el radio para el análisis y al mismo tiempo se aumentó la escala para poder observar zonas más reducidas donde se concentran gran cantidad de accidentes, con mayor interés en aquellas donde el número supera los 3 accidentes dentro del área de influencia.



**Figura nº 55:** Mapa de distribución espacial de accidentes en Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel Ampliación

### **8.7 Zonas de concentración de accidentes de tránsito en motocicleta en Avenidas. Cálculo de la densidad de Kernel**

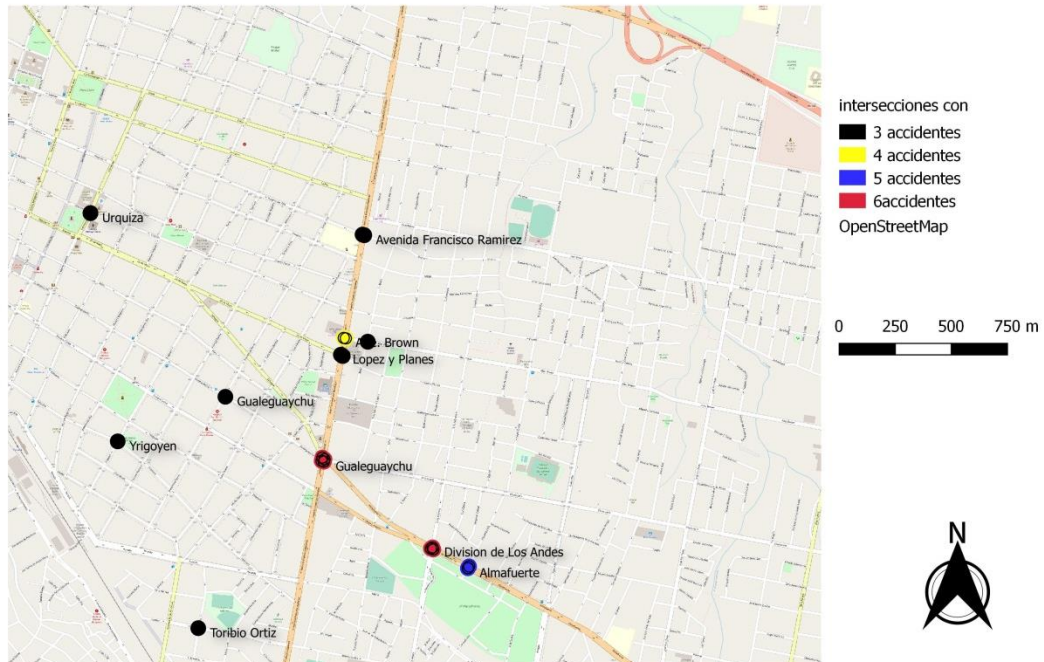
La Figura nº 56 muestra las áreas de influencia donde se encuentran localizadas una mayor concentración de accidentes de tránsito en motocicleta sobre vías de circulación rápidas como lo son Avenidas y Bulevares.



**Figura nº 56:** Mapa de distribución espacial de accidentes en motos en Avenidas de Paraná 2016-2017 aplicando Densidad de Kernel

### **8.8 Intersecciones con mayor número de accidentes de tránsito dentro del ejido urbano**

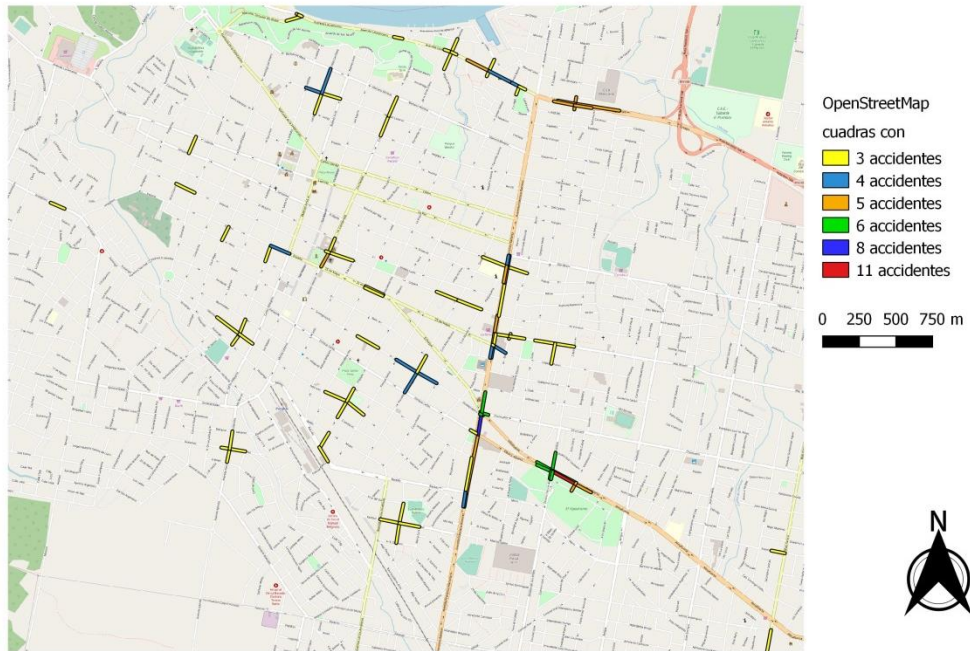
En la Figura nº 57 se puede observar un mapa que cuenta con datos referidos a la ubicación de los accidentes de tránsito junto con las intersecciones que acumulan 3 o más accidentes de tránsito en la misma encrucijada, pudiéndose reconocer la zona y el área involucrada a partir de la señalización de la calle en la que se ubican esas mayores concentraciones de interés.



**Figura nº 57:** Mapa de distribución espacial de intersecciones con mayor número de de accidentes de tránsito. Ampliación

### **8.9 Tramos (cuadras) con mayor número de accidentes de tránsito dentro del ejido urbano**

En la Figura Nº 58 y Nº 59 se puede observar la cartografía correspondiente a los tramos de calle (cuadras) donde se ubican zonas de gran concentración de accidentes de tránsito (3 o más) pudiéndose ampliar la zona de interés para analizar lo que acontece en las mismas



**Figura nº 58:** Mapa de distribución espacial de TRAMOS (cuadras) con mayor número de accidentes de tránsito.



**Figura nº 59:** Mapa de distribución espacial de TRAMOS (cuadras) con mayor número de accidentes de tránsito

### 8.10 Distribución de zonas de mayor concentración de accidentes sobre tres Avenidas principales dentro del ejido urbano

Se pudo obtener datos de valor, como los representados en la Tabla nº 9 construida a partir de tomar los datos directamente sobre las tablas de atributos y la medición de distancias de los objetos espaciales que representan las vías seleccionadas para el estudio.

TRAMO ANALIZADO	CANTIDAD DE ACCIDENTES REGISTRADOS DURANTE EL 2016	LONGITUD TOTAL DE LA VÍA SELECCIONADA en metros	ACCIDENTES REGISTRADOS POR CADA 100 m DE TRAMO ANALIZADO
Avenida Almaguero	47	7360	0,638
Avenida Ramírez	44	9700 (efectivo 7300)	0,453 (0.603)
Avenida Zanni	27	5670	0,476

Tabla nº 9: Valores absolutos de accidentes sobre Avenidas en relación a la longitud del tramo.

Elaboración propia

Al mismo tiempo se puede producir un mapa (Figura nº 60) donde se observa la zona de interés para el análisis, como así también los resultados de aplicar el estudio de densidad de Kernel para un radio de 50 metros sobre las Avenidas en ambos tramos.



Figura nº 60: Mapa de distribución espacial de TRAMOS ((avenidas principales) con mayor número de accidentes de tránsito. Ampliación



Se obtuvieron del proceso de estudio realizado algunos datos de interés estadísticos para estos tramos (tabla nº 10).

<b>Avenida</b>	<b>Ramírez</b>	<b>Almafuerte</b>	<b>Zanni</b>
Accidentes- Valor hallado	44	47	27
Frecuencia relativa respecto del total de registros (573)	0,077	0,082	0,047
Frecuencia relativa respecto del total de accidentes registrados en Avenidas (273)	0,161	0,172	0,099
Accidentes involucrada al menos una motocicleta	31 (70,45%)	31 (66%)	23 (85%)
Momento del día en que se produce mayor cantidad de registros de accidentes	Noche (18 accidentes – 41%)	Tarde (20 accidentes – 43%)	Mañana (12 accidentes – 44%)
Día de la Semana en que se produce mayor cantidad de registros de accidentes.	Sábado (12 accidentes- 28%)	Sábado (11 accidentes- 24%)	Martes (9 accidentes – 33%)
Día de la semana según el momento del día en que se produce mayor cantidad de registros de accidentes que involucrada al menos una motocicleta.	Sábado a la Noche (3 accidentes)	Lunes a la Noche (3 accidentes)	Martes a la Tarde y Noche Miércoles a la Mañana Jueves a la Mañana y Tarde (2 accidentes cada día en cada momento del día)
Mes del año en que se produce mayor cantidad de registros de accidentes	Junio y Octubre (6 accidentes cada mes)	Agosto (8 accidentes)	Agosto (5 accidentes)
Relación cantidad de accidentes- heridos	51 heridos	51 heridos	26 heridos
Relación cantidad de accidentes- fallecidos	0 fallecidos	2 fallecidos	0 fallecidos
Cantidad de Accidentes con motocicletas con 1 herido	25	24	16
Cantidad de Accidentes correspondiente a una Comisaría	32 (Comisaría 2ª)	19 + 19 (Comisaría 10ª y 3ª)	19 (Comisaría 3ª)
Cantidad de accidentes donde se ven involucrado al menos una bicicleta o un peatón	4	5	1
Zona con mayor densidad de concentración de Accidentes de tránsito en intersección	5 Esquina	Av. Almafuerte y 3 de febrero	Av. Zanni y Gdor Parera
Zona con mayor densidad de concentración de Accidentes de tránsito en tramos cortos.	Av. Ramírez entre Almafuerte y Carbó.	Av. Almafuerte entre 3 de Febrero y Marangunich	Av Zanni entre Santos Domínguez y Cortada

Tabla 10: Análisis estadísticos de algunas variables de interés sobre accidentes de tránsito en la ciudad de Paraná – 2016 - Elaboración propia

## 9- DISCUSIÓN

- Las Bases de Datos poseen orígenes distintos pero sobre un mismo hecho y luego de que las mismas pudieran ser normalizadas para su análisis y cotejo, se pudo observar que la Base de Datos 2016 suministrada por la Policía de Entre Ríos posee gran cantidad de registros (600 registros para el 2016) con respecto a la Base de Datos 2017 que aporta el SIGISVI (160 registros para el 2017). En una existen mayor número de registros perdiendo variables recolectadas respecto del lugar del hecho frente a otra con pocos datos registrados y un número importante de variables.
- Este proceso de normalización planteado para poder cotejar datos de una y otra fuente puede ser realizado a todas las bases de datos que posee la Policía de Entre Ríos desde el 2010 a la fecha junto con los registros obtenidos en el SIGISVI.
- Las información que se desprende de la lectura de algunos estadísticos obtenidos a partir del análisis de las distintas bases de datos nos provee información general y parcelada de los distintos factores que intervienen en un hecho de tránsito (relación motovehículos-vehículos o tipo de colisión con mayor frecuencia o cantidad de heridos respecto a cantidad de fallecidos, total de accidentes ocurridos y total de fallecidos, etc) sesgando el conocimiento sobre lo que realmente puede estar ocurriendo en la trama vial. Sin embargo la importancia de comprender diversos factores en conjunto sobre una distribución geográfica de interés, y a partir de la utilización de las herramientas estadísticas y las que nos ofrecen los Sistemas de Información Geográfica se puede conocer con mayor exactitud de que manera los hechos de tránsito se relacionan con el medio estableciendo patrones para un saber mas completo y real con el fin de prevenirlos.

- Respecto de la normalización de la variable `Momento_del_dia` se observó que dicha variable no se encuentra discriminada en la Base de Datos 2017 en la cual se registran los horarios en que ocurrió el hecho (hora-minuto) lo que permite reagrupar los datos en tres rangos (mañana – tarde – noche) para poder cotejarlos con los datos aportados por la Policía de Entre Ríos. A los fines de que dichos datos aporten información de interés sobre la incidencia de ésta variable en los accidentes de tránsito es recomendable que los mismos sean registrados de tal manera que permitan una reclasificación en “diurno-nocturno” o “mañana-tarde-noche” además de permitir variar los rangos de horas en cada grupo de acuerdo a las características de sociales de la zona geográfica analizada.
- Para la Base de Datos 2016 con registros realizados por la Policía de Entre Ríos es necesario previo al estudio y determinación del posicionamiento realizar correcciones a la forma de escritura de las direcciones donde ocurrieron los hechos de tránsito que se describen en la variable `nombre_de_calle`. Si bien, la Base de datos 2017 ya posee las coordenadas geográficas donde se produjo el hecho es necesario contar con un nomenclador de las direcciones descriptas a fin de poder contar con el agrupamiento por calle en un análisis posterior de accidentalidad en tramos de una determinada vía. Ésta unificación de criterio también es recomendable que exista para la Base de Datos 2016.
- La utilización de herramientas para geocodificar son variadas y dependerá de la familiaridad que encuentre el usuario con alguna de ellas en particular. Algunas de las API que ofrecen estos servicios de geocodificación son las de ESRI, Google Maps Geocoding API, Nominatim (un servicio basado en OpenStreetMap) o Mapzen Search. Si bien a la hora de geolocalizar con Geocoding de Google Maps direcciones postales se puede considerar bastante eficaz para el fin propuesto a partir de recomponer la base de datos de su dirección, altura catastral, localidad, provincia.

- Para el estudio de los productos cartográficos obtenidos a partir de la densidad de Kernel es necesario tener en cuenta la relación existente entre el radio considerado para el análisis y la escala utilizada para la visualización de las zonas más densas (hotspots).
- Si bien el SIGISVI permite la carga de datos de manera unificada con las demás provincias del país, a nivel provincial sigue habiendo diferencias sustanciales a la hora de evaluar los hechos de tránsito con respecto a los datos que registran otros organismos como es el caso de la Policía de Entre Ríos.
- Se hace necesario que estos sistemas de unificados de carga de datos posean un lenguaje común con otras áreas afines como catastro, vialidad, salud pública, servicio meteorológico, etc. Esto permitirá a través de un trabajo interinstitucional pasar de un estadio descriptivo al explicativo-predictivo con seguridad de tener mayor cantidad de variables lo que permitirá el entrecruzamiento de datos y variables para la elaboración de información con mayor peso para la toma de decisiones.

---

## 10-CONCLUSIONES

- Luego de un análisis exhaustivo acerca de las herramientas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica aplicadas al análisis y estudio de los accidentes de tránsito se puede concluir que estas herramienta poseen un gran potencial a partir de analizar el comportamiento de las distintas variables y su relación con los sucesos viales además de localizar áreas o zonas geográficas de gran concentración de accidentes de tránsito Si bien se contó con dos bases de datos de orígenes diferentes es posible a partir de un estudio previo normalizar ambas bases de datos con el fin de poder analizar sucesos viales en ambas tablas.
- A partir de éste trabajo se ha podido establecer una metodología para el análisis espacial de bases de datos oficiales de distinta procedencia (SIGISVI – Policía) con el fin de realizar estudios específicos sobre áreas donde se concentran mayor cantidad de accidente de tránsito en la ciudad de Paraná o cualquier otro municipio que aporte datos al SIGISVI o donde las distintas direcciones de Criminalística de la Policía de Entre Ríos lleven el registro de los accidentes de tránsito con heridos y fallecidos.
- Durante el proceso de análisis de las distintas variables y bases de dato fue posible realizar cartografía de gran interés para el análisis de los accidentes de tránsito a partir de la determinación de zonas geográficas detectadas con mayor concentración de hechos durante un período de tiempo.
- Ambas fuentes permiten confeccionar Bases de Datos normalizadas a fin de realizar cruzamiento de datos para elaborar información respecto al comportamiento de los accidentes de tránsito dentro de la ciudad de Paraná.

- Es posible, luego de un proceso previo de análisis, construir una Base de Datos con las tablas aportadas por la Policía de Entre Ríos a fin de geocodificar las direcciones donde ocurrieron los hechos permitiendo localizar espacialmente la información referida a los accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad.
- A partir de la confección de éstas Bases de Datos y del reordenamiento de los registros en categorías válidas para el estudio de los accidentes de tránsito, fue posible realizar un análisis de tipo espacial sobre las distintas zonas de la ciudad de Paraná, considerando las características de los accidentes de tránsito además de diferentes variables.
- Se pudieron seleccionar variables específicas para confrontarlas con otras de interés y al mismo tiempo visualizarlas sobre la cartografía para poder observar la distribución de los hechos de tránsito en las distintas vías de circulación y al mismo tiempo comprender la injerencia de distintos factores, tanto humanos como aquellos originados por el espacio físico.
- Fue posible determinar a partir de un análisis de frecuencia cual fue el día de la semana en la cual se registraban mayor cantidad de accidentes para cada año en estudio, como así también otras variables como tipo de vehículo interviniente siendo de gran utilidad la utilización de la herramienta Group Stats de QGIS permitiendo realizar el análisis estadístico y al mismo tiempo seleccionando sobre la cartografía los elementos de interés.
- Se identificó sobre la cartografía a partir del complemento Group Stats el comportamiento de los accidentes de tránsito en función de la asociación de variables,

pudiéndose identificar el tipo de vía y el tipo de vehículo con el total de registros para ambas variables.

- Es posible encontrar el vehículo que mayor frecuencia acumula en cada año y determinar además de su distribución sobre el ejido urbano sobre qué tipo de vía ocurrió y además si como producto final de ese hecho se registraron heridos o fallecidos.
- A partir de determinar zonas específicas o de interés sobre el ejido urbano fue posible detectar en cuál de ellas se registraron mayor cantidad de hechos de tránsito, siendo de gran utilidad en el caso analizado determinar la zona comprendida por la Comisaría que más hechos registra. esto permitiría a la institución administrar los recursos con los que cuenta en función de la siniestralidad presente en su jurisdicción.
- Es posible profundizar en la investigación para determinar el tramo (calle) que más accidentes posee durante un año determinado dentro de la misma zona
- La distribución de los accidentes de tránsito en un área geográfica puede ser analizada mediante la utilización de la herramienta de geoproceto Headmap para la determinación de los Hot Spots en QGIS permitiendo producir cartografía útil para el análisis de las zonas donde se concentran los accidentes de tránsito. La variación de los radios considerados para la función de Kernel permite detectar zonas geográficas específicas como tramos (calles) o intersecciones donde se registran altos índices de accidentalidad.
- Fue posible determinar en esos tramos o en las intersecciones el total de accidentes que se registraron identificando cuales fueron esos registros como así también cuales son las vías que registran mayor concentración de accidentes.

- A partir de un cambio de escala (ampliación) fue posible producir cartografía de interés para elaborar un diagnóstico preciso sobre el área en estudio.
- Es posible seleccionar vías de interés (como Avenidas en el caso analizado), determinar la longitud que poseen las mismas, analizar las vías de circulación, localizar sobre ellas los accidentes de tránsito y confeccionar índices estadísticos como así también determinar las zonas de mayor concentración de accidentes a partir del análisis para la determinación de zonas de calor o hotspots.
- Se pudo establecer tablas comparativas sobre características de interés en vías de circulación analizadas a fin de determinar un diagnóstico respecto de los accidentes de tránsito en vías rápidas dentro del ejido urbano de la ciudad.

## 11- Bibliografía utilizada.

Abdulhafedh, A. (2017). Identifying vehicular crash high risk locations along highways via spatial autocorrelation indices and kernel density estimation. *World Journal of Engineering and Technology*, 5, 198–215. <https://doi.org/10.4236/wjet.2017.52016>

Academia Nacional de Ingeniería. Instituto del Transporte. Documento nº 7. Ingeniería y Seguridad Vial- Puntos Negros de concentración de muertes en accidentes viales. 2013. Buenos Aires.

Agencia Nacional de Seguridad Vial Observatorio de Seguridad Vial. Informe estadístico 2016: Víctimas fatales por siniestros viales. Dirección Nacional de Observatorio Vial. Junio 2018. Versión 2 <https://www.argentina.gob.ar/seguridadvial/observatoriovial/estadisticas> (consultada el 21/06/2018)

Agencia Nacional de Seguridad Vial. Observatorio de Seguridad Vial. Ministerio de Transporte. Presidencia de la Nación Relevamiento de indicadores estadísticos en materia de Seguridad Vial en Argentina, consignando autor y entes que utilizan cada uno. Argentina. 2010

Alonso Francisco, Esteban Cristina, Calatayud Constanza. La Gestión de los Puntos Negros en el marco de los Sistemas de Gestión de la Seguridad de infraestructuras viarias Grupo de Investigación DATS (Desarrollo y Asesoramiento en Tráfico y Seguridad Vial), INTRAS (Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial), Universidad de Valencia. Editorial Tráfico Vial, S.A. –1ª Edición Febrero 2013

Arias Paz, M. - Manual de automóviles – Ed. Dossat 2000 – Madrid, 1995.

Bosque Sendra, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rial SA. Madrid

Buzai Gustavo D. 2015. *Análisis Espacial en Geografía de la Salud. Resoluciones con Sistemas de Información Geográfica*. 1ra Edición. Lujan. Buenos Aires. Argentina.

Buzai Gustavo D. 2013. *Sistema de información Geográfica. SIG. Teoría y Aplicación* 1ra Edición. Lujan. Buenos Aires. Argentina.

Cal y Mayor R. 1982 - *Ingeniería de tránsito - Representaciones y Servicios de Ingeniería* S.A. – Mexico

Claudia E. Natenzon y Diego Ríos (eds). 2017. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos*. 1ra Edición. Buenos Aires. Argentina Editorial Imago Mundi

CONAE. *Epidemiología panorámica: Introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la salud pública / Camilo Hugo Rotela ... [et.al.] ; con colaboración de Mabel Moral ...[et.al.]*. - 1ª ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comisión Nacional de Actividades Espaciales; Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios Ministerio de Salud de la Nación. Dirección de Epidemiología., 2014. ISBN 978-987-96864-1-6

Corridor, M. (2017). Analyzing Spatial distribution of the accident locations-A Case Study of Analyzing Spatial distribution of the accident locations - A Case Study of Mirpur Corridor , Dhaka , Bangladesh, (December). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12639.15522>

Dinesh Mohan, Geetam Tiwari, Melekidzedek Khaayesi, Fredrick Muyia Nafunkho. Road traffic injury prevention: training manual. Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: OPS, © 2008 ISBN 92 4 154675 1

De Elia, E. A., Elorsa, C. L., Horlen, N., Lamaro, A. A., Lanfri, S., Otero, J., ... Torrusion, S. (2014). Epidemiología Panorámica: Introducción al uso de Herramientas geoespaciales aplicadas a la Salud Pública. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015 (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Eenink R., Reurings M., Elvik R., Cardoso J., Wichert S. & Stefan Ch. – Accident prediction models and road safety impact assessment: Recommendations for using these tools – RIPCORDEREST-Deliverable D2, Final – 2008

Elvik, R. (2007): State of the art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks. Report 1 of work package 6 of RIPCORDEREST

Erdogan, S. (2009). Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey. Journal of Safety Research, 40(5), 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.006>

Haddon, William, Jr. (Insurance Institute for Highway Safety): Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. Public Health Reports, Vol. 95, September-October 1980, pp. 411-421.

Hashimoto, S., Yoshiki, S., Saeki, R., Mimura, Y., Ando, R., & Nanba, S. (2016). Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 3(3), 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.01.005>

Hollnagel E. - Modelos de accidentes e análisis de accidentes - Barreras y prevención de accidentes – Ed. Modus Laborandi – Madrid, 2009 – ISBN 978-84-937117-0-2

Huang Y.H. - Having a new pair of glasses: Applying systemic accident models on road safety - Linköpings Universitet - Dissertation No. 1051 – Linköping, 2007 - ISSN 0345-7524

Ivan, I., & Tesla, J. (2015). Road and intersection accidents: Localization of black spots in Ostrava. Geograficky Casopis, 67(4), 323–340.

Irureta, Victor A. Accidentología vial Científica. 1ra Edición ilustrada. Editorial Cátedra Jurídica. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2017

Ministerio de Transporte. Presidencia de la Nación. Situación de la Seguridad Vial en Argentina. Datos y Análisis para un abordaje integral del problema. Informe disponible hasta el 2016. Marzo 2018

Miñarro, Antonio. (1998). Estimación no paramétrica de la función densidad. Barcelona

Organisation de Coopération et de Développement Economiques, OECD – Conférence Européenne des Ministres des Transports, CEMT – Road safety principles and models: Review of descriptive, predictive, risk and accident consequence models – OCDE/GD (97)153 – Paris, 1997

Organización Mundial de la Salud. Departamento de Prevención de la Violencia y los Traumatismos y Discapacidad (VIP). Suiza. (2013). [www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013) (consultada el 21/06/2018)

Organización Panamericana de la Salud. (2010). Sistema de datos: Manual de seguridad vial para decisores y profesionales. World Health Organization, (628), 1–187. Retrieved from <http://www.who.int/roadsafety/en/>

Persaud, B., Lyon, C. y Nguyen, T. (1999). Empirical Bayes Procedure for Ranking Sites for Safety Investigation by Potential for Safety Improvement. Transportation Research Record, 1665, 7-12.

Qureshi Z.H. - A review of accident modelling approaches for complex socio-technical systems – Command, Control, Communications and Intelligence Division; DSTO Defence Science and Technology Organisation - Edinburgh, South Australia, 2008 - DSTO-TR-2094

Sabel, C. E., & Bartie, P. (2012). Spatial and Temporal Geovisualisation and Data Mining of Road Traffic Accidents in Christchurch , New Zealand, 166–170.

Seiji Hashimoto a, Syuji Yoshiki b,\* , Ryoko Saeki c, Yasuhiro Mimura d, Ryosuke Ando e, Shutaro Nanba. (2016). Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation

Shafabakhsh, G. A., Famili, A., & Bahadori, M. S. (2017). GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 4(3), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.05.005>

Statens Vegvesen (2006). Road Safety Audits and Inspections – guidelines. Handbook 222. Statens Vegvesen, Oslo (available on [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no)).

Tabasso, Carlos. Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial. Revista Seguridad Vial. Órgano de difusión del Instituto de Seguridad y Educación Vial. Argentina. 2017. 24:29 [http://www.institutoivia.com/doc/tabasso\\_124.pdf](http://www.institutoivia.com/doc/tabasso_124.pdf)

Vilchis Licón, Iturrioz Rosell. Alcohol y otros factores humanos condicionantes de accidentes de tránsito. Salud Pública México. 1987. Vol. 29:322-330