



Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones
ISSN: 1409-2433
mta.cimpa@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Conte Solano, Juan Carlos; Cano Sevilla, Francisco; García Felipe, Ana Isabel; Molina Membreño, Adalila; Rubio Calvo, Emilio

Interpretación de las relaciones intragrupales de riesgos y de lesiones mediante análisis cluster jerárquico

Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones, vol. 15, núm. 2, julio-diciembre, 2008, pp. 175-186
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45326936004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

INTERPRETACIÓN DE LAS RELACIONES INTRAGRUPALES DE RIESGOS Y DE LESIONES MEDIANTE ANÁLISIS CLUSTER JERÁRQUICO

JUAN CARLOS CONTE SOLANO* FRANCISCO CANO SEVILLA†
ANA ISABEL GARCÍA FELIPE‡ ADALILA MOLINA MEMBREÑO§
EMILIO RUBIO CALVO¶

Recibido/Received: 16 Nov 2007 — Aceptado/Accepted: 11 Jul 2008

Resumen

A partir de los análisis cluster jerárquico de riesgos y de lesiones, se obtiene la secuencia del proceso de conglomeración, basado en este caso en el método de Ward. El interés de dicho proceso de conglomeración, para el caso de las variables riesgo y lesión, componentes del accidente laboral, se centra en que permite interpretar las relaciones entre dichas variables paso a paso, es decir, permite interpretar las afinidades existentes entre dichas variables a escala intragrupal. De esta manera se pueden explicar las relaciones que los diversos clusters van describiendo. Para el caso de los accidentes laborales, esta información interpretativa es de vital importancia al posibilitar asociar un significado a las relaciones entre variables obtenidas matemáticamente, base conceptual de cualquier sistema inteligente.

Palabras clave: Análisis Cluster Jerárquico, Riesgos, Lesiones, Accidentalidad Laboral.

*Cátedra de Bioestadística. Departamento de Microbiología, Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza. C/ Domingo Miral, s/n. 50009-Zaragoza. E-Mail: jcconte@unizar.es.

†. Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense de Madrid. Plza. de las Ciencias, 3. 28040-Madrid. E-Mail: cano@mat.ucm.es

‡Misma dirección de J.C. Conte. E-Mail: angarcia@unizar.es

§Departamento de Matemática Estadística. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León. E-Mail: lila@unaleon.edu.ni .

¶Misma dirección de J.C. Conte. E-Mail: emirubio@unizar.es

Abstract

From the analyses cluster of risks and of injuries, there is obtained the sequence of the process of conglomeration, based on this case in Ward's method. The interest of the above mentioned process of conglomeration, for the case of the variables risk and injury, components of the accident at work, centres that allows interpreting the relations between the above mentioned variables stepwise, that is to say, it allows interpreting the existing affinities between the above mentioned variables to scale intra-group. Hereby can be explained the relations that the diverse clusters are describing. For the case of the accidents at work this interpretive information performs vital importance on having made possible to associate a meaning with the relations between variables obtained mathematically, conceptual base of any intelligent system.

Keywords: Hierarchical Clustering, Risks, Injuries, Labour Accidents.

Mathematics Subject Classification: 91C20, 62-07, 62P25.

1 Introducción

Una de las necesidades prioritarias en el estudio del accidente y que se plantea como una fase previa a su prevención es su interpretación [3, 4]. Las aportaciones de los diversos modelos matemáticos aplicados al análisis de este fenómeno natural [2], no serían válidas si no se extrajera de sus resultados las oportunas interpretaciones, que nos ayuden a prever y controlar el fenómeno.

Este artículo es un complemento necesario a otros estudios anteriores relativos a relaciones intergrupales entre las variables componentes del accidente laboral y establece las diversas relaciones intragrupales entre las agrupaciones de las variables riesgo y lesión con el fin de localizar donde reside la afinidad entre las mismas. Se trata de obtener la información que permita diseñar diversas estrategias preventivas para su minimización [10].

Las relaciones intergrupales se han obtenido a partir del análisis asimétrico de la tabla de contingencia inicial, mediante análisis factorial de componentes principales [5] para riesgos (filas) o para lesiones (columnas), que los analiza por separado [8], y otro simétrico de correspondencias para riesgos y lesiones [2], que los analiza conjuntamente [13]. De esta manera los resultados obtenidos de forma independiente por cada uno de los dos métodos factoriales, los utilizamos como confirmación de los resultados del otro.

Se considera relevante la aplicación a los datos de este estudio en un futuro próximo, de nuevos análisis basados en la clasificación bimodal jerárquica [1, 16, 11] con la finalidad de confirmar los resultados alcanzados por los métodos factoriales y establecer una línea analítica paralela a la factorial. El objetivo de este planteamiento es establecer comparaciones entre la accidentalidad de las empresas respecto a un modelo general, permitiendo estimar la significación de las diferencias entre las frecuencias de materialización que caracterizan sus tipologías [10].

El método Omega [6, 7] basado en la minería de datos [14], creado para analizar los datos registrados de los accidentes laborales a través de la asociación riesgo-lesión, utiliza diversas técnicas estadísticas con el fin de extraer toda la información posible de

la base de datos [15]. Una de ellas es el análisis cluster jerárquico [9], entendido como un sistema de clasificación unimodal [1], método multivariante que permite justificar las diversas relaciones entre las variables de partida, de vital importancia en la comprensión del fenómeno.

De esta manera se analizan las asociaciones entre las variables “paso a paso”. El conjunto de interpretaciones desarrolla un cuerpo de información, mediante estudios de perfil matemático, que presenta la doble vertiente analítica e interpretativa, base de cualquier sistema de gestión automática [15].

2 Material y métodos

Los datos provienen de una serie temporal de 11 años, a escala nacional española (7.519.732 partes de accidentes), y cada parte de accidente laboral viene caracterizado por un riesgo y una lesión. A partir de la clasificación de la Organización Internacional del Trabajo (modificada), hemos considerado 19 riesgos y 19 lesiones tipo (ver tabla 1).

Los accidentes de cada año se han resumido en tablas $R \times L$ (19×19), y para realizar el análisis cluster hemos considerado el año medio. A esta tabla media, le aplicamos un análisis factorial [5], utilizando para obtener dichos factores el método de componentes principales y el método de rotación varimax de los ejes para optimizar las puntuaciones factoriales en el modelo resumido. En este modelo, los resultados de los datos analizados están estandarizados y normalmente distribuidos [12], evitando los problemas de interpretación (para el caso unimodal), de las asociaciones de modalidades obtenidas directamente a partir de las distancias 2 calculadas a partir de sus frecuencias absolutas (datos no estandarizados), mediante la aplicación de un método de conglomeración específico. Así, pueden presentar y de hecho se presenta, alguna asociación atípica de interpretación compleja.

El modelo factorial reducido obtuvo cuatro ejes para los riesgos y seis ejes para las lesiones [5]. Las puntuaciones factoriales de las categorías de las variables riesgo y lesión en cada uno de los ejes, son la base de partida del análisis cluster jerárquico que presentamos.

Como las puntuaciones factoriales que obtiene el análisis indicado para cada modalidad de las variables riesgo y lesión tienen la característica de ser altas en un eje y bajas en el resto de ejes, la distancia seleccionada fue la de Chevichev. Ésta calcula la distancia máxima para cada categoría representada en cada uno de los ejes, ajustándose así a las características de los valores del modelo factorial. Por otro lado, el modelo de conglomeración que se utilizó fue el de Ward.

Los modelos factoriales anteriormente indicados, distinguen tres grupos de riesgos y tres de lesiones. A estas agrupaciones las denominamos con tres colores: rojo, amarillo y verde. Los grupos rojo y amarillo están perfectamente definidos por los dos métodos factoriales indicados. El grupo verde es en el que el análisis factorial de componentes principales distingue más ejes, debido a las bajas frecuencias de las modalidades que representa y en consecuencia a su baja varianza compartida.

Su significado es, para el grupo rojo, riesgos de origen mixto en el que interviene en su materialización tanto el individuo como el entorno, generando lesiones de tipo traumático;

Códigos de Riesgos	Códigos de Lesiones
R_1 . Caídas a distinto nivel	L_1 . Fracturas
R_2 . Caídas al mismo nivel	L_2 . Luxaciones
R_3 . Caídas de objetos por desplome	L_3 . Torceduras, esguinces y distensiones
R_4 . Caídas de objetos por manipulación	L_4 . Lumbalgias
R_5 . Caídas de objetos desprendidos	L_5 . Hernias discales
R_6 . Pisar sobre objetos	L_6 . Commociones y traumatismos internos
R_7 . Choques contra objetos inmóviles	L_7 . Amputaciones y pérdida del globo ocular
R_8 . Choques contra objetos móviles	L_8 . Heridas abiertas. Otras heridas.
R_9 . Golpes, cortes por objetos o herramientas	L_9 . Traumatismos superficiales
R_{10} . Proyección de fragmentos o partículas	L_{10} . Contusiones o aplastamientos
R_{11} . Atrapamiento por o entre objetos	L_{11} . Cuerpos extraños en los ojos
R_{12} . Accidentes con maquinaria móvil	L_{12} . Conjuntivitis
R_{13} . Sobreesfuerzos	L_{13} . Quemaduras
R_{14} . Exposición y/o contactos térmicos	L_{14} . Envenenamientos e intoxicaciones
R_{15} . Contactos eléctricos	L_{15} . Efectos ambientales
R_{16} . Interacción con substancias agresivas	L_{16} . Asfixias
R_{17} . Exposición a radiaciones	L_{17} . Efectos eléctricos
R_{18} . Explosiones e incendios	L_{18} . Efectos por radiaciones
R_{19} . Accidentes causados por seres vivos	L_{19} . Lesiones múltiples

Tabla 1: Modalidades tipo de riesgos y de lesiones.

para el color amarillo, interviene en el riesgo básicamente el individuo, generando lesiones de tipo músculo-esquelético; finalmente para el grupo verde interviene principalmente el entorno, generando lesiones de tipo ambiental.

La idoneidad de estos tres grupos viene confirmada y justificada por el análisis cluster jerárquico (ver columna de distancias, coefficient). Son las distancias relativas (reescaladas) entre las variables, para representarlas conjuntamente mediante un dendrograma (figuras 1 y 2).

Además, para poder abordar e interpretar esta fenomenología desde otros ámbitos, como el físico o el biológico, es necesario definir inicialmente las relaciones entre riesgos y lesiones desde el punto de vista matemático.

3 Resultados y discusión

3.1 Interpretación de las relaciones intragrupales de riesgos (tabla2, figura1)

Los primeros riesgos que asocia son R_4 y R_3 (cluster rojo). Estos riesgos se refieren a caídas de objetos por manipulación R_4 y a caída de objetos por desplome R_3 . Presentan la mínima distancia de todas las agrupaciones, justificativa de su gran afinidad. Plantea en el primer caso al individuo como elemento dinámico en la interacción, transporta un

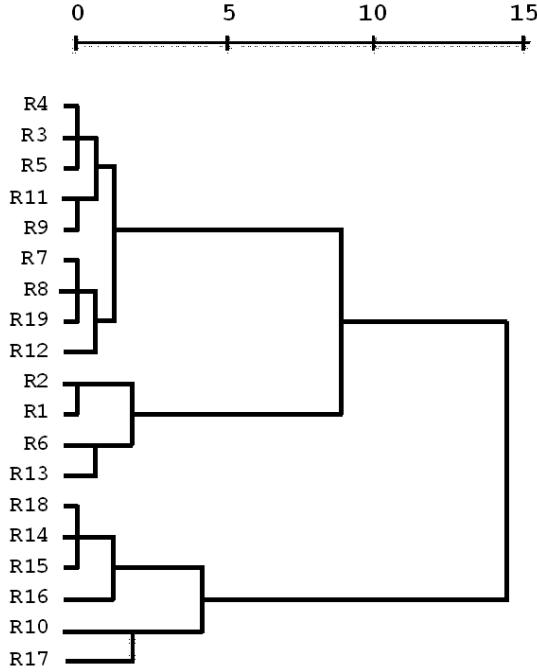


Figura 1: Agrupaciones cluster de los riesgos.

objeto al que consideramos como un elemento pasivo.

El individuo interacciona con el Entorno ($I \rightarrow E$); en el segundo caso considera al objeto como elemento dinámico de la interacción, el objeto se mueve hacia el individuo desde una determinada localización, independientemente de que el individuo se mueva o no ($E \rightarrow I$). Así pues, esta asociación manifiesta que uno de los dos elementos básicos de la interacción, individuo o entorno, es un elemento activo de la misma.

El segundo grupo asocia los riesgos $\{R_7\}$ y $\{R_8\}$ (*cluster rojo*). Es la segunda menor distancia obtenida. Se relacionan los choques de personas contra objetos inmóviles ($R_7, I \rightarrow E$), y contra objetos móviles ($R_8, E \rightarrow I$). De forma análoga al caso anterior, consideramos al individuo o al objeto como elementos activos o pasivos en la interacción.

El tercer grupo asocia los riesgos $\{R_{18}\}$ y $\{R_{14}\}$ (*cluster verde*). Se establece su coherencia fenomenológica a partir de un factor común a ambos: la exposición a ambientes térmicos, así explosiones e incendios ($R_{18}, E \rightarrow I$) se asocia con exposición y/o contactos térmicos ($R_{14}, I \rightarrow E$). Es interesante advertir en este caso que el individuo es siempre un elemento pasivo en la interacción, siendo el entorno la fuente activa que condiciona el suceso.

El cuarto grupo asocia los riesgos $\{R_2\}$ y $\{R_1\}$ (*cluster amarillo*), relacionando las caídas de personas al mismo nivel ($R_2, E \rightarrow I$), con caídas de personas a distinto nivel ($R_1, E \rightarrow I$). El individuo es el elemento activo en la interacción, siendo el entorno

Etapa (stage)	Grupos a combinar		Distancia (coefficient)	1 ^a Etapa de aparición		Etapa siguiente en la que aparece
	Cluster-1	Cluster-2		Cluster-1	Cluster-2	
01	R_4	R_3	0,022105	00	00	05
02	R_7	R_8	0,055185	00	00	08
03	R_{18}	R_{14}	0,089590	00	00	07
04	R_2	R_1	0,125655	00	00	15
05	R_5	$\{R_4\}^{2Cl}$	0,178260	00	01	10
06	R_{11}	R_9	0,238020	00	00	10
07	$\{R_{18}\}^{2Cl}$	R_{15}	0,323055	03	00	13
08	$\{R_7\}^{2Cl}$	R_{19}	0,412948	02	00	11
09	R_6	R_{13}	0,528848	00	00	15
10	$\{R_{11}\}^{2Cl}$	$\{R_5\}^{3Cl}$	0,651730	06	05	12
11	$\{R_7\}^{3Cl}$	R_{12}	0,803237	08	00	12
12	$\{R_{11}\}^{3Cl}$	$\{R_7\}^{4Cl}$	1,059304	10	11	17
13	$\{R_{18}\}^{3Cl}$	R_{16}	1,343059	07	00	16
14	R_{10}	R_{17}	1,642864	00	00	16
15	$\{R_6\}^{2Cl}$	$\{R_2\}^{2Cl}$	1,994581	09	04	17
16	$\{R_{18}\}^{4Cl}$	$\{R_{10}\}^{2Cl}$	2,706220	13	14	18
17	$\{R_{11}\}^{4Cl}$	$\{R_6\}^{3Cl}$	4,134352	12	15	18
18	$\{R_{11}\}^{5Cl}$	$\{R_{18}\}^{5Cl}$	6,429801	17	16	00

Tabla 2: Historial de conglomeración (Ward), variable riesgo.

elemento pasivo a pesar de condicionar el suceso.

El quinto grupo presenta un pequeño cambio con respecto a los anteriores. Asocia $\{R_5\}$ al cluster $\{R_4, R_3\}$, formado con anterioridad, indicado en la tabla como $\{R_4\}^{2Cl}$, manifestando también una asociación elevada en la agrupación (*cluster rojo*). $\{R_5\}$ representa las caídas de objetos desprendidos. Como vemos existe una elevada coherencia fenomenológica ya que se agrupan tres casos que tienen como factor común la caídas de objetos.

El sexto grupo que se forma asocia los riesgos $\{R_{11}\}$ y $\{R_9\}$ (*cluster rojo*). Se asocian los atrapamientos por o entre objetos ($R_{11}, E \rightarrow I$), con golpes, cortes con objetos o herramientas ($R_9, I \rightarrow E$). El factor común son las causas mecánicas, “rozamiento e impulso”, de las que proceden ambos riesgos.

El séptimo grupo asocia el cluster $\{R_{18}, R_{14}\}$ con $\{R_{15}\}$ (*cluster verde*). El riesgo $\{R_{15}\}$, contactos eléctricos, engloba los contactos eléctricos directos e indirectos. El factor común en este grupo es la exposición a anomalías térmicas, si bien $\{R_{15}\}$ tiene características físicas propias bien diferenciadas, basadas en el concepto de “conductividad eléctrica”.

En octavo lugar se asocian los riesgos $\{R_7, R_8\}$ con $\{R_{19}\}$ (*cluster rojo*), relaciona genéricamente los choques de individuos contra objetos, con los accidentes causados por seres vivos ($R_{19}, E \rightarrow I$ en general).

En noveno lugar forma un grupo entre $\{R_6\}$ y $\{R_{13}\}$ (*cluster amarillo*), relaciona el

pisar sobre objetos ($R_6, I \rightarrow E$) con sobreesfuerzos ($R_{13}, I \rightarrow E$). Estos dos tipos de riesgos son a priori diferentes ya que uno trata del apoyo inadecuado del pie sobre algún material cortante o punzante y el otro de la realización de esfuerzos incontrolados. La característica común que presentan estos dos riesgos es el apoyo deficiente, inoportuno o indebido de las extremidades, así como someter a tensión diferentes zonas del sistema músculo esquelético. El individuo es el elemento activo de la interacción.

En décimo lugar, se asocia el grupo $\{R_9, R_{11}\}$ con el grupo $\{R_3, R_4, R_5\}$. La formación de este cluster (*cluster rojo*) es clara, pues la caída de objetos lleva asociada la producción de golpes, cortes o atrapamientos. En este caso se manifiesta la complementariedad de estos riesgos.

En undécimo lugar asocia el grupo genérico de choques y golpes $\{R_7, R_8, R_{19}\}$, con el riesgo $\{R_{12}\}$, o de accidentes con maquinaria móvil y de tráfico (*cluster rojo*).

En duodécimo lugar, asocia el grupo $\{R_{11}, R_9, R_5, R_4, R_3\}$ con el grupo $\{R_7, R_8, R_{19}, R_{12}\}$, completando la primera agrupación independiente de riesgos, que definimos como “**grupo rojo**”. Los riesgos que componen el grupo se pueden asociar al individuo o al entorno; es un grupo mixto ($I \rightleftharpoons E$).

En decimotercero lugar asocia el grupo $\{R_{18}, R_{14}, R_{15}\}$ con $\{R_{16}\}$ (*cluster verde*). Como se advierte distinguen los riesgos asociados a campos térmicos (efectos y contactos térmicos, explosiones e incendios y quemaduras por efectos eléctricos) por un lado, con los provenientes de interacción con sustancias agresivas (tóxicas, nocivas, corrosivas o irritantes), que en gran parte producen también quemaduras.

En decimocuarto lugar asocia $\{R_{10}\}$ con $\{R_{17}\}$ (*cluster verde*). Este paso, tan alejado en la evolución de la conglomeración, se realiza porque las dos categorías indicadas representan a dos procesos que tienen poca varianza compartida con el resto de las categorías. Al ser sucesos poco frecuentes, o de bajo registro, su evolución interanual es inestable, reconociéndose también dicha inestabilidad en las relaciones intragrupales. Asocia la proyección de fragmentos o partículas $\{R_{10}\}$ con la exposición a radiaciones $\{R_{17}\}$. El punto común de estas dos categorías es que la parte del cuerpo afectada, en la mayor parte de las ocasiones, son los ojos.

En decimoquinto lugar asocia $\{R_6, R_{13}\}$, con el grupo $\{R_2, R_1\}$. En este paso se completa un nuevo grupo caracterizado como “**grupo amarillo**”. En este grupo interpretamos que los riesgos que lo componen se asocian principalmente al individuo como elemento activo.

En decimosexto lugar asocia el grupo $\{R_{18}, R_{14}, R_{15}, R_{16}\}$ formado en la etapa trece, con el grupo $\{R_{10}, R_{17}\}$, de la etapa catorce. Se forma el último grupo que denominamos “**grupo verde**”. En este grupo interpretamos que los riesgos que lo componen se asocian principalmente al entorno como elemento activo.

La clasificación de las variables riesgo, para los 3 grupos mencionados, queda:

Grupo Rojo: $(R_{11}), (R_9), (R_5), (R_4), (R_3), (R_7), (R_8), (R_{19}), (R_{12})$.

Grupo Amarillo: $(R_6), (R_{13}), (R_2), (R_1)$.

Grupo Verde: $(R_{18}), (R_{14}), (R_{15}), (R_{16}), (R_{10}), (R_{17})$.

3.2 Interpretación de las relaciones intragrupales de lesiones (tabla 3, figura 2)

Etapa (stage)	Grupos a combinar		Distancia (coefficient)	1 ^a Etapa de aparición		Etapa siguiente en la que aparece
	Cluster-1	Cluster-2		Cluster-1	Cluster-2	
01	L_{16}	L_{14}	0,036500	00	00	16
02	L_{10}	L_9	0,074000	00	00	06
03	L_5	L_4	0,116500	00	00	08
04	L_3	L_2	0,195000	00	00	08
05	L_{18}	L_{17}	0,277500	00	00	15
06	$\{L_{10}\}^{2Cl}$	L_1	0,406000	02	00	12
07	L_8	L_7	0,556000	00	00	12
08	$\{L_5\}^{2Cl}$	$\{L_3\}^{2Cl}$	0,719750	03	04	18
09	L_{11}	L_{12}	0,884750	00	00	14
10	L_6	L_{19}	1,160750	00	00	13
11	L_{13}	L_{15}	1,468250	00	00	14
12	$\{L_{10}\}^{3Cl}$	$\{L_8\}^{2Cl}$	1,815250	06	07	13
13	$\{L_{10}\}^{4Cl}$	$\{L_6\}^{2Cl}$	2,412536	12	10	17
14	$\{L_{11}\}^{2Cl}$	$\{L_{13}\}^{2Cl}$	3,191786	09	11	15
15	$\{L_{11}\}^{3Cl}$	$\{L_{18}\}^{2Cl}$	3,994536	14	05	16
16	$\{L_{16}\}^{2Cl}$	$\{L_{11}\}^{4Cl}$	4,945411	01	15	17
17	$\{L_{10}\}^{5Cl}$	$\{L_{16}\}^{3Cl}$	6,435683	13	16	18
18	$\{L_5\}^{3Cl}$	$\{L_{10}\}^{6Cl}$	7,934526	08	17	00

Tabla 3: Historial de conglomeración (Ward), variable lesión

En una primera etapa, el grupo que establece el análisis es el de $\{L_{16}\}$ con $\{L_{14}\}$ (*cluster verde*), representando la primera lesión las asfixias y la segunda los envenenamientos e intoxicaciones. La relación entre las mismas representa aquellos ambientes deficitarios en oxígeno, así como cualquier otro tipo de contacto con un agente químico, que interaccione negativamente con el individuo.

En un segundo paso relaciona $\{L_{10}\}$ con $\{L_9\}$ (*cluster rojo*). Relaciona las contusiones y aplastamientos, L_{10} , con traumatismos superficiales, L_9 . El factor común de estas lesiones son los golpes y choques, que entrañan heridas por lo general estas no abiertas. El caso de L_9 se asocia con contactos energéticos del individuo con elementos del entorno, y para L_{10} la etiología se asocia más a caídas de personas, al mismo o distinto nivel.

En tercer lugar asocia $\{L_5\}$ con $\{L_4\}$ (*cluster amarillo*). Relaciona las hernias discales (desplazamiento del disco intervertebral), L_5 , con las lumbalgias, L_4 , entendidas estas últimas como un dolor inespecífico en la espalda. Estos dos tipos de lesiones van asociados generalmente a sobreesfuerzos.

En cuarto lugar presenta $\{L_3\}$ con $\{L_2\}$ (*cluster amarillo*). Asocia las torceduras, esguinces y distensiones (rotura de microfibras de las inserciones musculares en los huesos), L_3 , con luxaciones, L_2 (desplazamientos de las inserciones óseas en articulaciones). Aunque las causas que pueden conducir a este tipo de lesiones pueden ser muy variadas, son los

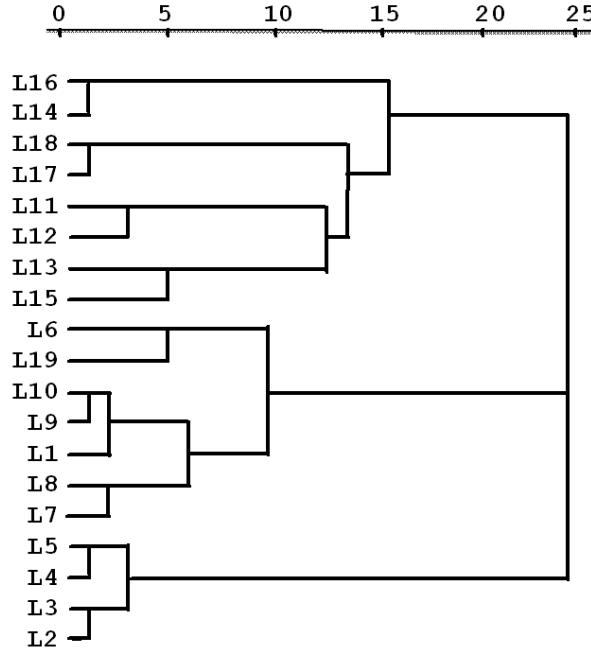


Figura 2: Agrupaciones cluster de las lesiones.

sobreesfuerzos y los golpes las más comunes.

En quinto lugar asocia $\{L_{18}\}$ con $\{L_{17}\}$ (*cluster verde*). Relaciona los efectos eléctricos, L_{17} , con los efectos por radiaciones, L_{18} .

En sexto lugar $\{L_{10}, L_9\}$ con $\{L_1\}$ (*cluster rojo*). Relaciona el grupo de fracturas, L_1 , con el cluster de golpes y choques.

En séptimo lugar $\{L_8\}$ con $\{L_7\}$ (*cluster rojo*). Relaciona amputaciones y pérdida del globo ocular, L_7 , con otras heridas, L_8 . Generalmente estas dos variables lesión representan el grupo de heridas abiertas por cortes u otras causas (proyecciones, explosiones, caídas de objetos, etc.).

En octavo lugar $\{L_5, L_4\}$ con $\{L_3, L_2\}$. Alcanza la primera agrupación independiente denominada, grupo amarillo. Este grupo lo hemos definido como de lesiones músculo-esqueléticas, ya que identifica todas aquellas alteraciones asociadas a dicho sistema.

En noveno lugar $\{L_{11}\}$ con $\{L_{12}\}$ (*cluster verde*). Asocia en este caso los cuerpos extraños en los ojos, L_{11} , con las conjuntivitis, L_{12} . Grupo específico de lesiones en los ojos, aunque estén producidas por causas muy diversas.

En décimo lugar $\{L_6\}$ con $\{L_{19}\}$ (*cluster amarillo*). Aunque asocia la variable L_6 , commociones y traumatismos internos, con la L_{19} , lesiones múltiples, y esta asociación es coherente, ya que buena parte de la accidentalidad relacionada con estas lesiones tiene su origen en los accidentes con maquinaria móvil y de tráfico, nosotros la hemos asignado

al grupo amarillo, relacionándola con caídas de personas. El problema reside en que L6 se presenta como una categoría casi equidistante de los grupos rojo y amarillo (según el análisis factorial), es decir casi equidistante de los accidentes de tráfico y de las caídas de personas. Como al final el análisis de correspondencias caracteriza dicha variable como algo más próxima a las caídas de personas, hemos optados por esta opción, si bien, tiene características comunes a los dos grupos.

En decimoprimero lugar $\{L_{13}\}$ con $\{L_{15}\}$ (*cluster verde*). Relaciona las quemaduras, L_{13} , con los efectos ambientales, L_{15} .

En decimosegundo lugar $\{L_{10}, L_9, L_1\}$ con $\{L_8, L_7\}$ (*cluster rojo*). Es el grupo general de traumatismos que se ve finalmente configurado en el paso siguiente.

En decimotercero lugar $\{L_{10}, L_9, L_1, L_8, L_7\}$ con $\{L_6, L_{19}\}$ (*grupo rojo*). Esta agrupación independiente la hemos definido como de lesiones traumáticas.

En decimocuarto lugar $\{L_{11}, L_{12}\}$ con $\{L_{13}, L_{15}\}$ (*cluster verde*). Relaciona los efectos en los ojos con los efectos quemaduras. El factor común que los asocia es su origen ambiental.

En decimoquinto lugar $\{L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{15}\}$ con $\{L_{18}, L_{17}\}$ (*cluster verde*), y finalmente en decimosexto lugar $\{L_{16}, L_{14}\}$ con $\{L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{15}, L_{18}, L_{17}\}$ (*grupo verde*). Este grupo lo hemos definido como de lesiones ambientales.

La clasificación de las variables lesión, para 3 grupos, quedará:

Grupo Rojo: $(L_1), (L_7), (L_8), (L_9), (L_{10}), (L_{19})$.

Grupo Amarillo: $(L_2), (L_3), (L_4), (L_5), (L_6)$.

Grupo Verde: $(L_{11}), (L_{12}), (L_{13}), (L_{14}), (L_{15}), (L_{16}), (L_{17}), (L_{18})$.

4 Conclusiones

El estudio de las relaciones generatrices de los grupos de variables riesgo y lesión, resultantes de la agregación, paso a paso, de los diversos clusters elementales que el análisis cluster obtiene secuencialmente, permite interpretar las características de afinidad existente entre los mismos. Esta forma operativa permite confirmar la idoneidad de los resultados de la clasificación alcanzada por una doble vía, analítica y empírica, reforzando las conclusiones finales alcanzadas.

La posibilidad de establecer una correspondencia estándar entre esta información conjunta, posibilita así mismo la creación de un sistema inteligente para la gestión de accidentes. La correspondencia indicada permite la creación de protocolos dinámicos, que el sistema indicado ajustará a las características propias de la situación analizada.

Referencias

- [1] Castillo, W.; Trejos, J. (2000) “Nuevos resultados en clasificación bimodal jerárquica y por particiones”, *Rev. Inv. Oper.* 21(3): 247–259.

- [2] Conte Solano, J.C. (2004) *Teoría del accidente en poblaciones laborales. Bases matemáticas*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- [3] Conte Solano, J.C.; García Felipe, A.I.; Domínguez Gracia, A.I.; Rubio García, B. (2004) "Interpretaciones fenomenológicas clásicas del accidente laboral: planteamiento de una orientación alternativa", *Arch. Fac. Méd. Zar.* **44**(2): 119–124.
- [4] Conte Solano, J.C.; Marcos Aragüés, G.; García Felipe, A.I.; Rubio Calvo, E. (2007) "Análisis del problema empírico de identificación del riesgo", *Cuad. Bio. Apl. Inf.* **17** (Extra. Bioincertidumbre): 12–25.
- [5] Conte, J.C.; Rubio, E. (2005) "Estudio de la relación riesgo-lesión mediante análisis factorial", *Real Acad. Cienc. Zaragoza* **60**: 65–85.
- [6] Conte Solano, J.C.; Rubio Calvo, E.; García Felipe, A.I.; Domínguez Gracia, A.I. (2006) "OMEGA: metodología para la previsión de accidentes en poblaciones laborales. Aplicación a microempresas", *Med. Seg. Trab.*, LII (203): 27–37. I.S. Carlos III-CSIC. Madrid.
- [7] Conte Solano, J.C.; Rubio Calvo, E.; García Felipe, A.I.; Domínguez Gracia, A.I. (2006) "Método OMEGA: aplicación a pequeñas y grandes empresas", *Med. Seg. Trab.*, LII (203): 39–49. I.S. Carlos III-CSIC. Madrid.
- [8] Cuadras, C.M. (1981) *Métodos de Análisis Multivariante*. Eunibar, Barcelona.
- [9] Diday, E.; Lemaire, J.; Pouget, J.; Testu, F. (1982) *Eléments d'Analyse des Données*. Dunod. Paris.
- [10] García Felipe, A.I.; Conte Solano, J.C.; Rubio García, B. (2007) "Propuesta de un proceso automático para planificación en prevención de riesgos laborales", *Cuad. Bio. Apl. Inf.* **17** (Extra. Bioincertidumbre): 39–49.
- [11] Gaul, W.; Schader, M. (1996) "A new algorithm for two-mode clustering", in: Bock, H.H. & Polasek, W. (eds.): *Data Analysis and Information Systems*. Springer, Heidelberg.
- [12] González López-Valcárcel, B. (1991) *Análisis Multivariante. Aplicación al Ámbito Sanitario*. SG-editores. Barcelona.
- [13] Joaristi Olariaga, L.; Lizasoain Hernández, L. (2000) "Análisis de correspondencias". La Muralla-Hespérides, Col. *Cuadernos de Estadística*, No. 5. Madrid-Salamanca.
- [14] Pyle, D. (1999) *Data Preparation for Data Mining*. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems.
- [15] Rubio Calvo, E.; Conte Solano, J.C.; García Felipe, A.I.; Torres Portero, M. (2007) "Minería de datos, salud laboral y sistemas inteligentes", *Cuad. Bio. Apl. Inf.* **17** (Extra. Bioincertidumbre): 2–11.

- [16] Trejos, J.; Castillo, W. (2000) "Simulated annealing optimization for two-mode partitioning", in: Gaul, W. & Decker, R. (eds.): *Classification and Information Processing at the Turn of the Millennium*. Springer, Heidelberg.