

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA LUMINOSIDAD, EL ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO, LOS FACTORES ATMOSFÉRICOS EN LOS ACCIDENTES DE CIRCULACIÓN VIAL DE LA PROVINCIA DE A CORUÑA

Víctor Maceiras Ríos; [t\\_maceiras@iccp.udc.es](mailto:t_maceiras@iccp.udc.es) <sup>1</sup>  
 Ignacio Pérez Pérez; [perez@iccp.udc.es](mailto:perez@iccp.udc.es) <sup>1</sup>  
 Gonzalo O Campo Suarez - Valdés <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña  
 Campus de Elviña, s/n, 15071 A Coruña  
 Teléfono: 981/167000 Ext. 1451

<sup>2</sup> Jefe provincial de la Dirección General de Tráfico de A Coruña.

## 1. Introducción

La presente comunicación es el comienzo de un estudio más extenso que el presentado en estas Jornadas, financiado por la Dirección General de Tráfico (**DGT**), que pretende poner en evidencia la relación existente entre la *luminosidad*, el *estado de la superficie del pavimento* y la *climatología* como factores contribuyentes de los accidentes de circulación vial en la provincia de A Coruña.

Con el fin de comenzar a estudiar dicha relación, en esta comunicación se realizan diversas pruebas estadísticas. Particularmente, en primer lugar, se hacen comparaciones dos a dos de las tres variables involucradas basadas en las tablas de contingencia marginales. En segundo lugar, se llevan a cabo análisis de correspondencia simples dos a dos para evidenciar las relaciones tanto entre las tres variables, como entre las diferentes categorías dentro de cada una de dichas variables.

La información de partida es la base de datos de la Dirección General de Tráfico, que se obtiene tras cumplimentar el cuestionario estadístico de accidentes de circulación con víctimas. Este cuestionario consta de 67 variables siendo las anteriormente citadas las que en esta comunicación se estudian; es decir, la superficie del pavimento, la luminosidad y los factores atmosféricos. Cada una de éstas está clasificada mediante las categorías que se observan en la tabla siguiente:

Variable	CATEGORÍA								
<b>Superficie</b>	Seca y limpia	Umbría	Mojada	Helada	Nevada	Barrillo	Gravilla suelta	Aceite	Otra
<b>Luminosidad</b>	Pleno día	Crepúsculo	Iluminación suficiente (noche)	Iluminación insuficiente (noche)	Sin iluminación	-----	-----	-----	-----
<b>Factores atmosféricos</b>	Buen tiempo	Niebla intensa	Niebla ligera	Lloviznando	Lluvia fuerte	Granizo	Nevando	Viento fuerte	Otro

Tabla 1. Categorías de las variables de análisis

Como se puede observar en la tabla 1, el número de categorías de la variable *superficie* es de nueve (**a** = 9 categorías), el número de la variable *luminosidad* es de cinco: (**b** = 5

categorías) y, por último, él de la variable *factores atmosféricos* es igual a nueve ( $c = 9$  categorías). Por lo tanto, cada vez que sucede un accidente, éste se relaciona con una categoría por variable.

El período de estudio va desde 1991 hasta el año 2000. En dicho periodo de tiempo hubo en la provincia de A Coruña 21.848 accidentes con víctimas con un total de 34.733 víctimas (22.652 heridos leves, 10.308 heridos graves, 1.773 muertos). En el análisis que sigue a continuación se estudiaron todas las categorías de las tres variables para estos 21.848 accidentes.

## 2. Descripción de las pruebas estadísticas.

En esta investigación se tendrían que cruzar las tres variables categóricas: factores atmosféricos, luminosidad y superficie. Sin embargo, el análisis de tablas tridimensionales presenta problemas conceptuales totalmente nuevos respecto al análisis de las tablas bidimensionales marginales. Aunque, son precisamente las tablas bidimensionales marginales y las parciales las que con anterioridad se deben estudiar para obtener una primera visión del problema.

Por lo dicho anteriormente, se estudiarán las tablas de contingencia marginales que se deducen a partir de la tabla tridimensional:  $(a \times b \times c)$ ,  $(9 \times 5 \times 9)$ . Se denominan *tablas marginales* porque se obtienen como combinación de marginales de la tabla tridimensional inicial. La variable que se excluye en cada caso es una variable que se ignora, porque las frecuencias de sus categorías se suman. De una tabla tridimensional  $(a \times b \times c)$  se pueden obtener tres tablas marginales:  $(a \times b)$ ;  $(a \times c)$  y  $(b \times c)$ . a continuación se enumeran dichas pruebas:

- **Bondad de ajuste (independencia y homogeneidad)**

Se ha utilizado el estadístico *chi-cuadrado* y *G-cuadrado* (*Razón de verosimilitud*). Éstos permiten determinar si existe o no independencia entre las variables. No obstante, el grado de dependencia existente no se puede concluir por la magnitud de los mismos, por lo tanto, es necesario recurrir a otros estadísticos más apropiados, como son las medidas de asociación.

Un procedimiento alternativo es estudiar los residuos que puede dar una primera orientación sobre las relaciones entre estas categorías.

- **Medidas de asociación**

Las medidas de asociación permiten evaluar la magnitud de la asociación y de la dependencia. Con estos estadísticos se llega a poder distinguir entre una variable de clasificación (factor o variable independiente) y una variable de respuesta (variable dependiente). Se pueden diferenciar varias medidas de asociación:

- ♦ **Medidas de asociación basadas en el *chi-cuadrado***

El  $\phi^2$ . Su raíz cuadrada es el coeficiente  $\phi$ .

El *coeficiente de contingencia*.

El *coeficiente V de Cramér*.

- ♦ **Reducción proporcional del error (RPE)**

El estadístico *Lambda*. Un valor de *Lambda* igual a 1 significa que la variable independiente pronostica perfectamente la variable dependiente. Un valor igual a 0 significa que la variable independiente no ayuda en absoluto a pronosticar la variable dependiente.

El *estadístico tau de Goodman y Kruskal*. Este estadístico tiene la misma interpretación que el anterior.

◆ **Medidas de asociación basadas en la transmisión de información**

El *coeficiente de incertidumbre*, que toma valores entre 0 y 1. Cuando es próximo a cero se interpreta en términos de independencia de las dos variables de estudio. Cuando son próximos a uno, se interpreta en términos de covariación entre ambas. Por ejemplo, un valor de 0,83 indica que el conocimiento de una variable reduce en un 83% el error al pronosticar los valores de la otra variable.

◆ **Otras medidas de asociación**

De las tablas de contingencia también es posible calcular diversos tipos de coeficientes de correlación que también miden el grado de dependencia:

El *coeficiente de correlación de Pearson*.

El coeficiente de correlación de *Spearman*.

● **Análisis factorial de correspondencias simples**

El análisis de correspondencias simples describe las relaciones existentes entre dos variables nominales, recogidas en una tabla de correspondencias, sobre un espacio de dos dimensiones. También se pueden describir las relaciones entre las categorías de cada variable. Para cada variable, las distancias sobre un gráfico entre los puntos de categorías reflejan las relaciones entre las categorías, con las categorías similares representadas próximas unas a otras. Existen dos formas de normalización según lo que se quiera comparar. El método de normalización simétrico se empleará para examinar las diferencias o similitudes entre dos variables. El método de normalización principal se utilizará para detectar las diferencias entre las categorías dentro de una variable, en lugar de las diferencias entre dos variables.

**3. Análisis de las pruebas estadísticas realizadas**

**3.1. Relación *Luminosidad- Factores atmosféricos***

**3.1.1. Bondad de ajuste (independencia-homogeneidad)**

Tanto el *chi-cuadrado* como el *G-cuadrado* (Razón de verosimilitud) hace tomar la misma decisión estadística consistente en rechazar la hipótesis de independencia y homogeneidad, pues éstos toman valores muy altos y distintos de cero (ver tabla 2), es decir existe una cierta relación entre estas variables que, posteriormente, se analizará con más detalle con los estadísticos antes descritos ( $\phi$ , *V* de *Cramér*, Coeficiente de contingencia, *Lambda*, *Tau* de *Goodman* y *Kruskal*, *Coeficiente de incertidumbre*, *Coeficiente de correlación de Pearson* y de *Spearman*).

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	504.008 <sup>a</sup>	32	.000
Razón de verosimilitud	461.924	32	.000
Asociación lineal por lineal	75.436	1	.000
N de casos válidos	21848		

a. 7 casillas (15.6%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5.

La frecuencia mínima esperada es .45.

**Tabla 2. Pruebas de *chi-cuadrado* para *Luminosidad-Factores atmosféricos*.**

En el análisis de los residuos se destaca que, por un lado, tanto para toda la categoría de Pleno día (Luminosidad) en relación con toda la variable Factores aparecen valores de residuos atípicos. Por otro lado, en la categoría Buen tiempo en relación con toda la variable Luminosidad aparecen también valores de residuos atípicos. Lo cual evidencia la aparentemente lógica relación entre el Buen tiempo y Pleno día. Esto se puede observar en la figura 1 donde la categoría Buen tiempo tiene una clara relación con la categoría Pleno día.

### 3.1.2. Medidas de asociación basadas en el *chi-cuadrado*

Como se puede observar en la tabla 3, tanto el  $\phi$ , el V de *Cramér* como el coeficiente de contingencia no son iguales a cero por lo que no se puede confirmar la hipótesis de independencia. Sin embargo, al ser estos valores pequeños, distintos de cero, no se puede determinar con exactitud el grado de dependencia entre las variables.

Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Phi	.152			.000
	V de Cramer	.076			.000
	Coeficiente de contingencia	.150			.000
Intervalo por intervalo	R de Pearson	.059	.007	8.700	.000 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	.085	.007	12.535	.000 <sup>c</sup>
N de casos válidos		21848			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c. Basada en la aproximación normal.

Tabla 3. Medidas de asociación para la relación Luminosidad-Factores atmosféricos.

### 3.1.3. Medidas de asociación basadas en la reducción proporcional del error (RPE)

Un resultado importante se encuentra en el valor de Lambda (tabla 4), ya que tanto para su versión simétrica como para sus versiones asimétricas se obtiene un valor nulo. Esto determina que no se puede pronosticar una de las dos variables a partir de la otra. Por consiguiente, el conocimiento de los Factores atmosféricos en un accidente no sirve para pronosticar el grado de luminosidad existente en dicho accidente. El mismo resultado se observa en el estadístico tau de *Goodman y Kruskal*.

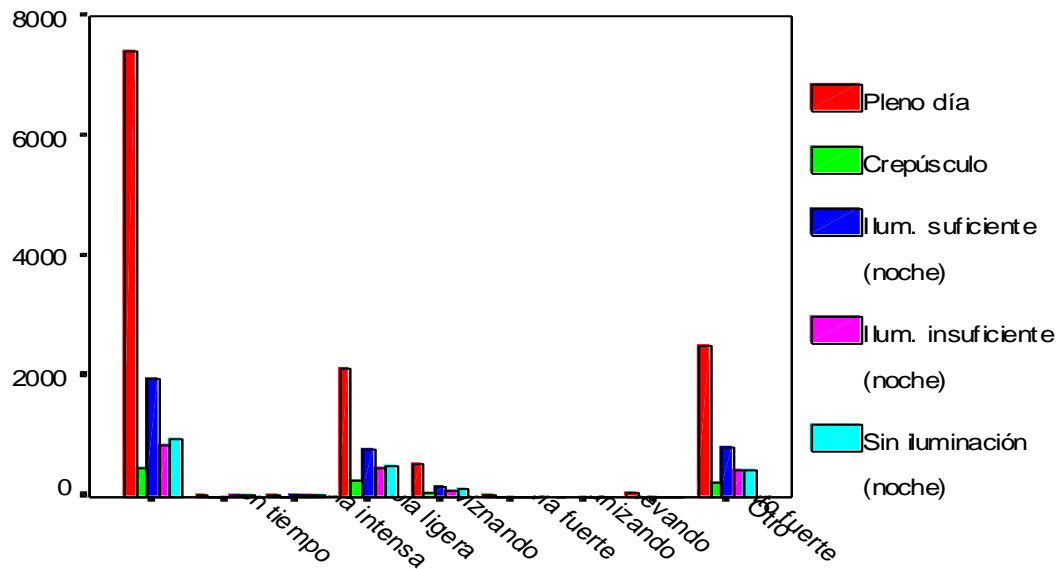
### 3.1.4. Medidas de asociación basadas en la transmisión de información

Una confirmación de lo antes dicho se encuentra en el valor del coeficiente de incertidumbre que es muy bajo (ver la tabla 4). Es decir, en término medio el conocimiento de una variable reduce en un 0,9% el error cometido al pronosticar la otra variable, esta disminución del error no es suficiente para pronosticar con seguridad teniendo como dato la otra variable. En conclusión los factores atmosféricos y la luminosidad son datos necesarios pues no se puede determinar uno a partir del otro.

### 3.1.5. Otras medidas de asociación

Una verificación de lo dicho anteriormente se encuentra en que los coeficientes de correlación (ver tabla 3) son muy bajos y no aseguran una relación clara entre las dos variables.

## Luminosidad



### Factores atmosféricos

**Figura 1 Relación Luminosidad-Factores atmosféricos.**

#### Medidas direccionales

			Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Lambda	Simétrica	.000	.000	.611	.541
		Factores atmosféricos dependiente	.000	.000	.	.
		Luminosidad dependiente	.001	.001	.611	.541
	Tau de Goodman y Kruskal	Factores atmosféricos dependiente	.007	.001		.000 <sup>d</sup>
		Luminosidad dependiente	.009	.001		.000 <sup>d</sup>
	Coeficiente de incertidumbre	Simétrica	.009	.001	10.498	.000 <sup>e</sup>
		Factores atmosféricos dependiente	.009	.001	10.498	.000 <sup>e</sup>
		Luminosidad dependiente	.009	.001	10.498	.000 <sup>e</sup>

- a. Asumiendo la hipótesis alternativa.
- b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.
- c. No se puede efectuar el cálculo porque el error típico asintótico es igual a cero.
- d. Basado en la aproximación chi-cuadrado.
- e. Probabilidad del chi-cuadrado de la razón de verosimilitud.

**Tabla 4. Medidas de asociación para la relación Luminosidad-Factores atmosféricos.**

### 3.1.6. Análisis factorial de correspondencias simples

Como resultado del análisis factorial de correspondencias simples se obtienen unos gráficos en los cuales se muestran las relaciones entre las distintas categorías. Como se ha dicho con anterioridad, esta relación es más fuerte cuanto más cercanas se encuentren unas categorías de otras. Estos gráficos están condicionados a la variable ausente (en este caso Superficie) pero indican una clara idea de las relaciones entre variables y categorías.

Dentro de los factores atmosféricos (Figura 2) se puede observar que existen dos categorías bien diferenciadas de las restantes que son Niebla ligera y Viento fuerte. Existe también una cercanía entre las categorías Lluvia fuerte, Lloviznando y Granizando que se puede interpretar como que explican lo mismo pues son variables que en realidad tienen parecido significado (precipitaciones). En un parte de accidentes en un principio podrían agruparse estas tres categorías en una sola categoría. Las demás categorías: Buen tiempo, Otro y Nevando también se encuentran distanciadas entre si y entre las demás.

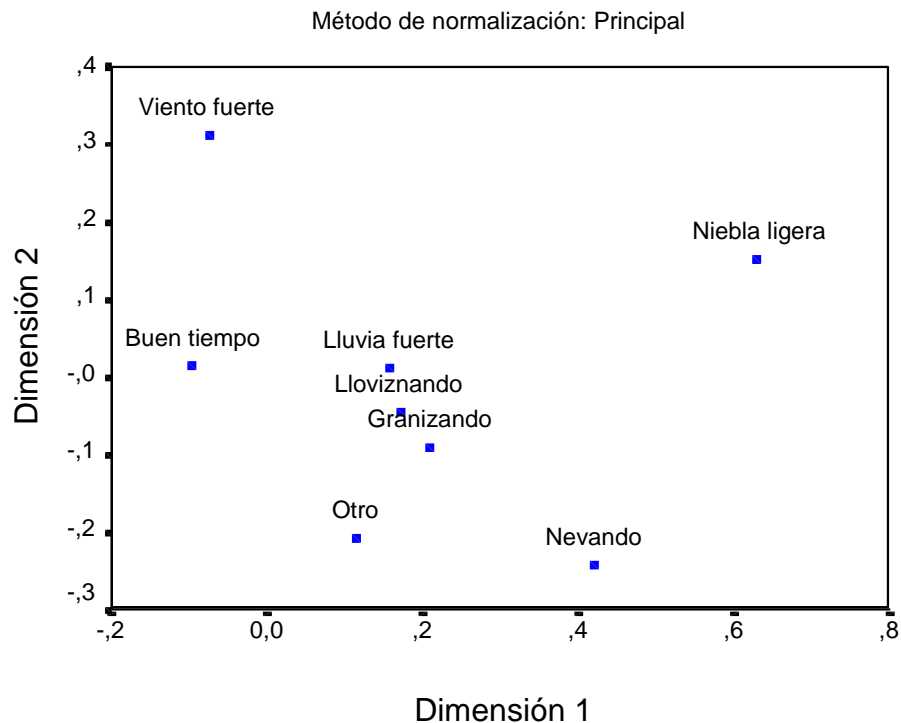


Figura 2. Análisis factorial de correspondencias simple (factores atmosféricos).

Respecto a la variable Luminosidad (ver figura 3) se observa una clara relación entre Iluminación insuficiente (noche) y Sin iluminación (noche) sin apreciarse otra relación significativa. Por lo tanto, en un principio, se podría concluir también que estas dos últimas categorías deberían agruparse en una sola categoría del parte de accidentes.

Al comparar las variables Luminosidad y Factores atmosféricos mediante el método de normalización simétrico (ver figura 4), se observa una fuerte relación entre Buen tiempo (Factores atmosféricos) y Pleno día (Luminosidad) que se confirmó antes al observar los mayores residuos de estas dos categorías. Esta lógica correlación se puede observar claramente en la figura 1.

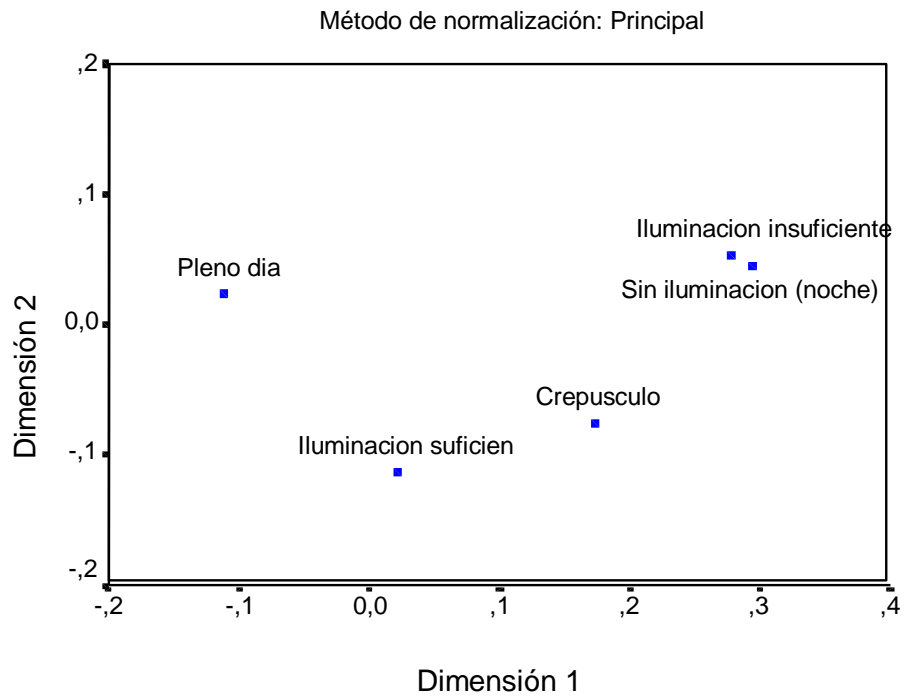


Figura 3. Análisis factorial de correspondencias simple (Luminosidad).

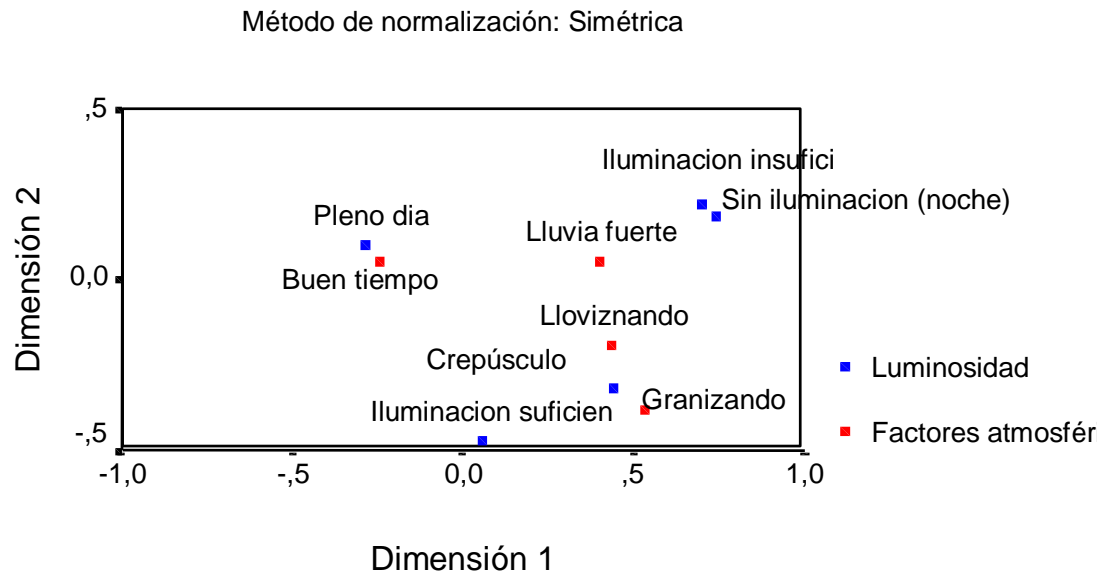


Figura 4. Análisis factorial de correspondencias simple (factores atmosféricos-luminosidad).

### 3.2. Relación *Superficie- Factores atmosféricos*

#### 3.2.1 Bondad de ajuste (independencia-homogeneidad)

Los altos valores de los estadísticos utilizados para probar la bondad de ajuste hacen tomar la decisión estadística de rechazar la hipótesis de independencia y homogeneidad (ver tabla 5).

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	15582.585 <sup>a</sup>	64	.000
Razón de verosimilitud	16923.453	64	.000
Asociación lineal por lineal	1470.183	1	.000
N de casos válidos	21848		

a. 43 casillas (53.1%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .01.

Tabla 5 Pruebas de *chi-cuadrado* para *Superficie-Factores atmosféricos*.

Por otra parte, se observaron unos valores altísimos de los residuos correspondientes a los cruces de las categorías: Seca y limpia; y, Mojada de la variable *Superficie* con los de las categorías: Buen tiempo; Lluvia fuerte; Granizando; Lloviznando de la variable *Factores atmosféricos*. Evidentemente, esto puede hacer pensar en una posible relación entre dichas categorías o entre algunas de ellas. No obstante, las posibles lazos se deben de confirmar con los estimadores posteriores (ver figura 5).

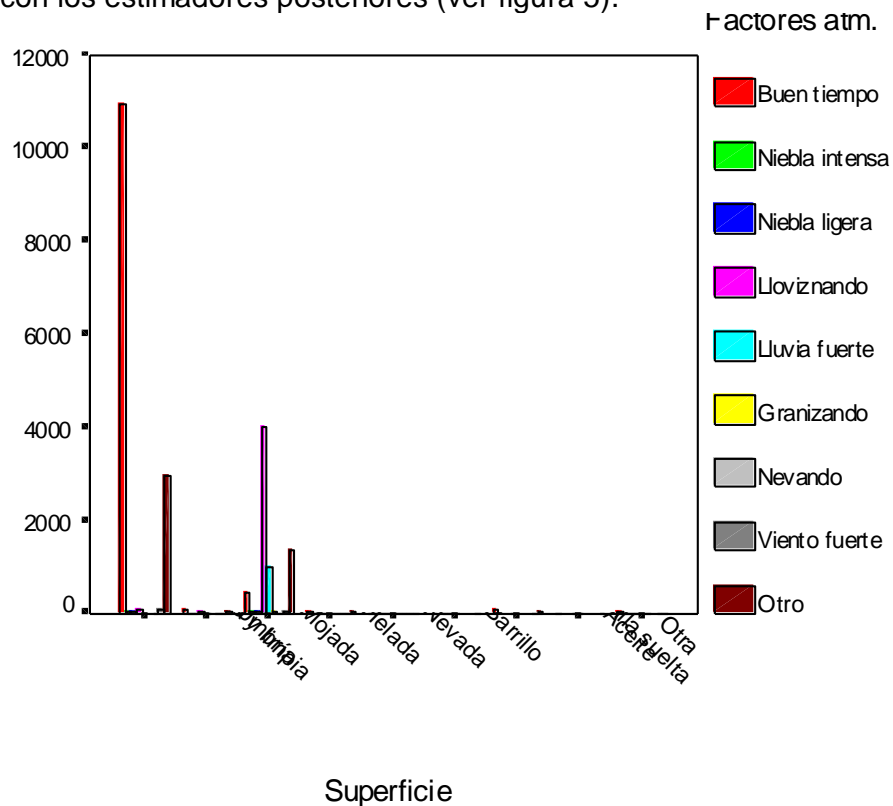


Figura 5 Relación *Superficie-Factores atmosféricos*



### 3.2.2. Medidas de asociación basadas en el *chi-cuadrado*

Lo que se observó en el apartado anterior es que existe una relación entre las variables factores atmosféricos y superficie. Pero ahora se van a utilizar los estadísticos de medida de asociación para confirmar que efectivamente existe esta dependencia entre ambas variables (ver tabla 6).

Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Phi	.845			.000
	V de Cramer	.299			.000
	Coefficiente de contingencia	.645			.000
Intervalo por intervalo	R de Pearson	.259	.007	39.701	.000 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	.475	.006	79.871	.000 <sup>c</sup>
N de casos válidos		21848			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c. Basada en la aproximación normal.

Tabla 6. Medidas de asociación para la relación Superficie-Factores atmosféricos.

El valor de  $\phi$  es muy alto 0,845 lo que confirma que no existe independencia, pero como al no tener una cota superior del valor  $\phi$  no se puede comparar. El valor del Coeficiente de contingencia reafirma aún más la relación entre las dos variables, ya que está muy cercano a su valor máximo que es menor que uno. El valor del V de *Cramér* es de 0,299 siendo este valor significativo porque este estimador da valores inferiores a los de los otros dos ya que es muy conservador.

Por consiguiente, se ve que existe relación fuerte pero no se puede todavía evaluar su cuantía, para ello se tienen que observar los demás estadísticos de medida de asociación.

### 3.2.3. Medidas de asociación basadas en la reducción proporcional del error (RPE)

Los valores de *Lambda* son muy altos pero se observa una clara diferencia entre los valores considerando la superficie como variable dependiente que como independiente. Como es lógico, la prueba establece que es preferible determinar la variable Superficie a partir de los datos de la variable Factores atmosféricos que a la viceversa (ver tabla 7). Los valores de la Tau de *Goodman* y *Kruskal* confirma lo anteriormente dicho.

Por lo tanto, se confirma estadísticamente que el hecho de que la superficie esté mojada o seca depende de los factores atmosféricos y no se puede afirmar cuales son los factores atmosférico partiendo del estado de la superficie.

### 3.2.4 Medidas de asociación basadas en la transmisión de información

Como se ha dicho, con el coeficiente de incertidumbre (ver tabla 6) se determina hasta que grado una variable ayuda a pronosticar la otra. En esta ocasión, se observa que es mejor determinar la variable Superficie que la variable Factores atmosféricos. Concretamente, se reduce en término medio un 48.3% el error al conocer los datos de los Factores atmosféricos al predecir la superficie. Esta medida de la reducción del error debe entenderse desde el punto de vista de incertidumbre; es decir, el cambio de no tener datos al de tener como datos los factores atmosféricos. En la tabla 6 se contempla que la

reducción del error es en término medio de un 38.2% si se quiere pronosticar la variable Factores atmosféricos a partir de la variable Superficie. Todo esto reafirma la fuerte relación entre los factores atmosféricos y la superficie del pavimento.

**Medidas direccionales**

			Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Lambda	Simétrica	.484	.005	71.588	.000
		Superficie dependiente	.654	.006	77.952	.000
		Factores atmosfericos dependiente	.356	.005	57.392	.000
	Tau de Goodman y Kruskal	Superficie dependiente	.597	.005		.000 <sup>c</sup>
		Factores atmosfericos dependiente	.291	.004		.000 <sup>c</sup>
	Coeficiente de incertidumbre	Simétrica	.382	.004	94.642	.000 <sup>d</sup>
		Superficie dependiente	.483	.006	94.642	.000 <sup>d</sup>
		Factores atmosfericos dependiente	.317	.003	94.642	.000 <sup>d</sup>

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c. Basado en la aproximación chi-cuadrado.

d. Probabilidad del chi-cuadrado de la razón de verosimilitud.

**Tabla 7. Medidas de asociación para la relación Superficie-Factores atmosféricos.**

### 3.2.5. Otras medidas de asociación

Los estimadores de *correlación de Pearson* y de *Spearman* (ver tabla 6) muestran una aparente relación entre las variables.

### 3.2.6. Análisis factorial de correspondencias simples

Hasta ahora se ha visto la relación entre las variables, en este apartado se intentará buscar las relaciones entre las categorías.

En la variable superficie (figura 6), se observa una clara relación entre las categorías Gravilla suelta y Seca y limpia. Esta relación no tiene aparentemente sentido, puede ser causada al no analizar conjuntamente las tres variables pues en la figura 11 no se nota esa correspondencia. En la figura 6, las demás categorías se encuentran distanciadas unas de las otras sin observar otra relación significativa.

Observando la figura 7 de los Factores atmosféricos, se observa que existe una fuerte relación entre las categorías Lloviznando y Lluvia fuerte. Nótese que esta relación ya se había destacado en el punto 3.1.6 figura 2, pero en esta ocasión la categoría Granizando no se encuentra vinculada. Con lo cual nuevamente se reafirma que se deberían unificar estas dos categorías en el parte de accidentes; es decir, no vale la pena distinguir entre llovizna y lluvia fuerte.

Al hacer el entre las dos variables (ver figura 8) se destaca la diferencia entre el grupo del mal tiempo, formado por las categorías: Lloviznando, Lluvia fuerte y Mojada; de las del grupo buen tiempo formado por: Seca y limpia, Gravilla suelta y Buen tiempo. Dentro de este último grupo la relación más fuerte es la existente entre las categorías Seca-limpia y Buen tiempo.

Por otra parte, se han diferenciado dos grupos, teniendo mayor importancia el de Buen tiempo al presentarse más accidentes con esas características. No obstante, dentro del grupo de Mal tiempo cabe destacar la relación entre Superficie mojada y Lluvia que es estadísticamente muy significativa. En este sentido, cabe decir que la frecuencia de accidentes del grupo de Buen tiempo (10.941) duplica la del grupo de Mal tiempo (5.056).

Por último, se debe aclarar que la categoría **Otro** de la variable Factores atmosféricos tiene 4.466 accidentes que no se pueden atribuir a ninguno de los dos grupos anteriormente mencionados.

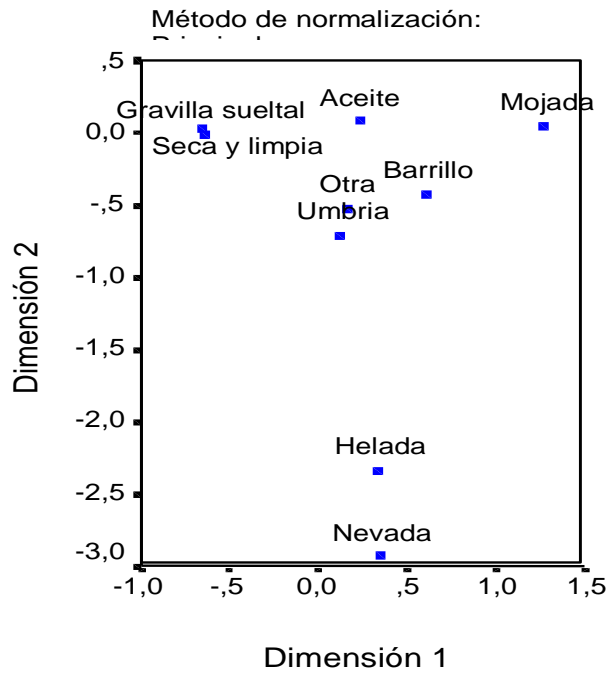


Figura 6. Análisis factorial de correspondencias simple (Superficie).

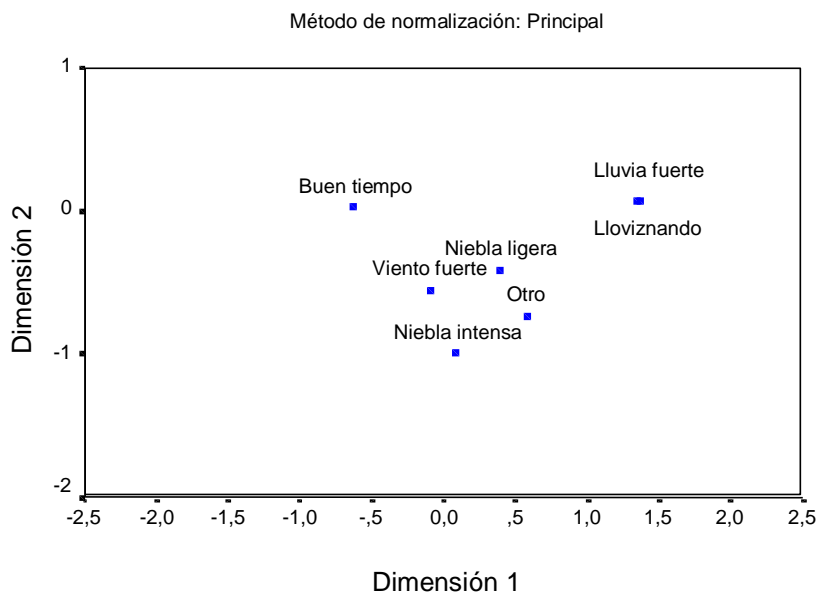


Figura 7. Análisis factorial de correspondencias simple (Factores atmosféricos).

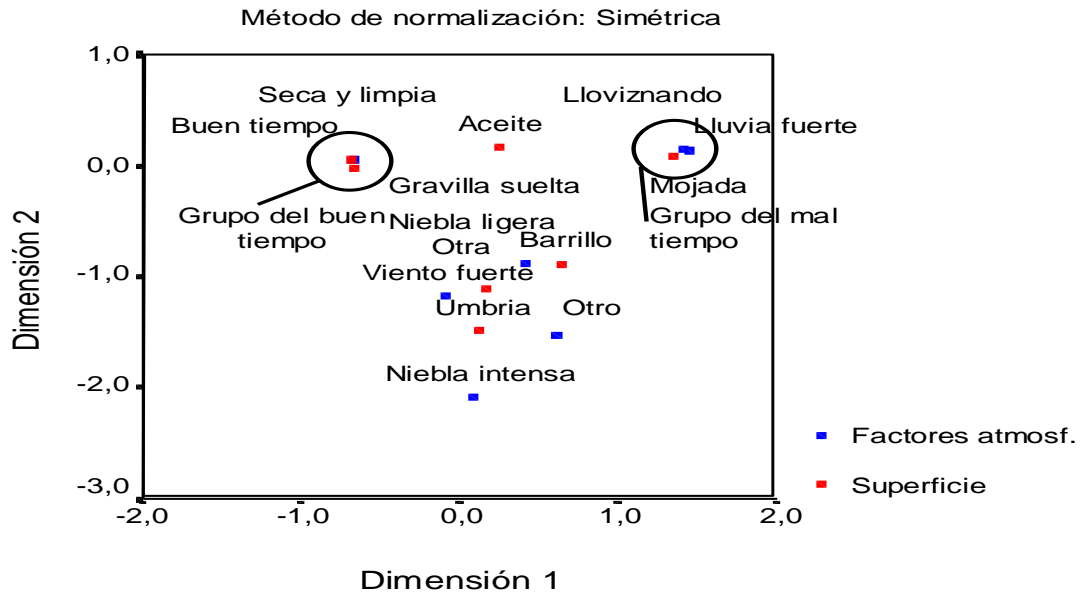


Figura 8. Análisis factorial de correspondencias simple (Factores atmosféricos-Superficie).

### 3.3. Relación Superficie- Luminosidad

#### 3.3.1. Bondad de ajuste (independencia-homogeneidad)

Los estimadores para comprobar la bondad de ajuste (ver tabla 8) indican que se deben rechazar la hipótesis de independencia y homogeneidad.

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	469.333 <sup>a</sup>	32	.000
Razón de verosimilitud	432.931	32	.000
Asociación lineal por lineal	194.010	1	.000
N de casos válidos	21848		

a. 10 casillas (22.2%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 1.09.

Tabla 8. Pruebas de *chi-cuadrado* para Superficie-Luminosidad

La observación de la tabla de contingencia marginal revela que las categorías Seca y limpia (superficie) y Pleno día (Luminosidad) tienen unos residuos altos pudiendo prever la existencia de cierta relación entre estas categorías. Esto último se observa también en la figura 9.

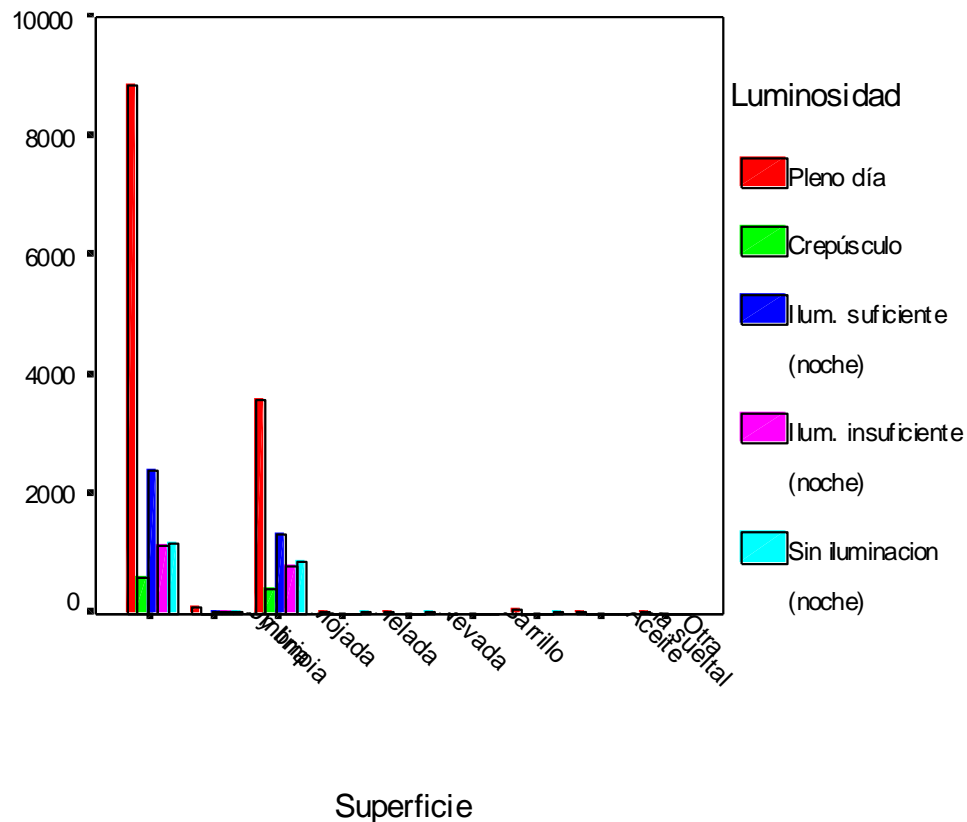


Figura 9. Relación Superficie-Luminosidad-

### 3.3.2. Medidas de asociación basadas en el chi-cuadrado

Los estadísticos  $\phi$ ,  $V$  de *Cramér* y el coeficiente de contingencia, que figuran en la tabla siguiente, muestran que existe dependencia, pero ésta no es muy alta.

#### Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Phi	.147			.000
	V de Cramer	.073			.000
	Coeficiente de contingencia	.145			.000
Intervalo por intervalo	R de Pearson	.094	.007	13.991	.000 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	.114	.007	16.971	.000 <sup>c</sup>
N de casos válidos		21848			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c. Basada en la aproximación normal.

Tabla 9. Medidas de asociación para la relación Superficie-Luminosidad

### 3.3.3. Medidas de asociación basadas en la reducción proporcional del error (RPE)

En la tabla 10, se observa claramente como todos los valores de *Lambda* son cero y, por lo tanto, ninguna de las variables sirven para pronosticar la otra variable.

Valores muy cercanos a cero también se pueden observar en el estimador Tau de Goodman y Kruskal, confirmando lo aseverado por el estadístico *Lambda*.

**Medidas direccionales**

			Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Lambda	Simétrica	.000	.000	.745	.456
		Superficie dependiente	.000	.000	. <sup>c</sup>	. <sup>c</sup>
		Luminosidad dependiente	.001	.001	.745	.456
	Tau de Goodman y Kruskal	Superficie dependiente	.012	.001		.000 <sup>d</sup>
		Luminosidad dependiente	.008	.001		.000 <sup>d</sup>
	Coeficiente de incertidumbre	Simétrica	.010	.001	10.245	.000 <sup>e</sup>
		Superficie dependiente	.012	.001	10.245	.000 <sup>e</sup>
		Luminosidad dependiente	.008	.001	10.245	.000 <sup>e</sup>

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c. No se puede efectuar el cálculo porque el error típico asintótico es igual a cero.

d. Basado en la aproximación chi-cuadrado.

e. Probabilidad del chi-cuadrado de la razón de verosimilitud.

**Tabla 10. Medidas de asociación para la relación Superficie-Luminosidad.**

### 3.3.4. Medidas de asociación basadas en la transmisión de información

El porcentaje de reducción del error es de aproximadamente 1% como se puede observar en el coeficiente de incertidumbre en la tabla 10, lo que confirma que no se debe utilizar ni la variable Superficie para pronosticar la Luminosidad ni la Luminosidad para pronosticar la Superficie pues la reducción del error es muy pequeña.

### 3.3.5. Otras medidas de asociación

Los coeficientes de correlación son muy bajos despreciando por lo tanto la relación entre las variables, ver tabla 9.

### 3.3.6. Análisis factorial de correspondencias simples

En la figura 10, correspondiente al gráfico de luminosidad no se destacan ninguna relación entre las categorías de esta variable.

Del estudio de las relaciones entre las categorías de la variable Superficie no se puede concluir ninguna relación significativa, ver figura 11.

En la figura 12, al hacer la comparación con las dos variables se observa una clara relación entre las categorías Pleno día (luminosidad) y Seca y limpia (Superficie). También se puede observar la relación entre la categoría Mojada (Superficie) y la categoría Iluminación insuficiente (Luminosidad).

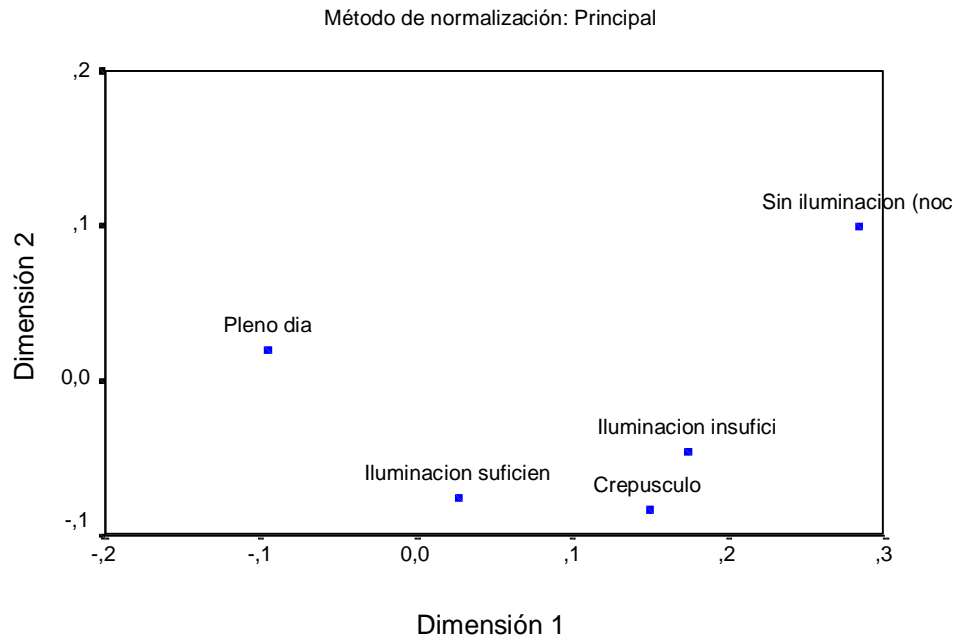


Figura 10. Análisis factorial de correspondencias simple (luminosidad).

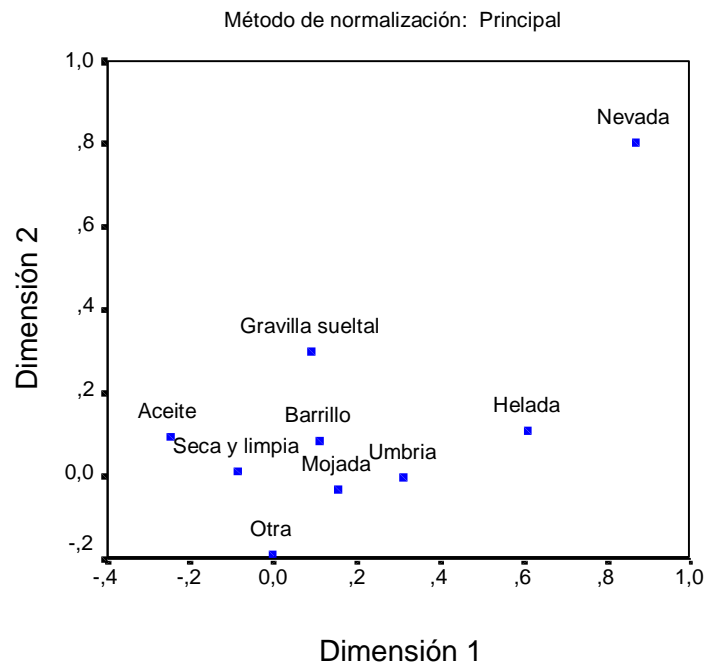


Figura 11. Análisis factorial de correspondencias simple (superficie).

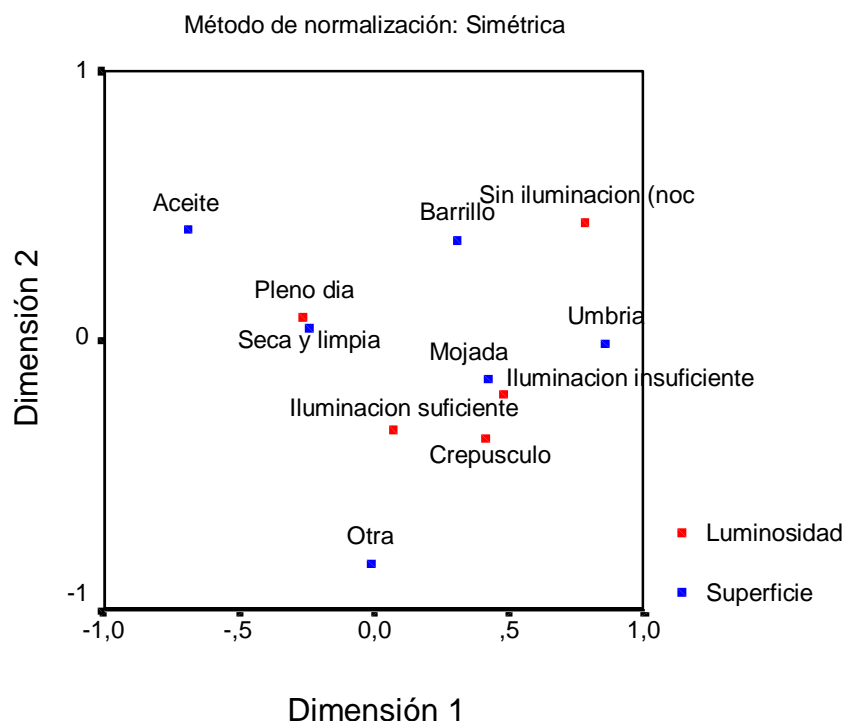


Figura 12. Análisis factorial de correspondencias simple (Luminosidad-Superficie).

#### 4. Conclusiones

Es muy interesante la posibilidad de poder reducir el cuestionario de accidentes. En este sentido, se ha manifestado que las categorías *Lloviznado* y *Lluvia fuerte* de la variable *Factores atmosféricos* son equivalentes.

Tal y como se observa en todo los análisis estadísticos, se destaca una fuerte relación entre los *Factores atmosféricos* y el estado de la *Superficie*, siendo las relaciones de las demás combinaciones *Factores atmosféricos - Luminosidad* y *Superficie - Luminosidad* poco importantes.

Por otra parte, se pudo determinar una gran diferencia entre dos grupos prioritarios que permiten clasificar los accidentes según éstos. Dichos grupos pueden ser denominados con la característica que les define: **Buen tiempo** y **Mal tiempo**. El grupo **Buen tiempo** se compone de las categorías *Pleno día* de la variable *Luminosidad*; de la categoría *Seca y limpia* de la variable *Superficie* y; también, de la categoría *Buen tiempo* de la variable *Factores atmosféricos*. El grupo **Mal tiempo** lo forman: la categoría *Lluvia fuerte* de la variable *Factores atmosféricos*; la categoría *Lloviznando* de la variable *Factores atmosféricos*; la categoría *Mojada* de la variable *Superficie* y; por último, la categoría *Iluminación insuficiente* de la variable *Luminosidad*.

Cabe destacar que los accidentes que se engloban dentro del grupo de **Mal tiempo** son 5.056; aproximadamente el 50% de los 10.941 accidentes acaecidos en el grupo de **Buen tiempo**. Intuitivamente se pondría pensar que este porcentaje fuese mucho mayor, sobre todo en la Provincia de A Coruña que tiene una climatología adversa. No obstante, hay que tener en cuenta que un hecho que dificulta enormemente la correcta diferenciación de todos los accidentes entre estos dos grupos es la existencia de 4.466 accidentes que se engloban en la categoría *Otro* de la variable *Factores atmosféricos*.



Por último, entre categorías de diferentes variables destacan las relaciones entre la categoría *Pleno día* y la categoría *Seca y limpia* (8.852 accidentes), entre *Buen tiempo* y *Seca y limpia* (10.914), *Lluvia fuerte* y *Mojada* (1.020), *Lloviznando* y *Mojada* (4.036), *Pleno día* y *Buen tiempo* (7.401).

## **5. Bibliografía**

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, DGT. “*Cuestionario Estadístico de Accidentes de Circulación con Víctimas*”. Provincia de A Coruña, años 1991-2000.

ATO GARCÍA, M., y LÓPEZ GARCIA, J. J. (1996). “*Metodología de las ciencias del comportamiento*”. Editorial Síntesis Psicología. Serie Metodología de las ciencias del comportamiento.