

## INTERACCIÓN ENTRE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO Y 5 ELEMENTOS DEL AREA URBANA

Mónica Woywood, Universidad de Concepción, mwoywood@udec.cl  
Marlene Albornoz, Universidad de Concepción, marlealbornoz@udec.cl  
Tomás Echaveguren, Universidad de Concepción, techaveg@udec.cl

### RESUMEN

Este estudio entrega un acercamiento al análisis espacial de accidentes y su relación con 5 elementos urbanos: red jerarquizada, paraderos transporte público, colegios, educación superior y unidades vecinales, generando indicadores espaciales de accidentes (IEA), contando los accidentes que ocurren en su cercanías. Los IEA definen zonas de concentración bajo clasificación: alto, medio, bajo.

Se utiliza la base de datos de accidentes del trienio 2009-2011, logrando georreferenciar el 85%.

El análisis de distribución espacial de accidentes se realizó usando la utilería *Spatial Analyst* del software ArcGIS 10.2.1, análisis espacial no paramétrico basado en la función de densidad kernel y el método de interpolación espacial IDW (Distancia Inversa Ponderada).

*Palabras claves: accidentes de tránsito, indicadores espaciales, Sistema de información geográfica.*

### SUMMARY

### ABSTRACT

This study focuses on the spatial analysis of accidents and its relation with five elements of the urban setting: network hierarchy, public transport stops, schools, universities, and neighbourhood units. Indicators (IEA) are generated, based upon the spatial location of events and their number in the vicinity of the identified elements. IEA define concentration zones, using a three items scale: high, medium, low.

Data belong to the period 2009-2011, achieving an 85% of georeferencing.

The accidents spatial distribution analysis was accomplished using the Spatial Analyst tool provided by ArcGis 10.2.1. Two specific analyses were carried out: non-parametric spatial analysis based on the kernel density function and the spatial interpolation method IDW (Inverse Distance Weighting).

*Key words: traffic accidents, spatial indicators, geographic information system*

## 1. INTRODUCCIÓN

En Chile, CONASET define los accidentes de tránsito como todo siniestro que ocurre en la vía pública y que tiene como consecuencia una o más personas fallecidas, lesionadas o ilesas y al menos un vehículo en movimiento involucrado.

Chias (1997) indica que desde un enfoque espacial, los accidentes se consideran externalidades negativas del transporte, consecuencia de una compleja red de relaciones presentes en el espacio geográfico, y como resultado negativo del movimiento o traslado de personas y vehículos en un espacio y tiempo determinado. En Chias (2004) se define a los accidentes como eventos estocásticos, es decir, constan de una parte aleatoria y una parte determinística (horarios, sitios de mayor frecuencia, entre otros), afirmando que sí se puede incidir sobre esta última para prevenir su ocurrencia.

En Santiago CONASET (2013a, 2013b) ha estudiado relaciones de accidentes con paraderos y colegios, que han servido de base a este estudio.

El objetivo de este estudio fue analizar espacialmente los accidentes de tránsito ocurridos en el Gran Concepción, durante el trienio 2009-2011. Se eligieron 5 elementos del área urbana para analizar su interacción con accidentes. Los 5 casos corresponden a jerarquía vial y paraderos de transporte público, considerados como elementos del sistema de transporte, y a unidades vecinales, educación superior y colegios, como elementos del sistema de actividades.

## 2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

El estudio de la interacción entre los accidentes de tránsito y los 5 casos de estudio permitió elaborar indicadores espaciales de accidentes (IEA). El análisis de la distribución espacial de los accidentes en el sistema de actividades se realizó usando la utilidad *Spatial Analyst* del *software* ArcGIS 10.2.1. Con dicha herramienta se realizó un análisis espacial no paramétrico basado en la función de densidad kernel y el método de interpolación espacial IDW (Distancia Inversa Ponderada), para relacionar espacialmente los accidentes, con por ejemplo, la jerarquía vial. De esta forma se obtienen zonas de concentración de alta ocurrencia en vías primarias y secundarias, bajo una clasificación: alto, medio, bajo.

Para la generación de áreas de influencia espacial (*buffer*) se aplicaron herramientas de geoprocésamiento en SIG, definiendo la unidad lineal en metros. Se realizó este procedimiento en colegios, educación superior y paraderos, con la finalidad de identificar los accidentes y atropellos localizados dentro de sus áreas de influencia, considerando además variables asociadas a los individuos involucrados, género y rango etario.

Los indicadores espaciales se generaron considerando el número más alto de accidentes dentro de los *buffer* de radio mayor en cada caso de estudio. A partir de este valor, se establecieron tres niveles: bajo, medio y alto, donde la extensión de los rangos de estos niveles correspondían, aproximadamente, a un tercio del número más alto de accidentes. Se consideró de manera excepcional un nivel muy alto para los casos en que el número de accidentes dentro de un *buffer* estuviera muy encima del resto.

Cabe señalar que las características de los elementos del sistema de transporte y de actividades se consideraron invariantes durante los tres años utilizados en el análisis. Cada caso de estudio se analizó por separado, sin considerar una interrelación entre ellos.

### 3. PROCESAMIENTO DE LAS BASES DE DATOS DE ACCIDENTES Y CASOS DE ESTUDIO

El detalle del procesamiento y análisis de las bases de datos se encuentra en Albornoz (2015). Las tablas y figuras mostradas en este trabajo, provienen o están referidas a Albornoz (2015). Los accidentes georreferenciados se pueden encontrar en Gesitran (2015).

#### 3.1 Base de datos de accidentes de tránsito

La base de datos de accidentes fue proporcionada por Carabineros de Chile. Se utilizaron los datos de 9.020 accidentes ocurridos entre enero del 2009 y diciembre del 2011 en el Gran Concepción. Esta base de datos se complementa con dos bases de datos adicionales, correspondientes a las personas (20.848) y vehículos involucrados (15.534).

La base de datos cuenta con información sobre la fecha, hora, calle, intersección o kilómetro de la ruta donde ocurrió, tipo de accidente, comuna y localización. Además, cuenta con información sobre edad, género, calidad (conductor- peatón-pasajero) y resultado (ilesos, leves, graves, menos graves o fatales) de cada persona involucrada, también tiene información sobre el tipo de vehículo implicado y su servicio.

#### 3.2 Base de datos de los accidentes de tránsito georreferenciados

La base de datos de los accidentes georreferenciados cuenta con 7.704 accidentes en el Gran Concepción (GC), que corresponden al 85% del total (Vera, 2014). No fue posible georreferenciar la totalidad de los accidentes registrados por Carabineros de Chile, debido a falta de información en la ubicación.

Tabla 3.1 Distribución de accidentes y su georreferenciación en el Gran Concepción

Comuna	Accidentes			Personas accidentadas			Vehículos en accidentes		
	Número	georef	%	Número	georef	%	Número	georef	%
Chiguayante	243	224	92	515	473	92	393	358	91
Concepción	3.536	2.774	78	8.364	6.614	79	6.014	4.590	76
Coronel	470	445	95	1.243	1.178	95	752	710	94
Hualpén	868	808	93	2.005	1.887	94	1.552	1.448	93
Hualqui	2	2	100	8	8	100	4	4	100
Lota	350	317	91	845	768	91	498	453	91
Penco	373	303	81	935	779	83	532	444	83
San Pedro	1.385	1.203	87	3.157	2.770	88	2.536	2.208	87
Talcahuano	1.334	1.211	91	2.755	2.500	91	2.362	2.149	91
Tomé	459	417	91	1.021	923	90	711	647	91
<b>G Concepción</b>	<b>9.020</b>	<b>7.704</b>	<b>85</b>	<b>20.848</b>	<b>17.900</b>	<b>86</b>	<b>15.354</b>	<b>13.011</b>	<b>85</b>

La Tabla 3.1 muestra la distribución de accidentes, personas y vehículos de la georeferenciación realizada para cada comuna del GC. Considerando un nivel de confianza de 95%, un error del 5% sugerido para poblaciones sobre 100 datos y una varianza del 50%, se puede decir que la muestra es estadísticamente representativa.

### 3.3 Base de datos casos de estudio

#### *Caso 1: Colegios de educación básica y media*

La base de datos de los colegios se obtuvo de MINEDUC (2012). El número de colegios y de alumnos por comuna se muestran en la Tabla 3.2. Se aprecia que Concepción y Talcahuano tienen la mayor cantidad de colegios y de alumnos por comuna.

Tabla 3.2 Cantidad de colegios y alumnos por comuna (2012)

Comuna	Número colegios	Número de alumnos
Chiguayante	31	15.788
Concepción	76	49.995
Coronel	38	22.687
Hualpén	24	13.926
Hualqui	7	3.503
Lota	21	11.001
Penco	17	6.203
San Pedro	29	19.294
Talcahuano	50	28.884
Tomé	18	10.609
<b>G. Concepción</b>	<b>311</b>	<b>181.890</b>

En la Figura 3.1 se muestra el porcentaje de colegios del Gran Concepción en función de la dependencia y rango de matrícula. La mayoría de los colegios son municipales y particulares subvencionados. Por otro lado, los establecimientos con matrícula muy alta representan un 14%. El conocer la dependencia y rango de matrícula de los colegios permitió analizar qué tipos de establecimientos están relacionados mayormente en la ocurrencia de atropellos de niños.

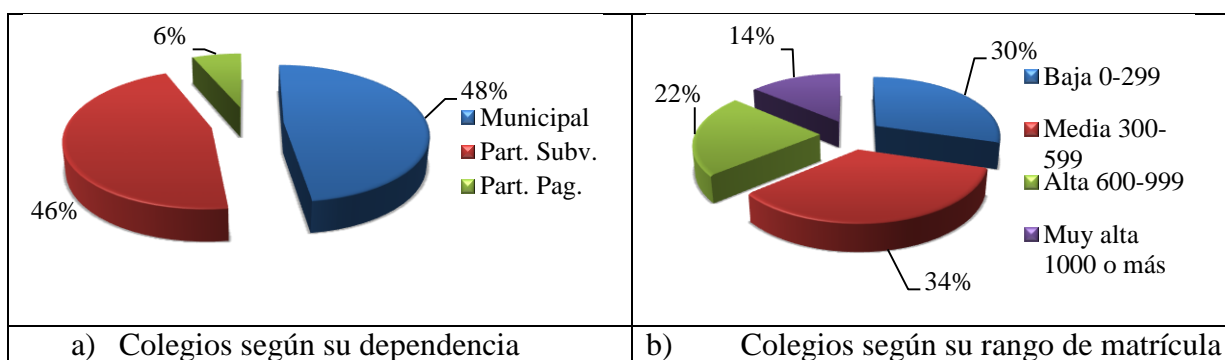


Figura 3.1 Distribución colegios Gran Concepción según dependencia y rango de matrícula.

Para el caso de colegios se seleccionaron los accidentes donde participaron niños en edad escolar (entre los 6 y 18 años). Se analizaron sólo los accidentes de tipo atropello, ya que se supuso que la mayoría de los alumnos llegan caminando al colegio, ya sea desde su casa o desde algún paradero, por lo que tienen un mayor riesgo de sufrir un accidente en su calidad de peatón. Se consideraron

los atropellos ocurridos en periodo de actividad escolar, desde las siete de la mañana hasta las ocho de la noche, de lunes a viernes y de marzo a diciembre. Dada la disponibilidad de caminata se consideró apropiado un buffer de 150 y 250 metros de acuerdo a Banos y Huguenin-Richard (2000).

Tabla 3.3 Número de atropellos y fatalidades de peatones niños en periodo escolar

Comunas	Número de atropellos	Número de fatalidades
Chiguayante	10	2
Concepción	80	1
Coronel	11	0
Hualpén	22	0
Lota	15	1
Penco	13	1
San Pedro	21	0
Talcahuano	25	0
Tomé	10	0
Todas las comunas	207	5

#### *Caso 2: Establecimientos de educación superior*

Sólo en Concepción, Talcahuano y Hualpén existen establecimientos de educación superior. En la Tabla 3.4 se muestran las instituciones de educación superior por comuna y tipo. Se observa que prácticamente todos los establecimiento se encuentran en la comuna de Concepción.

Tabla 3.4 Cantidad de establecimientos de educación superior por comuna y por tipo

Comuna	Universidades	Institutos	Total
Concepción	11	7	18
Hualpén	1	1	2
Talcahuano	1	0	1
Total	13	8	21

Para el caso de la educación superior se estimó adecuado utilizar atropellos, choques y colisiones, ya que se supuso que los estudiantes pueden llegar a los establecimientos a pie o en vehículo. Se filtró la participación de jóvenes entre los 19 y 26 años de edad, en periodo de actividad universitaria, desde las 7 de la mañana hasta las 21 horas, de lunes a sábado y de marzo a enero. En este caso se consideró un buffer de 150, 250 y 400 metros. En la Tabla 3.5 se muestra el número de accidentes y fatalidades de jóvenes en periodo de actividad de la educación superior.

Tabla 3.5 Número de accidentes y fatalidades de jóvenes en periodo universitario

Comunas	Total de accidentes	Atropellos	Choques y colisiones	Fatalidades
Concepción	550	175	375	0
Hualpén y Talcahuano	381	55	326	2
Total	931	230	701	2

#### *Caso 3: Unidades vecinales de la comuna de Concepción*

Las unidades vecinales corresponden a subdivisiones territoriales de las comunas, para efecto de descentralizar asuntos comunales y promover la participación ciudadana (SUBDERE, 1997). La comuna de Concepción cuenta con 48 unidades vecinales, de las cuales se tienen datos sobre población, uso de suelo, superficie y densidad poblacional.

La mayoría de las unidades vecinales tiene una población entre 3.001 y 6.000 habitantes. Las pertenecientes a la zona centro de Concepción tienen menos de 3.000 personas. Las unidades vecinales con más población se ubican hacia la periferia de la comuna. Por otro lado, las unidades vecinales ubicadas en el centro de Concepción tienen una baja densidad, lo que concuerda con el hecho de que esa zona tiene un uso de suelo principalmente comercial.

En el estudio de las unidades vecinales se decidió en primer lugar analizar todos los accidentes de Concepción y luego seleccionar por tipo, separando atropellos, choques y colisiones. Se consideraron 2.774 accidentes de tránsito georreferenciados en Concepción, 725 accidentes tipo atropello y 1.801 accidentes tipo choque y colisión.

#### *Caso 4: Paraderos de transporte público*

Los datos de paraderos de transporte público fueron obtenidos a través de un levantamiento de terreno, donde se estableció que en todo el Gran Concepción hay un total de 1.288 paraderos, ya sean formales o informales (GESITRAN, 2015)

La Tabla 3.6 muestra el número de paraderos pesquisados por comuna. Se observa que Concepción concentra la mayoría de los paraderos. Un 93% de los paraderos del Gran Concepción son de categoría formal.

Tabla 3.6 Cantidad de paraderos por comuna, cantidad de atropellos buffer de 100m

Comuna	Número paraderos	Num paraderos formales	(%)	Núm paraderos informales	(%)	Número Atropellos
Chiguayante	108	97	90	11	10	64
Concepción	365	354	97	11	3	725
Coronel	90	77	86	13	14	132
Hualpén	132	121	92	11	8	116
Hualqui	17	14	82	3	18	-
Lota	70	64	91	6	9	124
Penco	89	81	91	8	9	75
San Pedro	147	133	90	14	10	130
Talcahuano	176	175	99	1	1	186
Tomé	94	83	88	11	12	78
Todas las comunas	<b>1.288</b>	<b>1.199</b>	<b>93</b>	<b>89</b>	<b>7</b>	<b>1.630</b>

Para el caso de los paraderos se utilizaron todos los accidentes georreferenciados, y luego sólo los atropellos, ya que se supuso que las personas llegan caminando a los paraderos. Se consideró aquellos que ocurrieron en un radio o buffer de 100 metros de acuerdo a las recomendaciones de Somenahalli y Troung (2011).

#### *Caso 5: Red vial jerarquizada*

Las vías primarias y secundarias fueron georreferenciadas por GESITRAN (2015). Esta jerarquización se hizo en base a la funcionalidad actual del Gran Concepción. Se utilizó la totalidad de los accidentes georreferenciados para este análisis.

## 4. INTERACCIÓN ENTRE LOS ACCIDENTES Y LOS 5 CASOS ESTUDIADOS

### 4.1 Niveles de los indicadores espaciales de accidentes (IEA)

El procesamiento de las bases de datos permitió establecer el nivel del IEA. Dado que la muestra cambia de tamaño en cada caso, en la Tabla 4.1 se muestra los rangos de accidentes que considera cada uno de los niveles (bajo, medio y alto) para cada indicador. En el caso de las unidades vecinales se consideró un nivel muy alto, ya que había unidades con un número muy alto respecto al resto. En el caso de la red vial jerarquizada, el indicador corresponde a densidad de kernel, donde el nivel bajo es de color amarillo, el medio es de color naranja y el alto es de color rojo.

Tabla 4.1 Rangos de accidentes para los distintos niveles de IEA, casos de estudio

Caso de estudio	Indicador	Nivel de indicador			
		Nivel bajo (accidentes)	Nivel medio (accidentes)	Nivel alto (accidentes)	Nivel muy alto (accidentes)
<b>Colegios</b>	IEA <sub>Col</sub>	de 1 a 2	de 3 a 4	5 o más	-
<b>Universidades</b>	IEA <sub>EdSup</sub>	de 1 a 15	de 16 a 30	31 o más	-
<b>Unidades vecinales</b>	IEA <sub>UVec</sub>	de 1 a 50	de 51 a 100	101 o más	-
	IEA <sub>AtUVec</sub>	de 1 a 20	de 21 a 40	de 41 a 60	61 o más
	IEA <sub>ChCoUVec</sub>	de 1 a 30	de 31 a 60	de 61 a 100	101 o más
<b>Paraderos</b>	IEA <sub>P</sub>	de 1 a 20	de 21 a 40	41 o más	-
	IEA <sub>AtP</sub>	de 1 a 7	de 8 a 14	15 o más	-
<b>Red vial jerarquizada</b>	IEA <sub>RP</sub>	Color amarillo	Color naranja	Color rojo	-
	IEA <sub>RS</sub>	Color amarillo	Color naranja	Color rojo	-

### 4.2 Indicador Espacial de Accidente (IEA<sub>i</sub>) para cada caso i estudiado

#### *Caso 1: Colegios de enseñanza básica y media: IEA<sub>col</sub>*

En el Gran Concepción el 31% de los atropellos de niños ocurrieron a menos de 150 m de los colegios.

Si se analizan los colegios de todo el Gran Concepción según su dependencia, se obtiene que al considerar un área de influencia de 150 m, la mayoría de los atropellos de niños ocurrieron en las cercanías de colegios subvencionados, mientras que en las cercanías de colegios pagados, solo sucedieron tres, al igual que para el *buffer* de 250 m.

Al analizar los colegios según su rango de matrícula, se obtiene que al considerar un área de influencia de 150 m, la mayoría de los atropellos de niños ocurrieron en las cercanías de colegios con matrícula media y matrícula alta. En el caso del *buffer* de 250 m la mayoría de los atropellos de niños suceden en cercanías de colegios de matrícula media, mientras que los establecimientos con matrícula muy alta son los que menos atropellos en sus cercanías tienen.

El Indicador Espacial de Accidentes cercanos a los Colegios ( $IEA_{Col}$ ) para un *buffer* de 150 m, la mayoría de las comunas poseen establecimientos con  $IEA_{Col}$  bajo, en tanto que no hay establecimientos con  $IEA_{Col}$  alto. En el área de influencia de 250 m, Concepción y Lota son las únicas comunas que presentan colegios con  $IEA_{Col}$  alto.

Espacialmente se observa que en Concepción, los colegios con  $IEA_{Col}$  medio se localizan en las cercanías de las calles Chacabuco y Los Carrera. En esta última también se ubican los establecimientos con  $IEA_{Col}$  alto, obtenidos al considerar un *buffer* de 250 m. En Hualpén, si se considera un área de influencia de 250 m, los establecimientos con  $IEA_{Col}$  medio se concentran en dos zonas de la comuna. Finalmente, en Lota los colegios con  $IEA_{Col}$  medio y alto se concentran en la zona sur de la comuna. En la Figura 4.1 se muestra los  $IEA_{Col}$  considerando los *buffer* de 150 m y 250 m, para Chiguayante, Concepción, Hualpén y San Pedro.

Los colegios con  $IEA_{Col}$  medio o alto son, principalmente, de dependencia municipal. Así mismo, la mayoría de los colegios con  $IEA_{Col}$  medio o alto, tienen matrícula alta o muy alta.

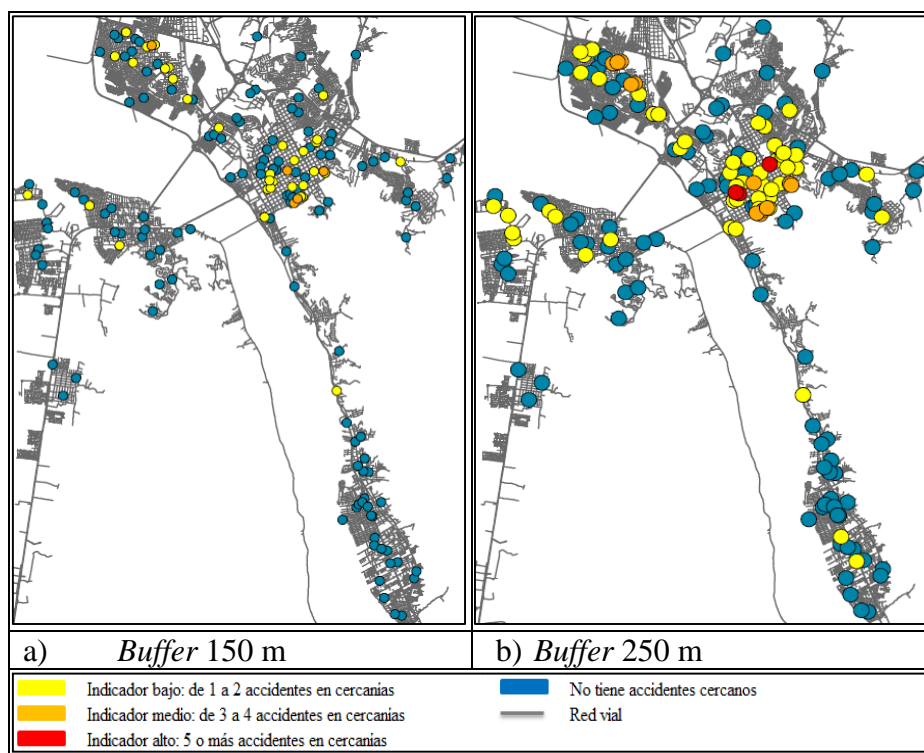


Figura 4.1 Mapas del indicador espacial del número de accidentes cercanos a colegios en las comunas de Concepción, Hualpén, San Pedro y Chiguayante

### **Caso 2: Establecimientos de educación superior: $IEA_{EdSup}$**

En Concepción el porcentaje de accidentes (atropellos, choques y colisiones) que involucran a jóvenes y que ocurrieron en las cercanías de institutos y universidades alcanza un 38% en los *buffer* de 400 m, mientras que en Talcahuano y Hualpén el porcentaje llega a 4%. El porcentaje de accidentes de tipo choque y colisión es mayor al de atropellos en los distintos *buffer*.



Los Indicadores Espaciales de Accidentes (IEAEdSup) para Hualpén y Talcahuano, independiente del área de influencia, tienen un IEAEdSup bajo. En la comuna de Concepción, si se aumenta el área de influencia hasta los 400 m, varios de los establecimientos poseen un IEAEdSup alto, mientras que el número de establecimientos con IEAEdSup bajos y medios son iguales.

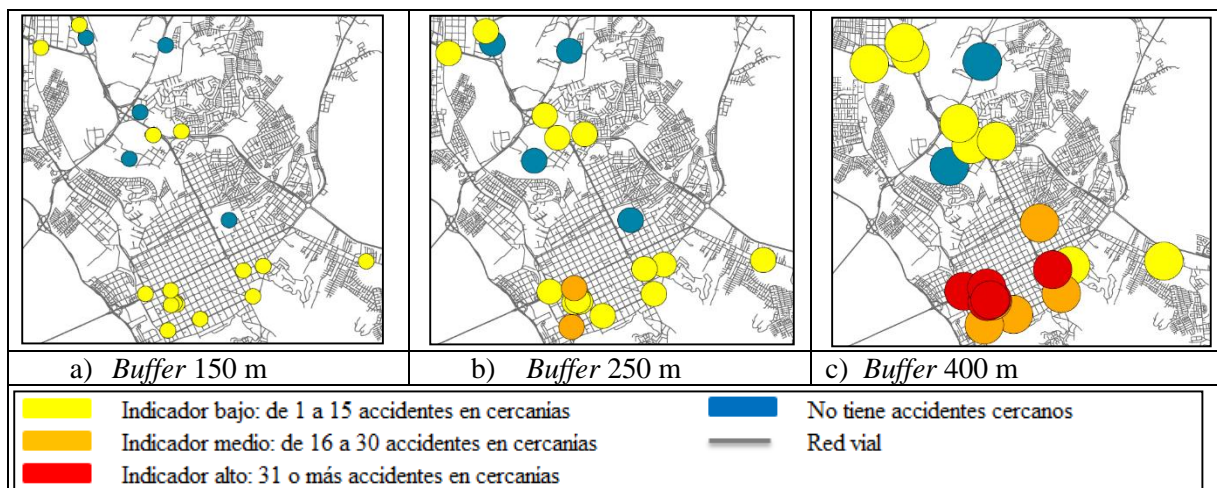


Figura 4.2 Mapas del IEA cercanos a establecimientos de educación superior

Si se analiza espacialmente, se aprecia que los establecimientos con IEAEdSup medios y altos, se localizan principalmente en la zona céntrica de Concepción. La mayoría de los establecimientos con IEAEdSup altos se ubican en pleno centro de la ciudad, tres de los cuales están en la intersección de Barros Arana con Angol. Finalmente, algunos centros de estudio pasan de tener un IEAEdSup bajo, en el *buffer* de 250, m a tener un IEAEdSup alto, en el de 400 m, lo que significa que la mayoría de los accidentes de jóvenes, sucedieron a una distancia mayor a 250 m y menor a 400 m desde los establecimientos.

### Caso 3: Unidades vecinales de la comuna de Concepción: IEA<sub>UVec</sub>

La mayoría de los accidentes ocurrieron en las unidades vecinales que tienen una población entre 3.001 y 6.000 habitantes. Por otro lado, más del 50% de los accidentes analizados, ocurrieron en unidades vecinales con densidad menor a 0,012 hab/m<sup>2</sup>. Las unidades vecinales con densidad baja (menor a 0,012 hab/m<sup>2</sup>) y las unidades vecinales con población baja (menor a 3.000 hab.) tienen en promedio mayor número de accidentes. Este promedio decrece a medida que aumenta el rango. Lo anterior concuerda con lo obtenido por Hernández (2010). Las unidades vecinales con más accidentes tienen un uso de suelo predominante de tipo habitacional y mixto, excepto en una unidad donde predomina el uso de suelo de tipo comercio.

En el caso de las unidades vecinales se calcularon tres indicadores, uno para todos los accidentes, otro para los atropellos y el tercero para los choques y colisiones. Al considerar todos los tipos de accidentes, la mayoría de las unidades vecinales tienen un Indicador Espacial de Accidentes (IEAUVec) bajo, mientras que sólo siete tienen un IEAUVec alto. Espacialmente, la mayoría de las unidades vecinales con IEAUVec alto están ubicadas en la parte céntrica de Concepción, aunque hay dos que se localizan al noroeste de la comuna. En estas últimas el alto nivel del indicador se debe, principalmente, a la gran cantidad de accidentes ocurridos en el eje Paicaví.

Al considerar sólo los atropellos, casi un 80% de las unidades vecinales tienen un IEAAAtUVec bajo, mientras que tres unidades tienen un IEAAAtUVec alto. Espacialmente, las unidades con IEAAAtUVec alto y muy alto son las localizadas en pleno centro de Concepción.

En el caso de los choques y colisiones, cinco unidades vecinales tienen un IEAChCoUVec alto. Espacialmente, las unidades con IEAChCoUVec alto y muy alto tienen como límites a vías muy transitadas, siendo estas las que aportan la mayor cantidad de choques y colisiones a las unidades vecinales. En la Figura 4.3 se muestra los tres indicadores espaciales de accidentes obtenidos para Concepción.

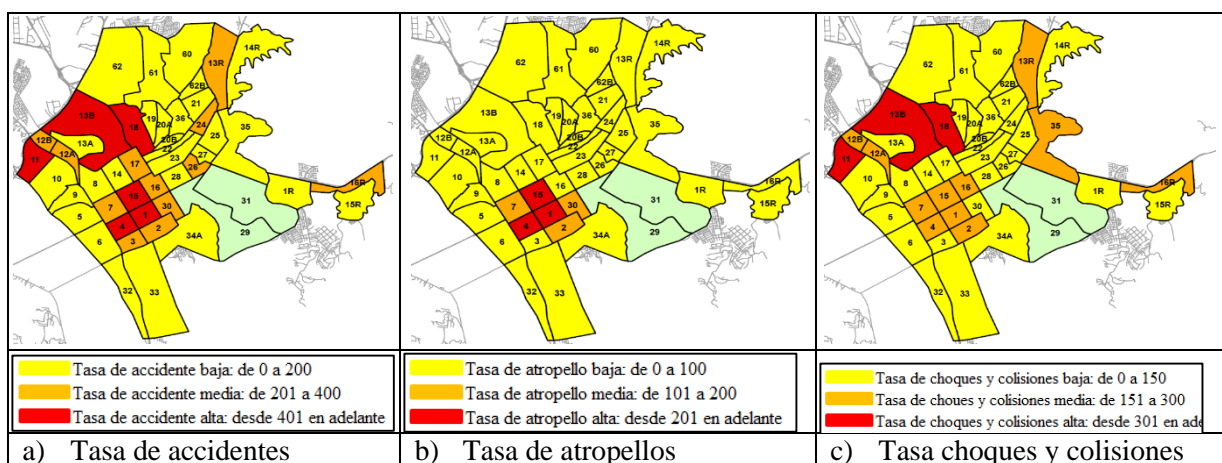


Figura 4.3 Mapas de los indicadores espaciales del número de accidentes, atropellos, choques y colisiones en las unidades vecinales de la comuna de Concepción

#### ***Caso 4: Paraderos de transporte público***

De todos los accidentes georreferenciados ocurridos en el Gran Concepción, un 54% se localizó en las cercanías de paraderos. La comuna de Concepción es la que más accidentes en las cercanías de paraderos tiene, con un 63%, mientras que Coronel es la que menos posee, con un 40%. En el caso de los atropellos ocurridos a menos de 100 m de los paraderos, estos alcanzan alrededor del 62% del total de atropellos georreferenciados en el Gran Concepción. Concepción es la comuna que más atropellos tiene, 49%, mientras que Coronel tiene un 41%, el más bajo.

En todas las comunas, sobre el 80% de los accidentes ocurren en las cercanías de paraderos formales. Lota tiene el porcentaje más alto de accidentes en las cercanías de paraderos informales, con un 47%. Lo mismo sucede al considerar sólo los atropellos.

Tanto en los paraderos de categoría formal como en los de categoría informal, el porcentaje de paraderos relacionados con accidentes, respecto al total de su categoría, alcanza el 78%. En el caso de los atropellos, el 45% de todos los paraderos formales del Gran Concepción tiene atropellos a menos de 100 m, mientras que en los de categoría informal llegan al 40%. Por otro lado, la mayoría de los paraderos que tienen en sus cercanías accidentes y atropellos son de categoría formal, con un porcentaje mayor al 90%.

En el caso de los accidentes, las comunas de Chiguayante, Coronel y Penco tienen sólo paraderos con un IEAP bajo. Concepción, San Pedro y Talcahuano poseen paraderos con un IEAP alto.

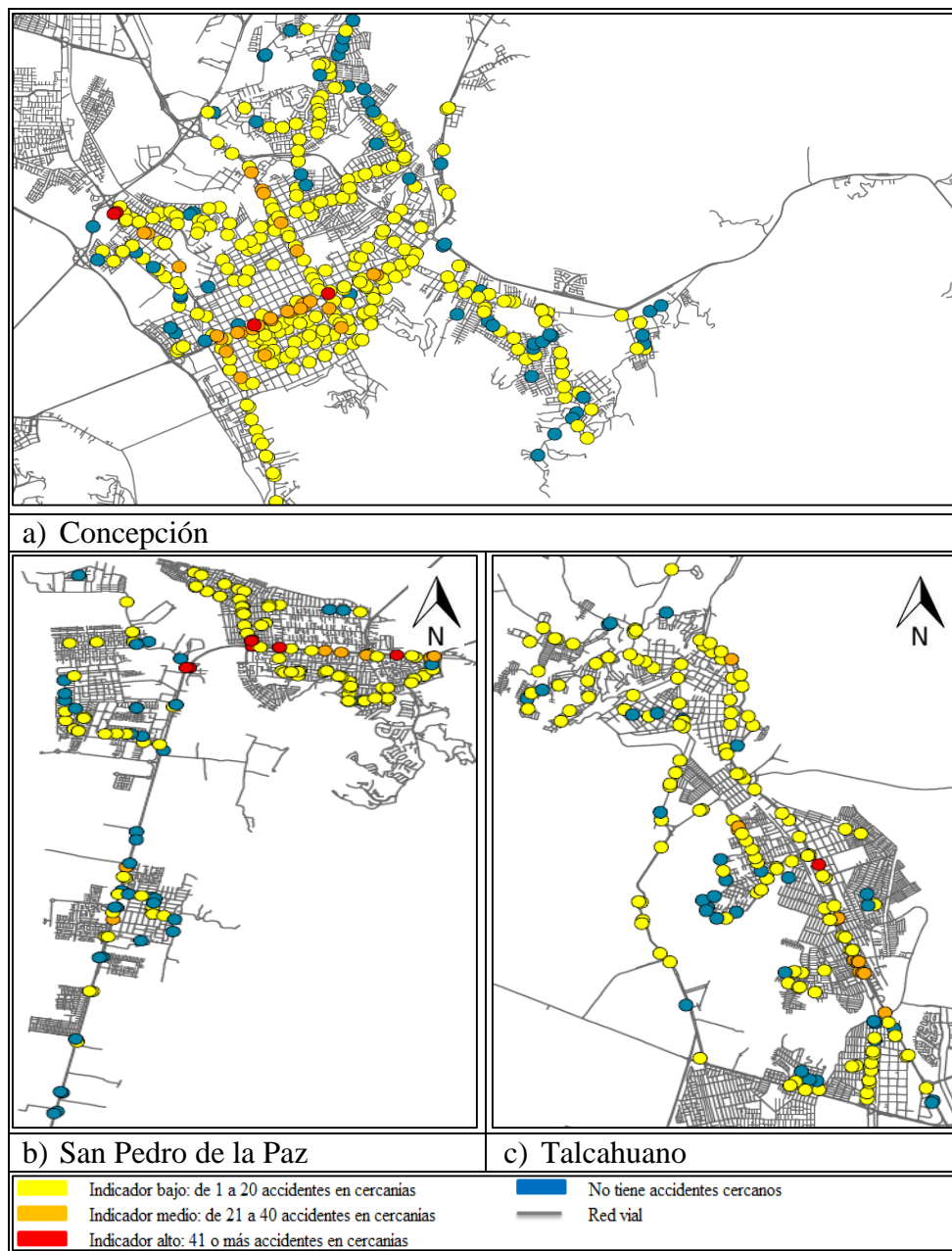


Figura 4.4 Mapas del indicador espacial del número de accidentes cercanos a paraderos

En la Figura 4.4 se observa, que en Concepción, los paraderos con IEAP medio se ubican en los ejes de Paicaví, Los Carrera, Arturo Prat y Veintiuno de Mayo. Algunos paraderos con IEAP alto están ubicados en Los Carrera, uno de los cuales se localiza en la intersección con Paicaví. Los otros, están ubicados en las cercanías de la Vega Monumental, en la calle Veintiuno de Mayo. En San Pedro los paraderos con IEAP medio y alto se localizan todos en la Ruta 160, mientras que en Talcahuano, la mayoría lo hace en el eje Colón.

En el caso de Hualpén, los paraderos IEAP medio se localizan solo en la calle Colón, mientras que en Lota se ubican en dos puntos distintos de la comuna. Finalmente en Tomé, los paraderos con IEAP medio se ubican en la parte céntrica de la comuna.

En el caso de los atropellos, las comunas de Chiguayante, Coronel, Hualpén y Penco sólo tienen paraderos con un IEAAtP bajo, mientras que Concepción es la única comuna que posee paraderos con IEAAtP alto.

### Caso 5: Red vial jerarquizada

Tabla 4.1 señala la cantidad de accidentes a cada jerarquía vial. La cantidad de fallecidos en cada red vial alcanza a 72% en la red primaria, 11% en la secundaria y a un 17% en la terciaria.

Tabla 4.1 Cantidad de accidentes en las redes viales primaria, secundaria y terciaria

Comuna	Total accidentes	Accidentes					
		Red vial primaria		Red vial secundaria		Red vial terciaria	
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)
Chiguayante	224	132	59	86	38	6	2,7
Concepción	2.774	1.395	50	772	27,8	607	21,9
Coronel	445	255	57	122	27,4	68	15,3
Hualpén	808	369	45	256	31,7	183	22,7
Lota	317	98	31	57	17,9	162	51,1
Penco	303	123	41	103	33,9	77	25,4
San Pedro	1.203	758	63	385	32,0	60	4,9
Talcahuano	1.211	664	55	284	23,5	263	21,7
Tomé	417	108	26	158	37,9	151	36,2
<b>Todas las comunas</b>	<b>7.702</b>	<b>3.902</b>	<b>51</b>	<b>2.223</b>	<b>28,9</b>	<b>1.577</b>	<b>20,5</b>

Para visualizar las mayores concentraciones de accidentes ocurridos en las redes viales primaria y secundaria, se utilizó la densidad de kernel. A través de ésta, se generó el Indicador Espacial de Accidentes ocurridos en la Red vial Primaria (IEARP) y el Indicador Espacial de Accidentes ocurridos en la Red vial Secundaria (IEARS).

En la Figura 4.5 se muestra la densidad de kernel para las vías primarias y secundarias del Gran Concepción. Se observan zonas de alta concentración de accidentes en ambas redes y en todas las comunas.

En la red primaria destacan los caminos que unen a las comunas, en Chiguayante calle Rodríguez, en Hualpén Cristóbal Colón, en Coronel Manuel Montt, y en Concepción Los Carrera y Paicaví, entre otras.

En cuanto a la red vial secundaria, los IEARS altos están ubicados en las zonas céntricas de las comunas, en forma más aislada, a excepción de Concepción, Hualpén, San Pedro y Talcahuano.

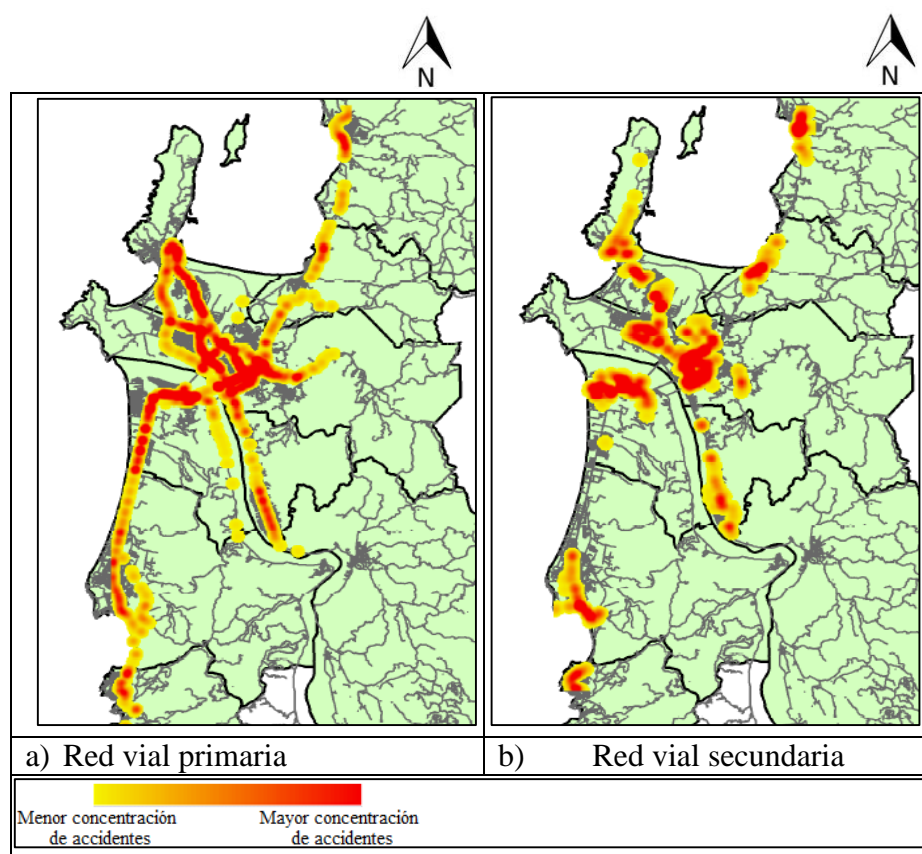


Figura 4.5 Indicadores espaciales del número de accidentes ocurridos en las redes viales primaria y secundaria del Gran Concepción: IEA<sub>RP</sub>, IEA<sub>RS</sub>

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue analizar espacialmente los accidentes de tránsito ocurridos en el Gran Concepción entre 2009 y 2011. Se generaron indicadores espaciales que permitieron visualizar la concentración de accidentes ocurridos en las cercanías de cinco casos de estudios: redes viales jerarquizadas, paraderos, establecimientos de educación superior y colegios para cada una de las comunas que conforman el Gran Concepción, y unidades vecinales de Concepción.

En el caso de los colegios, la mayoría de los atropellos de niños ocurrieron en los primeros 150 m del establecimiento. A partir de esa distancia los atropellos de niños que se van sumando son proporcionalmente cada vez menos. Gran parte de los atropellos de niños sucedieron en calles que se estiman de alto tránsito, por lo que, los colegios ubicados más cerca de esas vías, tienen un IEACol medio o alto. Los colegios que tienen un IEAC medio o alto son principalmente de dependencia municipal, y tienen matrícula alta o muy alta.

En el caso de la educación superior, la mayoría de los establecimientos tienen un IEAE<sub>Sup</sub> medio, si se considera un buffer de 250 m, lo que puede deberse a la ubicación en el centro de Concepción o cercanías a calles que se estiman son de alto flujo vehicular.

Las unidades vecinales que tienen un IEAUVec alto poseen, en general, una baja densidad poblacional. Además, las unidades que tienen un número de accidentes más altos, poseen un uso de suelo mixto, principalmente, habitacional y comercial. Lo anterior, puede explicarse considerando que la exposición al riesgo aumenta si hay más personas y vehículos transitando, lo cual sucede en zonas comerciales, existe una población flotante que llega hasta ellas, dada la atracción de viajes que presentan estas zonas al concentrar gran parte de los servicios.

La mayoría de las comunas tienen todos sus paraderos con un IEAP y un IEAAIP bajo, y sólo Concepción, San Pedro y Talcahuano, tiene paraderos con IEAP alto. Estos últimos están ubicados en calles con alto flujo vehicular y alta velocidad. Además, casi todos los paraderos que tienen accidentes a menos de 100 m de ellos, son de categoría formal, aunque la mayoría de los paraderos informales que existen están relacionados con accidentes y atropellos. La participación del transporte público en los accidentes y atropellos que suceden en las cercanías de paraderos no alcanza al 30%.

En el caso de las redes viales el número de accidentes en las vías disminuye a medida que se descende en jerarquía. Las concentraciones de accidentes son mayores en las zonas céntricas de las comunas y en las vías primarias son más continuas que en las secundarias. La mayoría de los accidentes fatales ocurren en las vías primarias, mientras que en las secundarias suceden la menor cantidad de fatalidades.

Un 66% de los accidentes fatales ocurrieron en vías pertenecientes a la red vial primaria. En el caso de los paraderos la mayoría de los fallecidos son de accidentes que ocurrieron en cercanías a paraderos de categoría formal. Al analizar los colegios y los establecimientos de educación superior, se observó una baja cantidad de fallecidos niños y jóvenes, respectivamente.

Se ha podido detectar los paraderos, colegios, establecimientos de educación superior y redes primarias y secundarias ubicados en las zonas más riesgosas del Gran Concepción. Considerando los cinco casos de estudio se observa una tendencia, los colegios, universidades y paraderos que más accidentes poseen en sus alrededores, están localizados generalmente en las cercanías de vías muy transitadas pertenecientes a la red primaria.

El análisis espacial realizado es exploratorio, permite visualizar donde se localizan los elementos estudiados con un mayor número de accidentes en sus cercanías. Sin embargo falta información más precisa de la ubicación del accidente, para establecer medidas que puedan mitigar o bajar el nivel del IEA.

## **Agradecimientos**

Se agradece el financiamiento otorgado por el Comité CORFO INNOVA BIO BIO, para ejecutar el proyecto INNOVA BIO BIO 11.PCS2-1116, “Plataforma Tecnológica para la Gestión Integral del Sistema de Transporte en la Región del BioBio”, dentro del cual se enmarca el presente trabajo.



## REFERENCIAS

- Albornoz, M. (2015). **Interacción espacial de accidentes de tránsito en el Gran Concepción**, Memoria de Título para Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
- Banos, A. y F. Huguenin-Richard (2000) Spatial distribution of road accidents in the vicinity of point sources application to child pedestrian accidents. **Geography and Medicine**. Editions Elsevier. Amsterdam.
- Chias, L. (1997) Los accidentes de tránsito como problema de salud. **Revista Ciudades. Ciudad y Salud**. **9(33)**. 42-48.
- Chias, L. (2004) **Atlas de la seguridad vial en México**. Instituto de Geografía, UNAM, Secretaría de Salud, Consejo Nacional para la Prevención de accidentes. Ciudad de México.
- Hernández, V. (2010) Evaluación y gestión estratégica para la seguridad vial: Ciudad de Juárez, México (2008-2010). Tesis Doctor en Ciencias Sociales con especialidad en estudios regionales. El Colegio de la Frontera Norte. México.
- CONASET (2013a) **Paraderos en Zonas de Puntos Críticos de Atropellos en el Gran Santiago**. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. Santiago.
- CONASET (2013b) **Colegios en Zonas de Puntos Críticos de Atropellos de Niños en Edad Escolar en el Gran Santiago**. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. Santiago.
- GESITRAN (2015) **Plataforma tecnológica para la gestión integral del sistema de transporte de la Región de Biobío**. <http://www.gesitranbiobio.cl/>. Visitado el 20 de agosto de 2015.
- Hernández, V. (2010) **Evaluación y gestión estratégica para la seguridad vial: Ciudad Juárez, México (2008-2010)**. Tesis Doctor en Ciencias Sociales con especialidad en estudios regionales. El Colegio de la Frontera Norte. México.
- MINEDUC (2012) **Georreferenciación de Escuelas y Liceos**. Ministerio de Educación. ([http://www.mineduc.cl/index2.php?id\\_portal=1&id\\_seccion=3260&id\\_contenido=13262](http://www.mineduc.cl/index2.php?id_portal=1&id_seccion=3260&id_contenido=13262)) Visitado el 23/04/2014.
- Somenahalli, S. V. y L.T. Troung (2011) Using GIS to Identify Pedestrian Vehicle Crash Hot Spot and Unsafe Bus Stop. **Journal of Public Transportation**. **14(1)**. 99-114.
- SUBDERE (1997) **Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias. Ley N° 19.418**. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Ministerio del Interior. Santiago.
- Vera, P. (2014) **Análisis y diagnóstico espacial de los accidentes de tránsito en el Gran Concepción**. Memoria de Título Geógrafo. Departamento de Geografía. Universidad de Concepción. Concepción.