

3.4. INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA CELDA

Con el objetivo de analizar la influencia del tamaño de la celda en los resultados del análisis de susceptibilidad a roturas de las laderas por deslizamientos superficiales mediante el análisis discriminante, se presentan aquí los resultados de dos análisis con celdas de 45 * 45 m. Los análisis se han realizado en las áreas de La Población de Lillet y Vallcebre, de las que se dispone de un MDE de 45 * 45. El procedimiento de análisis utilizado es el mismo que para las celdas de tamaño 15 m, que se encuentra detallado en el Anejo 3 y aplicado en los apartados 3.3.3, 3.3.4. y 3.3.5. de la presente memoria.

En este apartado se presentan resumidamente los resultados de los análisis. Las muestras utilizadas para los análisis (con las celdas estables y las celdas con roturas) son las mismas que se han utilizado para el análisis con celdas 15 * 15 m. Los pasos realizados en ARC/INFO para transformar las muestras iniciales con celdas de 15 m a celdas de 45 m se encuentran detallados en el Anejo 3. Por otra parte, los archivos AML utilizados para derivar los distintos modelos digitales del terreno (variables utilizadas) son los mismos que se han utilizado para el análisis con celdas de 15 m. El proceso de rasterización de las variables no derivadas del MDE (como la vegetación), que están en formato vectorial, es el mismo que en el caso de celdas de 15 m, con la diferencia que se especifica el tamaño de 45 m. Los ajustes y ponderaciones a ciertas variables que se han utilizado, son los mismos realizados en el apartado anterior.

En algún caso la transformación del inventario de puntos de la zona de roturas de los deslizamientos a una malla de 45 * 45 m puede reducir el número de deslizamientos en la misma zona respecto a la malla de 15 * 15 m, si los deslizamientos están lo suficientemente juntos como para coincidir en una misma celda. Esta reducción de deslizamientos también está presente al pasar de la cobertura de puntos a la malla de 15 * 15, puesto que en algún caso dos o más deslizamientos coinciden en una misma celda, debido a su proximidad y a su pequeño tamaño.

Se presentan primero los resultados de las dos zonas para comentar, al final del apartado, la influencia del tamaño de celda a partir de la comparación de los resultados obtenidos.

3.4.1. Aplicación al área de La Población de Lillet

Test de Normalidad y transformación de las variables.

En la tabla 3.42 se observan los resultados del test de K-S aplicado a las variables. Se han realizado las mismas transformaciones sobre las variables relacionadas con el área cuenca (ACUENCA, LONG, AFS y LFS). La transformación en estas variables no mejora tanto la distribución normal de las mismas si se comparan con la malla de 15 * 15 m de la Población (ver tabla 3.2). En la figura 3.41 se pueden observar los histogramas de frecuencias con la curva normal de las variables.

Independencia de las variables. Análisis Factorial de Componentes Principales

La matriz de correlaciones (tabla 3.43) muestra las correlaciones entre las variables, que son muy similares a las obtenidas en el análisis 15 * 15. El análisis factorial muestra 5 factores donde los tres primeros factores representan el 61.7% del total de la varianza,

alcanzando un 81.3 % cuando se consideran los 5 factores resultantes (ver tabla 3.44). De los resultados observados en la tabla 3.45 se desprende que la varianza total de cada una de las variables explicadas por los 5 factores (communality) supera el 70 % exceptuando las variables RUGOS y VEGET. Las variables PEND y CURVAR son las mejor representadas con más de un 96% de la varianza, seguidas por las variables PENDS, LACUENCA, LLONG, LAFS y LLFS con más de un 91 %. Los factores resultantes son los mismos que los obtenidos en la malla de 15 * 15 m y se observan en la tabla 3.46 donde se incluye el peso de cada una de las variables con valor por encima de 0.4.

Variables	Sin transformación		Con transformación (log ₁₀)	
	Z de K-S	Sig. asintótica	Z de K-S	Sig. Asintótica
MDE	1.373	0.046		
PEND	0.585	0.883		
PENDS	1.349	0.053		
ORIENT	2.257	0.000		
INSOL	2.266	0.000		
RUGOS	5.741	0.000		
CURVAR	0.869	0.437		
PERFIL	1.433	0.033		
PLA	0.978	0.295		
ACUENCA	7.331	0.000	5.200	0.000
LONG	5.727	0.000	4.048	0.000
AFS	7.509	0.000	5.071	0.000
LFS	5.402	0.000	4.527	0.000
PENDM	3.793	0.000		

Tabla 3.42: Resultados del Test de normalidad (K-S Z) de las variables tanto sin transformar como de las transformadas y su significancia.

El **primer factor** que explica el 29.5 % de la varianza total de la muestra, está representado por las variables LACUENCA, LLONG, LAFS, LLFS y PENDM, aunque también contribuyen con un peso muy inferior CURVAR y PLA. Este factor representa la capacidad de converger mayor o menor cantidad de agua hacia la zona potencial de rotura, representada ésta por el área acumulada, por la longitud de flujo acumulado o por la pendiente media de la cuenca.

El **segundo factor** que explica un 17.8% de la varianza total está representado por las variables PEND, PENDS y INSOL. Este factor trata de expresar la influencia de la pendiente de la ladera y su orientación respecto al sol. En la tabla 3.43 se observa la alta correlación entre PEND y PENDS siendo la correlación con la variable INSOL16 de -0.69.

El **tercer factor** que explica un 14.3 % de la varianza total está representado por las variables CURVAR, PERFIL y PLA y con menor peso por RUGOS. El factor expresa la morfología de la ladera a través del grado de convexidad y concavidad de la misma.

El **cuarto factor** con un 10.2 de la varianza total está representado por las variables GROSOR y MDE y se puede interpretar como la litología del área.

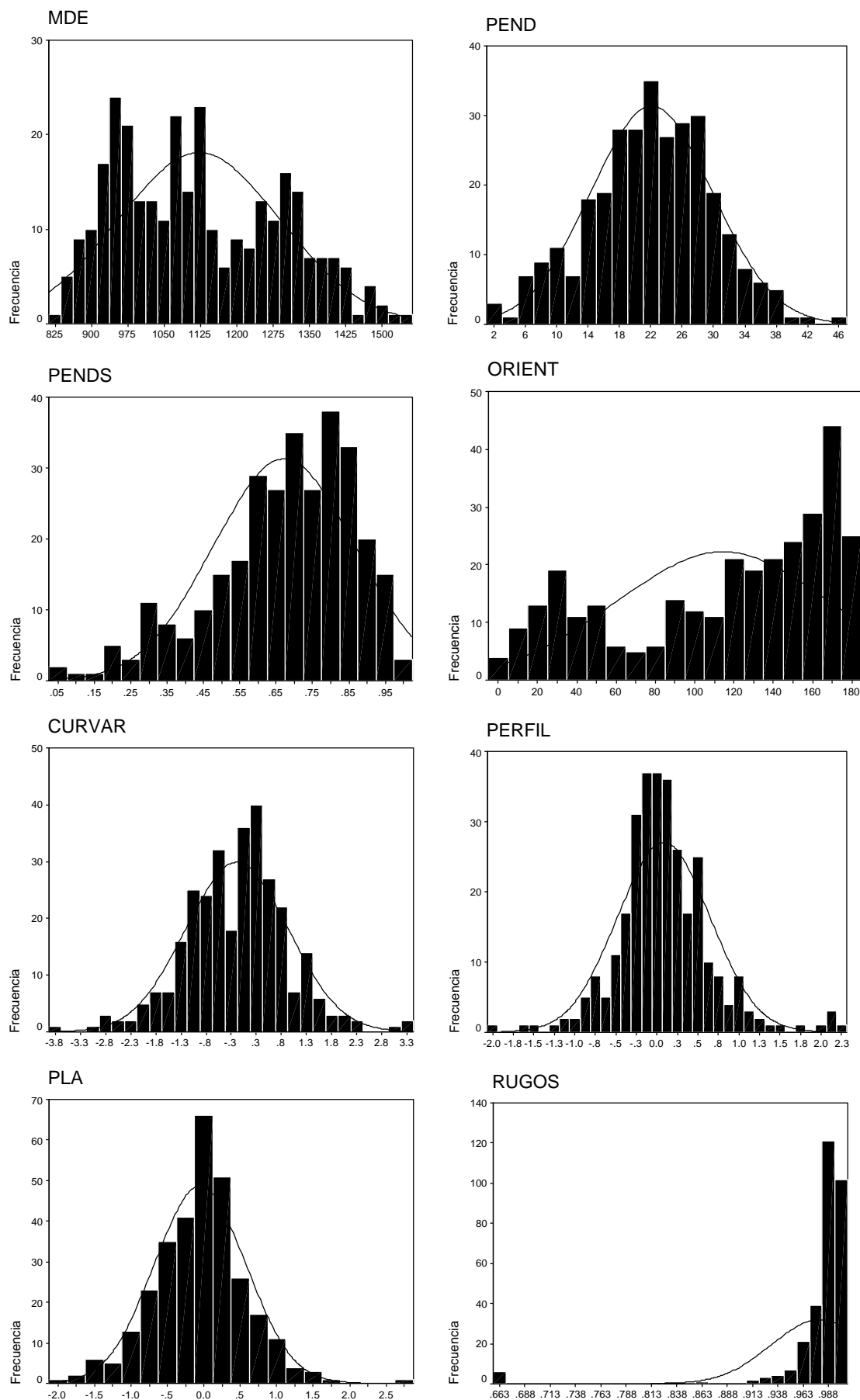


Figura 3.41 : Histogramas de las variables de la Pobra de Lilet (malla de 45 *45m). No se muestran los histogramas de las variables transformadas (ACUENCA. LONG, AFS y LFS).

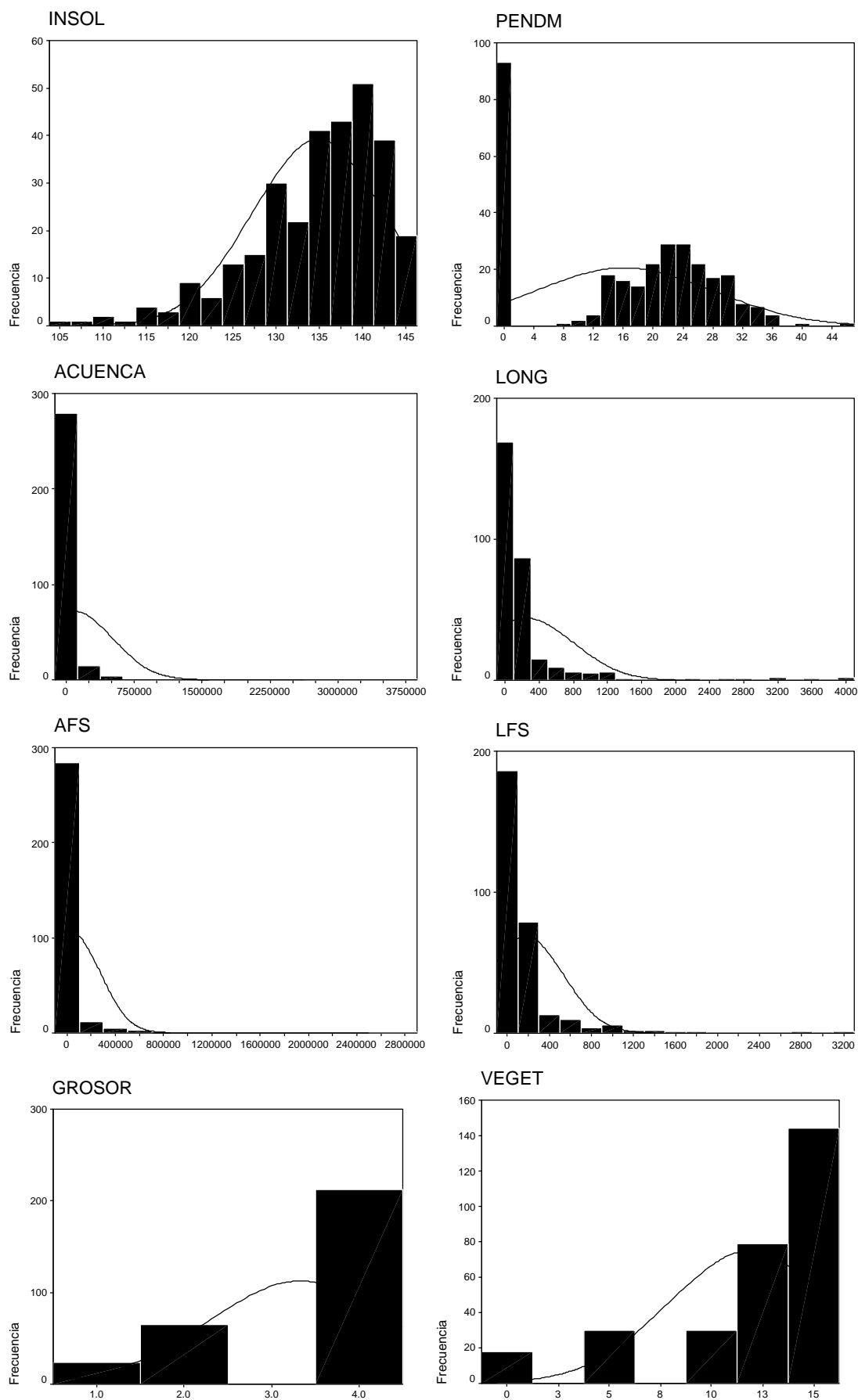


Figura 3.41 (continuación).

El **quinto factor** con un 9.3 % de la varianza total está representado por las variables ORIENT y en menor grado por VEGET y INSOL. El factor expresa la influencia de la orientación de la ladera en la formación del tipo y densidad de la cobertera vegetal.

FACTOR	EIGENVALUE	% DE VARIANZA	% ACUMULADO
1	4.734	29.585	29.585
2	2.851	17.818	47.404
3	2.295	14.345	61.748
4	1.638	10.236	71.984
5	1.503	9.397	81.381

Tabla 3.44: Varianza total explicada del Análisis Factorial de Componentes Principales (factores). Resultados de las sumas de las saturaciones al cuadrado de la rotación.

VARIABLES	COMUNALIDADES	VARIABLES	COMUNALIDADES
MDE	0.734	INSOL	0.844
PEND	0.973	PENDM	0.888
PENDS	0.954	GROSOR	0.803
ORIENT	0.827	VEGET	0.420
CURVAR	0.963	ACUENCA	0.958
PERFIL	0.772	LONG	0.955
PLA	0.707	AFS	0.919
RUGOS	0.386	LFS	0.919

Tabla 3.45: Comunalidades o varianza total de cada una de las variables.

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS (Rotación Varimax)					
Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
MDE				-0.754	
PEND		0.978			
PENDS		0.967			
ORIENT					0.904
INSOL		-0.759			0.472
RUGOS			0.476		
CURVAR	-0.469		0.859		
PERFIL			-0.810		
PLA	-0.493		0.679		
ACUENCA	0.931				
LONG	0.936				
AFS	0.911				
LFS	0.913				
PENDM	0.824	0.416			
VEGET					-0.595
GROSOR				0.887	

Tabla 3.46: Matriz con los pesos de las variables para cada uno de los 5 factores resultantes del Análisis Factorial con los valores mayores de 0.4. El método de rotación es la normalización Varimax con Kaiser. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

Relación entre las variables y la estabilidad. Test T-test y One-Way.

Los resultados de los test (ver tabla 3.47) muestran valores bajos de F del test One-Way para la mayor parte de las variables. En este caso la variable GROSOR es la variable con mayor poder discriminante entre las dos poblaciones. La siguiente variable es MDE, y con valores mucho más bajos se encuentran las pendientes (PEND y PENDS). Los resultados son interesantes puesto que reflejan una gran diferencia en cuanto a los resultados de los mismos test para el análisis con una malla regular de 15 * 15m.

T-TEST			ONE-WAY		T-TEST			ONE-WAY		
Variable (grupo)	Media	Desviación estándar	F	Sig.	Variable (grupo)	Media	Desviación estándar	F	Sig.	
MDE	ST	1169.6	35.8	0.000	PLA	ST	0.007	0.6	3.74	0.054
	IN	1059.3				IN	-0.13			
PEND	ST	21.2	4.73	0.030	ACUENCA	ST	2.67	2	1.8	0.176
	IN	23.2				IN	2.9			
PENDS	ST	0.6	4.93	0.027	LONG	ST	1.5	1.1	1.7	0.19
	IN	0.7				IN	1.6			
ORIENT	ST	109.4	3.34	0.068	AFS	ST	2.3	1.9	3.3	0.070
	IN	121				IN	2.7			
INSOL	ST	135.3	1.98	0.160	LFS	ST	1.3	1.1	3.2	0.072
	IN	134				IN	1.5			
RUGOS	ST	0.98	1.22	0.27	PENDM	ST	15.19	12.1	2.4	0.119
	IN	0.97				IN	17.32			
CURVAR	ST	-0.02	5.06	0.025	VEGET	ST	12.06	4.4	0.8	0.371
	IN	-0.28				IN	11.6			
PERFIL	ST	0.03	3.63	0.058	GROSOR	ST	2.9	1.1	84.5	0.000
	IN	0.15				IN	3.9			

Tabla 3.47: Resultados del test T-Test para las variables que caracterizan la ladera y del test One.Way de varianzas múltiples (ST: celdas estables; IN: celdas con roturas). En el test T-test las variables con media y desviación estándar distinto entre las dos poblaciones (estable y con roturas) presentan alto poder discriminante entre ellas. En el test One-way altos valores de F indican que la variable discrimina entre las dos poblaciones.

Selección de las variables para el análisis

A partir de los resultados de los test T-test y One-Way se han seleccionado las siguientes variables para el análisis discriminante: MDE, ORIENT, CURVAR, PERFIL, RUGOS, INSOL, PENDM, GROSOR, ACUENCA y AFS, combinadas separadamente con PEND y PENDS. La variable primaria VEGET no se ha seleccionado debido a su bajo poder discriminante. Se ha seleccionado CURVAR frente a la variable PLA por presentar un mayor valor de F en el test One-Way.

Análisis discriminante

La función seleccionada y sus parámetros estadísticos se muestra en las tablas 3.48 y 3.49. En la tabla se pueden observar algunas de las combinaciones realizadas para el análisis discriminante. La función ha incluido 9 variables de las 11 incluidas en el análisis, de las cuales sólo una es cualitativa (el grosor de la formación superficial).

Los valores discriminantes oscilan entre -3 y 2.25 con centroides en -0.617 para la población estable y 0.840 para la inestable, centroides más cercanos que los obtenidos con la malla de $15 * 15$ m. El porcentaje de casos correctamente clasificados es de 76.7% para un índice discriminante de $DF = 0.0$. En la figura 3.42 se muestran los histogramas por separado con las poblaciones estable inestable según la función discriminante. Como reflejan los coeficientes estandarizados, la variable **PENDS** es la más discriminante con un peso de 0.865 seguida por la variable **ACUENCA** con 0.74 y el espesor de la formación superficial (**GROSOR**) con 0.705 . La elevación y la pendiente media de la cuenca siguen a estas 3 primeras variables con coeficientes de -0.573 y -0.454 . El resto de variables (área cuenca ocupada por la formación superficial, curvatura de la ladera, rugosidad y orientación) presentan pesos más bajos en la función.

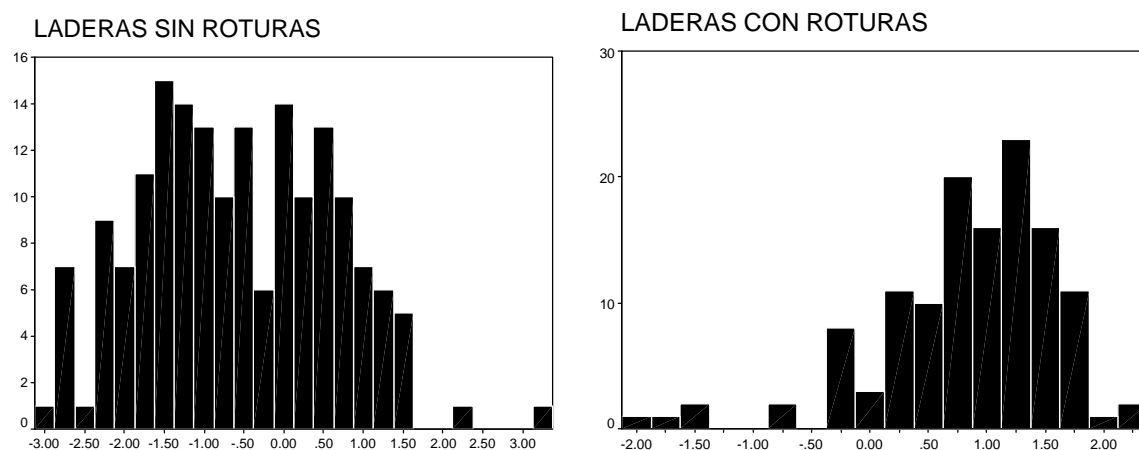


Figura 3.42: Histogramas de frecuencias con los valores de la función discriminante seleccionada en la Población de Lillet con la malla regular de 45 m, para la muestra utilizada, con las dos poblaciones por separado (laderas con y sin roturas). Obsérvese el valor $F = 0$ que separa las dos poblaciones según la función, indicando los valores positivos laderas inestables y los negativos laderas estables.

Valores discriminantes positivos están asociados a roturas mientras que valores negativos se asocian a laderas estables. Altos valores de las variables **PENDS**, **GROSOR**, **ACUENCA** Y **ORIENT** aumentan los valores de la función, incrementando la inestabilidad, mientras que altos valores de las variables **PENDM**, **MDE**, **AFS**, **RUGOS** y **CURVAR** incrementan la estabilidad. En resumen, pendientes medias-altas de las laderas con espesores de depósitos superficiales grandes, áreas de cuenca grandes y orientaciones hacia el Sur favorecen las roturas superficiales. Por otro lado, pendientes medias altas de las cuencas, zonas convexas, rugosidad baja, grandes áreas cuenca ocupadas por la formación superficial y altitudes elevadas favorecen la estabilidad en el área estudiada.

Los controles estadísticos reflejan una función parecida a las obtenidas en la zona de La Población sin la variable **GROSOR**, y parecida a la de la zona de Vallcebre, ambas para celdas

de tamaño 15*15. La clasificación final muestra un acierto de las celdas con roturas del 86.6 % disminuyendo considerablemente en el caso de las estables (69.5%).

VARIABLES INTRODUCIDAS	PASO	VARIANZA RESIDUAL
GROSOR	1	0.774
PENDS	2	0.741
MDE	3	0.705
RUGOS	4	0.688
CURVAR	5	0.677
ORIENT	6	0.668
AFS	7	0.666
ACUENCA	8	0.660
PENDM	9	0.653

Tabla 3.48: Resultados del análisis discriminante por pasos, con el número de pasos, la variable introducida en cada paso y la varianza residual. En cada paso se introduce la variable que minimiza la suma de la variación no explicada de todos los pares de grupos. La F parcial mínima para entrar es 1 y la F máxima parcial para salir es 0.

VARIABLES	COEFICIENTES DE LA FUNCIÓN	
	Estándar	No estándar
PENDS	0.865	4.472
ACUENCA	0.74	0.383
GROSOR	0.705	0.749
MDE	-0.573	-0.004
PENDM	-0.454	-0.038
AFS	-0.399	-0.206
RUGOS	-0.26	-15.42
CURVAR	-0.212	-0.211
ORIENT	0.147	0.003
constant		13.521

EIGENVALUE	WILKS-λ	χ^2	PROB. %	CLASIFICACION (F = 0)
0.521	0.657	123.141	0.000	General 76.7 % Parcial (estable/inestable) 69.5% / 86.6%

Tabla 3.49: Función discriminante con los coeficientes estandarizados y los no estandarizados, el porcentaje de aciertos de la clasificación y otros parámetros estadísticos de la Pobla de Lillet.

Mapa de susceptibilidad y validación de la función

El mapa de susceptibilidad se puede observar en la figura 3.43. En la tabla 3.50 se presentan los resultados de la validación, obtenida con el índice de densidad relativa propuesto en los apartados anteriores. En este caso, también se ha utilizado el resto de las celdas con roturas no utilizadas para el análisis estadístico y el resto de celdas estables no incluidas en la muestra para el cálculo del índice de densidad relativa.

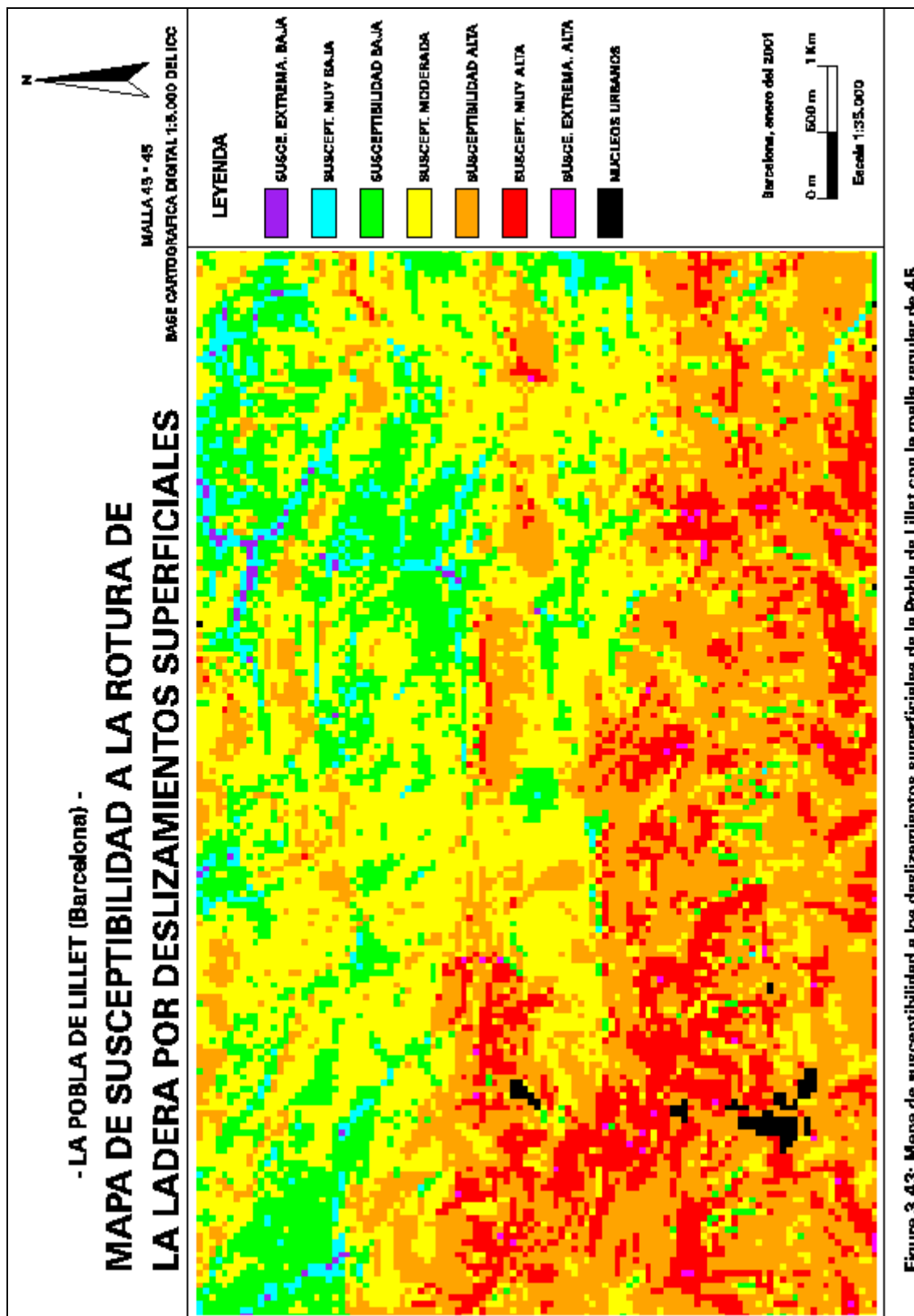


Figura 3.43: Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos superficiales de la Pobla de Lillet con la malla regular de 45.

Como se observa en la tabla 3.50, la predicción del mapa de susceptibilidad es bastante buena, con valores 0 en los tres niveles de susceptibilidad baja, y un índice creciente hacia niveles de susceptibilidad más alta. También se observa que el último nivel (susceptibilidad muy alta) el índice es 0 representando este nivel el 0.34 % del área total validada. El índice resultante es mejor en los niveles de susceptibilidad de moderada a bastante alta con la malla de 45 * 45 que con la de 15 * 15m. Como se puede observar en la tabla 3.50 el área de estudio queda dividida, a groso modo, en dos: niveles de susceptibilidad de moderada a baja (áreas estables) y niveles de susceptibilidad alta a bastante alta (inestables).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA			
Nivel de susceptibilidad	Nº de mov.	Nº de celdas	Índice
Muy baja	0	59	0.000
Bastante baja	0	516	0.000
Baja	0	3090	0.000
Moderada	4	6706	2.155
Alta	37	6518	20.507
Bastante alta	52	2429	77.338
Muy alta	0	66	0.000

Tabla 3.50: Resultados del índice de densidad relativa obtenidos con el resto de celdas no utilizadas en el análisis del área de La Pobla de Lillet (malla de 45 * 45 m).

3.4.2. Aplicación al área de Vallcebre

Test de Normalidad y transformación de las variables.

Los resultados del test K-S y los histogramas de frecuencias de las variables se muestran en la tabla 3.51 y la figura 3.44 respectivamente. Como en los anteriores análisis, se han transformado las mismas variables (ACUENCA, LONG, AFS y LFS) para mejorar su distribución, aunque la mejora no es muy significativa. La variable RUGOS no ha sido transformada, pese a su baja normalidad dado que la transformación no supone una mejoría.

Independencia de las variables. Análisis Factorial de Componentes Principales

En la tabla 3.52 se pueden observar las correlaciones entre variables y en las tablas 3.53, 3.54 y 3.55 se reflejan los resultados del Análisis Factorial. Los resultados obtenidos son muy similares a los del análisis de celda 15 * 15.

El análisis factorial muestra 5 factores donde los tres primeros factores representan el 60% del total de la varianza, alcanzando un 79.1 % cuando se consideran los 5 factores resultantes (ver tabla 3.53). De los resultados observados en la tabla se desprende que la varianza total de cada una de las variables explicadas por los 5 factores (communality) supera el 73 % exceptuando las variables RUGOS y MDE. Las variables CURVAR y PEND las mejor representadas con más de un 96% de la varianza, seguidas por las variables PENDS, ACUENCA, LONG, AFS y LFS con más de un 92 % (ver tabla 3.54). Los factores se observan en la tabla 3.55 donde se incluye el peso de cada una de las variables con valor por encima de 0.4. Los tres primeros factores son los mismos resultantes en el análisis con la

mallas 15 * 15. El cuarto factor es muy similar pero no incluye la variable AFS, mientras que el quinto factor incluye aquí la variable RUGOS en lugar de la vegetación incluida en la malla de 15 m. La diferencia más notable radica en el número de factores, siendo 6 en la malla de 15 (formado este sexto factor por la elevación) y 5 en la de 45.

Variables	Sin transformación		Con transformación (log ₁₀)	
	Z de K-S	Sig. asintótica	Z de K-S	Sig. Asintótica
MDE	1.398	0.040		
PEND	0.682	0.007		
PENDS	2.293	0.000		
ORIENT	1.826	0.003		
INSOL	2.587	0.000		
RUGOS	6.304	0.000		
CURVAR	1.135	0.152		
PERFIL	1.433	0.016		
PLA	1.452	0.029		
ACUENCA	8.387	0.000	5.995	0.000
LONG	6.468	0.000	4.484	0.000
AFS	6.877	0.000	5.584	0.000
LFS	5.112	0.000	4.414	0.000
PENDM	2.754	0.000		

Tabla 3.51: Resultados del Test de normalidad (K-S Z) de las variables tanto sin transformar como de las transformadas y su significancia.

FACTOR	EIGENVALUE	% DE LA VARIANZA	% ACUMULADO
1	3.917	24.483	24.483
2	3.249	20.308	44.791
3	2.445	15.282	60.073
4	1.794	11.212	71.285
5	1.251	7.819	79.105

Tabla 3.53: Varianza total explicada del Análisis Factorial de Componentes Principales (factores). Resultados de las sumas de las saturaciones al cuadrado de la rotación.

VARIABLES	COMUNALIDADES	VARIABLES	COMUNALIDADES
MDE	0.129	INSOL	0.824
PEND	0.962	PENDM	0.873
PENDS	0.936	FMS	0.853
ORIENT	0.774	VEGET	0.782
CURVAR	0.993	ACUENCA	0.934
PERFIL	0.814	LONG	0.934
PLA	0.739	AFS	0.928
RUGOS	0.252	LFS	0.932

Tabla 3.54: Comunalidades o varianza total de cada una de las variables.

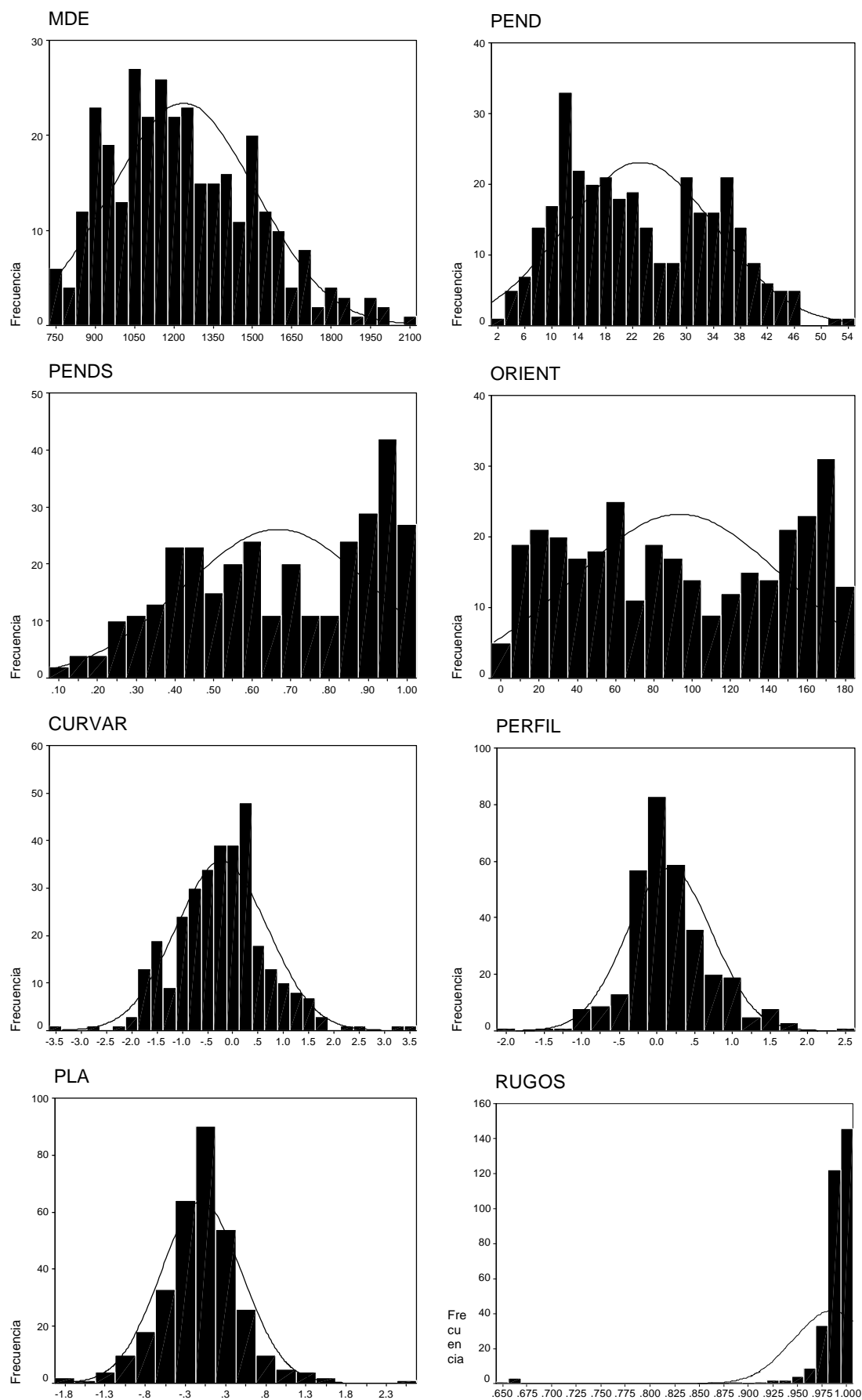


Figura 3.44 : Histogramas de las variables de Vallcebre (malla de 45 *45m). No se muestran los histogramas de las variables transformadas (ACUENCA, LONG, AFS y LFS).

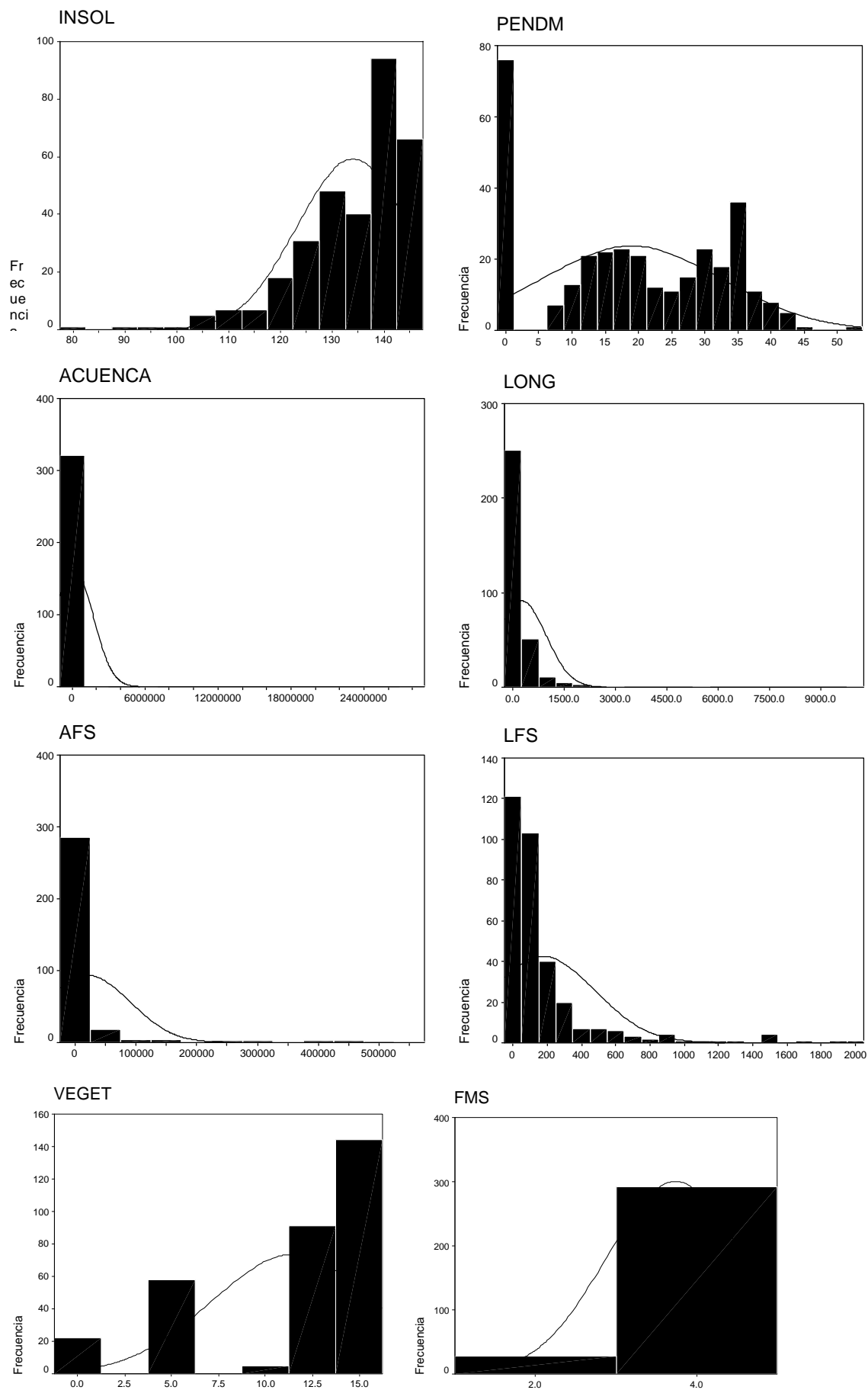


Figura 3.44 (continuación).

El **primer factor** que explica el 24.4 % de la varianza total de la muestra, está representado por las variables ACUENCA, LONG, AFS y LFS, aunque también contribuyen con un peso muy inferior PENDM y PLA. Este factor representa la capacidad de converger mayor o menor cantidad de agua hacia la zona potencial de rotura, representada ésta por el área acumulada, por la longitud de flujo acumulado o por la pendiente media de la cuenca.

El **segundo factor** que explica un 20.3% de la varianza total está representado por las variables PEND, PENDS y INSOL y, en menor grado PENDM. Este factor trata de expresar la influencia de la pendiente de la ladera o de la cuenca de un punto de la misma y su orientación respecto al sol.

El **tercer factor** que explica un 15.2 % de la varianza total está representado por las variables CURVAR, PERFIL y PLA. El factor expresa la morfología de la ladera a través del grado de convexidad y concavidad de la misma.

El **cuarto factor** con un 11.2 de la varianza total está representado por las variables FMS y VEGET y se puede interpretar como la influencia de la existencia de formación superficial en el tipo y densidad de la cobertura vegetal del área.

El **quinto factor** con un 7.8 % de la varianza total está representado por las variables ORIENT y en menor grado por RUGOS. El factor expresa la influencia de la orientación de la ladera en la morfología de la misma.

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS (Rotación Varimax)					
Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
MDE					
PEND		0.973			
PENDS		0.958			
ORIENT					0.841
INSOL		-0.815			
RUGOS					0.426
CURVAR			-0.913		
PERFIL			0.854		
PLA	-0.474		-0.714		
ACUENCA	0.907				
LONG	0.914				
AFS	0.877				
LFS	0.884				
PENDM	0.553	0.696			
VEGET				0.823	
FMS				0.895	

Tabla 3.55: Matriz con los pesos de las variables para cada uno de los 5 factores resultantes del Análisis Factorial con los valores mayores de 0.4. El método de rotación es la normalización Varimax con Kaiser. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

Relación entre las variables y la estabilidad. Test T-test y One-Way.

El área de Vallcebre analizada mediante celdas 45 * 45 m refleja unos resultados significativos en cuanto a la relación de las variables con la estabilidad de la ladera. En

general, las variables muestran altos valores de F del test One-Way (ver tabla 3.56), siendo las que mejor discriminan entre celdas estables e inestables, PENDS, PEND, PENDM ORIENT, PERFIL y CURVAR seguidas a una cierta distancia por la variable INSOL. Estos resultados contrastan con los obtenidos en La Población de Lillet para el mismo tamaño de unidad de análisis.

T-TEST				ONE-WAY		T-TEST				ONE-WAY	
Variable (grupo)	Media	Desviación estándar	F	Sig.	Variable (grupo)	Media	Desviación estándar	F	Sig.		
MDE	ST	1269.5	301.4	5.797	0.017	PLA	ST	0.016	0.5	7.76	0.006
	IN	1195.8	235.1				IN	-0.13	0.48		
PEND	ST	19	10.12	64.82	0.000	ACUENCA	ST	2.75	2	8.96	0.003
	IN	28.2	10.31				IN	3.3	1.3		
PENDS	ST	0.57	0.24	66.187	0.000	LONG	ST	1.57	1.1	7.1	0.008
	IN	0.78	0.19				IN	1.87	0.7		
ORIENT	ST	76.7	50.6	39.83	0.000	AFS	ST	2.3	2	8.89	0.003
	IN	113.8	54.7				IN	2.9	1.6		
INSOL	ST	136.3	10.7	18.6	0.000	LFS	ST	1.3	1.1	7.78	0.006
	IN	131.2	10.13				IN	1.6	0.9		
RUGOS	ST	0.981	0.05	2.22	0.137	PENDM	ST	14.4	12.7	50.15	0.000
	IN	0.988	0.01				IN	24.5	12.6		
CURVAR	ST	0.015	0.83	29.3	0.000	VEGET	ST	11.8	4.4	2.8	0.094
	IN	-0.5	0.9				IN	11	4.1		
PERFIL	ST	0.001	0.44	38.75	0.000	FMS	ST	3.64	0.98	5.16	0.024
	IN	0.36	0.62				IN	3.86	0.65		

Tabla 3.56: Resultados del test T-Test para las variables que caracterizan la ladera y del test One.Way de varianzas múltiples (ST: celdas estables; IN: celdas con roturas). En el test T-test las variables con media y desviación estándar distinto entre las dos poblaciones (estable y con roturas) presentan alto poder discriminante entre ellas. En el test One-way altos valores de F indican que la variable discrimina entre las dos poblaciones.

Selección de las variables para el análisis discriminante

Se han eliminado del análisis las siguientes variables: PLA, LONG y LFS. El resto de variables han sido seleccionadas para el análisis discriminante que se realizará combinando las variables seleccionadas con PEND y PENDS por separado, dado su alto poder discriminante y su alta correlación.

Análisis discriminante

A partir de varios análisis realizados combinando las variables seleccionadas, se ha escogido una función siguiendo el criterio de mayor acierto de las celdas con roturas y menor

número de variables. Los datos de la función discriminante seleccionada se presentan en las tablas 3.57 y 3.58 y en la figura 3.45.

VARIABLES INTRODUCIDAS	PASO	VARIANZA RESIDUAL
PENDS	1	0.829
ORIENT	2	0.773
PERFIL	3	0.734
MDE	4	0.716
FMS	5	0.713
VEGET	6	0.704

Tabla 3.57: Resultados del análisis discriminante por pasos, con el número de pasos, la variable introducida en cada paso y la varianza residual. En cada paso se introduce la variable que minimiza la suma de la variación no explicada de todos los pares de grupos. La F parcial mínima para entrar es 1 y la F máxima parcial para salir es 0.

La función ha seleccionado 6 variables, 4 derivadas del MDE y 2 cualitativas. El porcentaje de casos correctamente clasificados es de 73.8 % para un índice discriminante de $DF = 0.0$. El acierto de la población inestable se ha reducido al 69.7 % siendo el de la población estable de un 77.1 %. En la figura 3.45 se muestran los histogramas por separado con las poblaciones estable inestable según la función discriminante. Los centroides de las dos poblaciones se encuentra en -0.587 para la población estable y 0.708 en el caso de la inestable, centroides ligeramente más cercanos que los obtenidos en la misma zona para la malla de 15 m.. Los valores discriminantes oscilan entre -3.0 y 3.25 . Como reflejan los coeficientes estandarizados, la variable PENDS es la más discriminante con un peso de 0.626 seguida por la curvatura en la dirección de la pendiente (PERFIL) con 0.407 y la orientación (ORIENT) con 0.362. La presencia de formación superficial (FMS), la vegetación y la elevación siguen a estas 3 primeras variables con coeficientes inferiores.

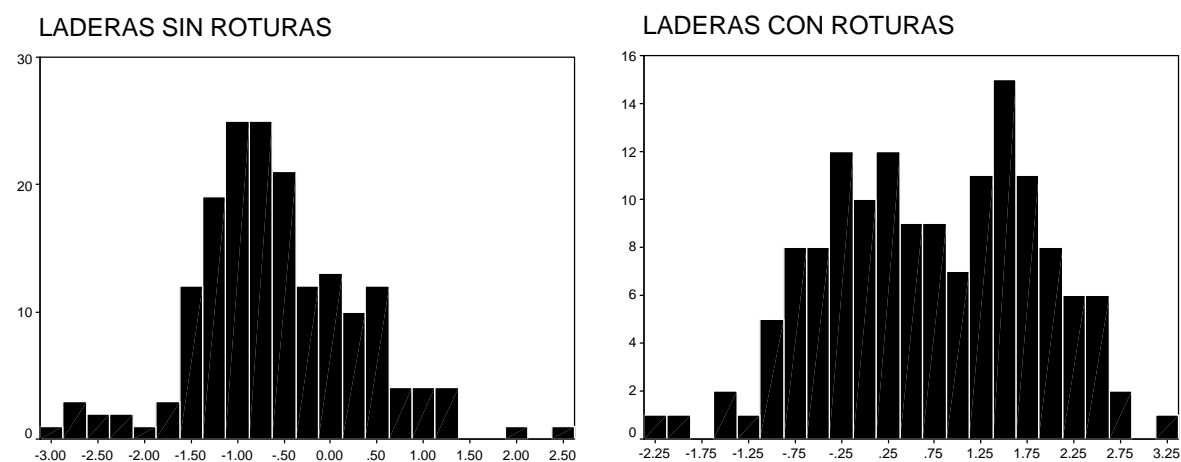


Figura 3.45 Histogramas de frecuencias con los valores de la función discriminante seleccionada en Vallcebre con la malla regular de 45 m, para la muestra utilizada, con las dos poblaciones por separado (laderas con y sin roturas). Obsérvese el valor $F = 0$ que separa las dos poblaciones según la función, indicando los valores positivos laderas inestables y los negativos laderas estables.

Según la función, valores discriminantes positivos están asociados a roturas mientras que valores negativos se asocian a laderas estables. Según esto, altos valores de las variables PENDS, PERFIL, ORIENT y FMS aumentan los valores de la función, incrementando la inestabilidad, mientras que altos valores de las variables VEGET y MDE incrementan la estabilidad. En resumen, la función indica que pendientes medias-altas de las laderas con presencia de depósitos superficiales, perfiles convexos en la dirección de la pendiente y orientaciones hacia el Sur favorecen las roturas superficiales. Por otro lado, presencia de vegetación y el aumento de densidad de ésta, así como altitudes elevadas favorecen la estabilidad en el área estudiada.

Los controles estadísticos de la función indican un poder de separación menor comparado con la función obtenida en La Pobla utilizando el mismo tamaño de celda, y con la obtenida en la misma zona, con la malla de 15 * 15 m..

VARIABLES	COEFICIENTES DE LA FUNCIÓN	
	Estándar	No estándar
PENDS	0.626	2.785
PERFIL	0.407	0.776
ORIENT	0.362	0.007
FMS	0.282	0.334
VEGET	-0.264	-0.061
MDE	-0.249	-0.001
constant		-2.058

EIGENVALUE	WILKS- λ	χ^2	PROB. %	CLASIFICACION (F = 0)
0.418	0.705	110.101	0.000	General 73.8 % Parcial (estable/inestable) 77.1% / 69.7%

Tabla 3.58: Función discriminante con los coeficientes estandarizados y los no estandarizados, el porcentaje de aciertos de la clasificación y otros parámetros estadísticos de Vallcebre con la malla de 45 * 45 m.

Mapa de susceptibilidad y validación de la función

El mapa de susceptibilidad se representa en la figura 3.46. La validación de la predicción del mapa, y de la función discriminante utilizada, se expresa mediante el índice de densidad relativa (ver tabla 3.59). El índice se ha calculado con el resto de celdas no utilizadas en la muestra analizada (tanto celdas con roturas como celdas sin roturas).

Los resultados mostrados en la tabla indican que la función discriminante no realiza una predicción buena, dado que en el nivel de susceptibilidad bastante baja se encuentra un deslizamiento, y en el siguiente nivel encontramos 20 movimientos. Pese a todo, el índice muestra un comportamiento aceptable, creciendo hacia los niveles de susceptibilidad más altos. El nivel de susceptibilidad más elevada tiene un índice 0 que indica que no se ha encontrado ningún deslizamiento, representando este nivel el 0.046 % del área total validada. Los resultados son mediocres si atendemos a los dos niveles de susceptibilidad baja.

**- VALLCEBRE (Barcelona) -
 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LA ROTURA DE
 LA LADERA POR DESLIZAMIENTOS SUPERFICIALES**

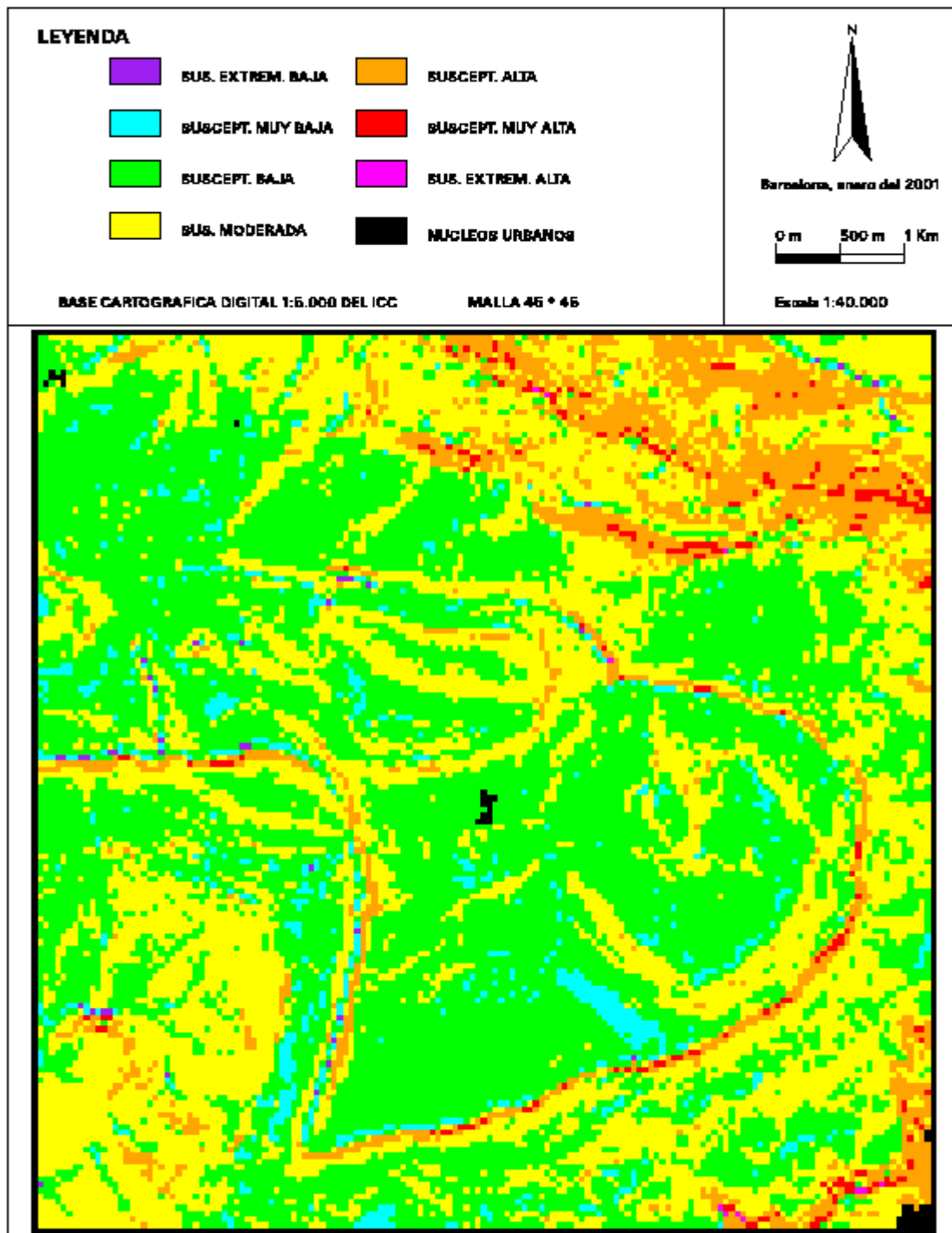


Figura 3.46: Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos superficiales de Vallcebre con la malla de 45.

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA			
Nivel de susceptibilidad	Nº de mov.	Nº de celdas	Índice
Muy baja	0	40	0.000
Bastante baja	1	864	1.596
Baja	20	11684	2.360
Moderada	52	8730	8.213
Alta	38	2174	24.102
Bastante alta	11	238	63.729
Muy alta	0	11	0.000

Tabla 3.59: Resultados del índice de densidad relativa de la zona de Vallcebre en el análisis con malla regular de 45 m de tamaño de celda.

3.4.3. Análisis comparativo entre los resultados de la malla 45 y la de 15.

Dado que se ha utilizado la misma muestra en las dos zonas, que la utilizada en el análisis con malla de 15 * 15 m, primero se compararán cada zona por separado y, posteriormente, se compararán los resultados en general.

Comparación de los resultados de La Pobra de Lillet

Los histogramas de frecuencias muestran distribuciones similares de las mismas variables de las dos mallas regulares comparadas. Quizás, es la variable CURVAR la que presenta unas distribuciones más desiguales entre una malla y la otra, presentando una distribución más cercana a la normal para la malla de 45. Los resultados de test K-S son similares en los dos casos y las transformaciones que se han llevado a cabo en algunas variables han sido las mismas.

Las correlaciones entre variables son las mismas con independencia del tamaño de celda, como así se refleja en las matrices de correlaciones. Los resultados del análisis factorial son muy similares, siendo prácticamente las mismas variables las que componen los mismos factores, aunque con pesos ligeramente distintos en algún caso.

Las diferencias más notables se encuentran en la relación entre las variables y la estabilidad (test T-test y One-Way). En el test T-test se observa que las variables primarias (no derivadas del MDE) presentan los mismos resultados, mientras que no ocurre lo mismo con las derivadas. Dado que comparamos mallas de tamaño distinto, es lógico que las diferencias se encuentren en las variables derivadas, aunque en el caso de La Pobra el utilizar la malla de 45 disminuye el poder discriminante de la mayoría de estas variables. Ello se refleja muy bien en el test One-Way de las dos mallas. El caso más curioso es el de la variable PEND que como se observa en los test T-Test la media de la población inestable pasa de los 28° para la malla de 15 a los 23° para la de 45, acercándose mucho a la media de la población estable. Ello se traduce en un poder discriminante muy bajo si comparamos los valores F de los análisis One-Way. Si se piensa en el algoritmo para obtener la pendiente a partir del MDE, se puede entender que los cálculos para una ventana de análisis de 3 * 3 celdas darán pendientes más bajas o suavizadas a medida que aumente el tamaño de celda.

Comparando el resto de variables derivadas se observa que la única que mantiene un poder discriminante similar es la elevación (MDE). El resto de variables reflejan una

significancia menor para discriminar las dos poblaciones, en la malla de 45, exceptuando las variables relacionadas con la convexidad/concavidad de la ladera (CURVA, PERFIL y PLA), que incluso aumentan el poder discriminante en el caso de CURVAR y PERFIL.

Los valores bajos de la F del test One-Way indican, como en la zona del Bajo Deba, que la unidad de terreno utilizada (celda de 45 * 45 m) no es la más adecuada con las variables derivadas utilizadas, para que éstas pueden discriminar bien las dos poblaciones. En el caso de la Población, no obstante, la malla de 45 no es adecuada por ser un tamaño de celda demasiado grande respecto a las dimensiones de los deslizamientos, contrariamente a lo que sucede en el Bajo Deba.

La función discriminante obtenida en la malla de 45 así lo demuestra, si se compara con la de 15. En la de 45 se han introducido dos variables respecto a la de 15, con unos controles estadísticos que indican que la función no separa tan bien entre las dos poblaciones. El acierto en la clasificación también ha disminuido reduciéndose el acierto de las celdas estables en un 5.5 % y el de las inestables en un 3.4 %. Las variables son prácticamente las mismas, o explican casi lo mismo, excepto VEGET que se ha excluido de la función de 45 y la orientación y la rugosidad que se han incluido en la función. Aunque la curvatura de la ladera y la cuenca quedan reflejadas en las dos funciones, lo hacen con variables distintas. En la malla de 15 son las variables LONG y PLA las introducidas en la función, mientras que en la de 45 son ACUENCA, AFS y CURVAR. En la función de la malla de 45 se ha utilizado la pendiente senoidal, que presenta el peso discriminante mayor, siendo la variable area de la cuenca la segunda variable con mayor peso discriminante, por delante de GROSOR que en la función de 15 tiene el segundo mayor coeficiente estandarizado.

Comparando las validaciones se observan resultados similares para las dos funciones de las dos mallas. Pese a ello en la malla de 45 los tres niveles de susceptibilidad baja tienen un índice 0 y el nivel de susceptibilidad bastante alta tiene un índice de 77, concentrando la mayor parte de los deslizamientos utilizados para validar. Esto, a nuestro entender es mejor que los resultados de la validación de la malla de 15. Con todo, el nivel de susceptibilidad más elevada de las dos mallas tiene índice 0, pero el área ocupada por este nivel ha aumentado de 0.02 % en la malla de 15 a 0.34 % del área total (que es la misma en las dos mallas) en la de 45, siendo esto un factor en contra de la malla de 45.

Comparación de los resultados de Vallcebre

Los histogramas de frecuencia con la curva normal de todas las variables en las dos mallas utilizadas (15 y 45) son bastante similares, con excepción de la variable PEND y CURVAR. La primera presenta una distribución bimodal, no muy marcada, en la malla de 45 que no queda reflejada en la de 15. La variable CURVAR presenta una distribución cercana a la normal, pero con un mayor número de casos con valor negativo, que representan celdas cóncavas. Los resultados del test K-S son similares en las dos mallas. Las transformaciones realizadas en las variables ACUENCA, LONG, AFS y LFS dan resultados del test K-S mejores para la malla de 15.

La matriz de correlaciones muestra dependencias semejantes en las dos mallas. Por otro lado, el análisis factorial de componente principales muestra diferencias entre las dos mallas. Así, mientras las comunalidades de las variables son parecidas, exceptuando la variable MDE con una varianza que se ha reducido del 92 al 12 % en la malla de 45, no lo son el número de factores resultantes del análisis. En la malla de 15 resultaron 6 factores con

un 85 % de la varianza acumulada, mientras que en la malla de 45 son 5 los factores resultantes con un 79 % de la varianza total acumulada. Los 5 primeros factores de la malla de 15 son los mismos, con pesos muy similares de las variables que los componen, que los factores resultantes de la malla de 45. La diferencia se encuentra en el sexto factor de la malla de 15 constituido exclusivamente por la variable MDE, variable que en la malla de 45 tiene una comunalidad muy baja, como ya se ha comentado previamente, no pudiendo constituir por sí sola un factor.

La relación de las variables con la estabilidad, expresada por los test T-test y One-Way refleja resultados similares en las dos mallas con algunas diferencias o tendencias interesantes. Las variables relacionadas con la pendiente (PEND, PENDS y PENDM) tienen valores inferiores de F en el test One-Way debido a que se reducen las medias de las dos poblaciones, seguramente por el efecto suavizador del relieve de la malla de 45, respecto a la de 15. Asimismo, las variables relacionadas con la curvatura de la ladera (CURVAR, PERFIL y PLA) aumentan su poder discriminante como muestra el test One-Way en la malla de 45. Los algoritmos para derivar las curvaturas tienen en cuenta el tamaño de las celdas, o lo que es lo mismo, las distancias entre puntos medios de las celdas. En la malla de 15 esta distancia es inferior que en la de 45 diferenciando los resultados de los test de las dos mallas. Al aumentar el tamaño de malla se acentúan las diferencias entre las medias de las dos poblaciones (estables e inestables). La variable rugosidad (RUGOS), aumenta también su poder discriminante en la malla de 45 respecto a la de 15, debido a la disminución de los valores de la pendiente, modelo que se utiliza para derivar el modelo de rugosidad.

Las funciones discriminantes seleccionadas en las dos mallas son distintas, no sólo en el número de variables incluidas en la función, sino también en los resultados de los aciertos y los controles estadísticos. Estos dos últimos aspectos han empeorado en la malla de 45 respecto a la de 15. El acierto de celdas estables ha disminuido muy poco, no curriendo lo mismo con las celdas con roturas donde el acierto se ha reducido en un 7% en la malla de 45. En esta malla la función está constituida por 6 variables de las cuales 5 (PENDS, ORIENT, MDE, FMS y VEGET) componen también la función en la malla de 15, formada por 9 variables. En las dos funciones la variable PENDS es la que presenta un mayor poder discriminante, mientras que la curvatura longitudinal a la pendiente (PERFIL) es la segunda variable con mayor peso en la malla de 45, siendo la longitud de cuenca de la formación superficial (LFS) la segunda en la malla de 15. Las variables relacionadas con la cuenca (LFS, PENDM y LONG) que constituyen la función en la malla de 15 no están presentes en la de 45.

En la zona de Vallcebre los resultados de la validación de las funciones discriminantes seleccionadas son mejores en el caso de la malla de 15. En la malla de 45, a pesar del comportamiento ascendente del índice de densidad relativa hacia los niveles de susceptibilidad más altos, el índice presenta un valor de 1.5 en el segundo nivel (susceptibilidad bastante baja), debido a la existencia de un movimiento, mientras que el nivel de susceptibilidad más alta el índice es 0. Este nivel representa el 0.046 % del área en la malla de 45, aumentando hasta el 0.1 % del área total (área que es la misma en las dos mallas) en la malla de 15, donde se ha encontrado un deslizamiento.

Conclusiones de la comparación

Si nos atendemos exclusivamente a la calidad de las funciones discriminantes resultantes en las dos zonas y con las dos mallas, así como a la validación de estas funciones, parece más acertado el uso de la malla de 15 para el tipo de deslizamientos estudiados. En

general, el comportamiento de las variables en el conjunto del análisis estadístico es bastante similar, lo que implica que no hay una gran diferencia entre el uso de un tamaño de malla y otro. Pese a ello, existen algunas diferencias en ciertas variables que cabe comentar.

La pendiente (PEND, PENS y en menor grado PENDM) es una variable de reconocido poder discriminante, que puede llegar a perder parte de este poder al aumentar el tamaño de celda. Ello es debido a que se obtiene de una media realizada sobre una ventana de $3 * 3$ celdas a partir de los valores de la elevación. Al aumentar el tamaño de celda se reduce el rango de valores de la pendiente, debido a un efecto de suavizado del modelo causado por este aumento. Esto, no obstante, depende de los valores de elevación que tengan las celdas del modelo. Al reducirse el rango de pendientes, también se puede reducir la distancia entre las medias de las poblaciones estable e inestable, resultando en valores discriminantes más bajos de los análisis T-test y One-Way para la malla de 45.

Una situación inversa ocurre con alguna de las variables relacionadas con la curvatura de la ladera (PERFIL y en algún caso CURVAR). En este caso el aumento de tamaño de celda favorece el poder discriminante de estas variables para separar las dos poblaciones.

El uso de la malla de 15 permite utilizar una unidad de terreno más cercana, en cuanto a dimensión se refiere, al fenómeno que se está estudiando. Una malla de $15 * 15$ m de tamaño representa 225 m^2 de terreno, que incluso siendo una superficie mucho mayor que la mayor parte de las zonas de rotura de los movimientos inventariados, se acerca más a la realidad que el usar una malla de 45, representando cada celda una superficie de 2025 m^2 . Aunque la mayor parte de los resultados de los análisis son similares en los dos tamaños de malla, es el caso del test de normalidad y del análisis Factorial, no ocurre lo mismo en el análisis de la relación entre las variables y la estabilidad (T-test y One-Way). La variación del tamaño de la celda influye en los valores de las variables derivadas, modificando su relación con la estabilidad. Ello provoca, en términos generales, la disminución del poder discriminante en variables que influyen de manera significativa en la estabilidad como son la pendiente de la ladera y, en menor grado, la pendiente media de la cuenca. A su vez, esto provoca la disminución de los aciertos de las celdas con roturas en las funciones discriminantes de la malla de 45, junto con la reducción de la calidad de las funciones discriminantes para separar entre las dos poblaciones.

En resumen, pese a no existir grandes diferencias en los resultados del uso de las dos mallas, es más acertado utilizar la malla de 15 que se acerca más al tamaño de los deslizamientos que se estudian en esta memoria.

3.5. CONCLUSIONES

La aplicación del método presentado en el presente capítulo para el análisis de la susceptibilidad de laderas a roturas superficiales y los resultados obtenidos permiten sintetizar lo expuesto hasta aquí, en una serie de conclusiones. Éstas se presentan en cuatro grupos, atendiendo por un lado al método presentado, por otro a los resultados del análisis estadístico, a los análisis de sensibilidad y, finalmente, al tamaño de la celda utilizada.

El método utilizado (análisis de la susceptibilidad a roturas superficiales mediante análisis discriminante en un SIG a partir de la captura automática de la mayor parte de las variables utilizadas, derivándolas de un MDE) permite enumerar una serie de conclusiones separadas en ventajas e inconvenientes del mismo. Las ventajas del método son:

- 1) La captura automática de la mayor parte de los factores relacionados con la estabilidad de laderas a deslizamientos superficiales y la rapidez de este procedimiento frente al procedimiento manual de recogida de datos en el campo.
- 2) La utilización e idoneidad de las variables utilizadas para el análisis de los deslizamientos superficiales es acertada y fruto de la experiencia y el conocimiento previo de los parámetros que influyen en la estabilidad de las laderas. Cuando algún parámetro como el nivel del agua subterránea no es de obtención directa ni fácil, se intenta expresar el mismo mediante parámetros relacionados como el área, la longitud o la pendiente media de la cuenca.
- 3) La objetividad y la reproducibilidad de los resultados.
- 4) La regionalización del método.
- 5) Los resultados de la función discriminante son consistentes. En los niveles bajos de susceptibilidad no se encuentran deslizamientos, localizándose éstos en los niveles altos.
- 6) El índice de densidad relativa utilizado permite conocer la bondad de la predicción realizada con los resultados del análisis estadístico y el mapa de susceptibilidad realizado.

Por otra parte los inconvenientes del método son:

- 1) La dependencia de unos buenos resultados a la disponibilidad de un MDE con una adecuada resolución al fenómeno a estudiar, esto es, al tamaño de la zona de rotura de los deslizamientos.
- 2) De la misma manera la precisión del MDE utilizado limita la precisión de las variables utilizadas, y en última instancia, de los resultados obtenidos.
- 3) Con las variables utilizadas en el presente trabajo (la mayoría derivadas del MDE) para el análisis discriminante se obtienen funciones discriminantes que no pueden separar completamente las dos poblaciones (celdas con y sin roturas). Los valores discriminantes de estas poblaciones se solapan. Ello es debido al uso de variables derivadas que presentan valores promedios en las celdas (el conocido efecto soporte en geostatística) a diferencia de los valores recogidos de forma manual en el campo, que son puntuales y con un rango de valores más amplio.

- 4) La estimación de la susceptibilidad del procedimiento utilizado, basada en la combinación lineal de varias variables de la función discriminante, conlleva la existencia de errores debidos a la asignación incorrecta de algunas celdas en niveles de susceptibilidad que no les corresponde. Ello es debido a valores extremos de alguna variable incluida en la función, que facilitan la inclusión de la celda en un nivel de susceptibilidad incorrecto.
- 5) La validez de los resultados obtenidos (mapa de susceptibilidad) está supeditada a la hipótesis de intensidad de lluvia distribuida de forma homogénea en todo el área. Es obvio que posteriores eventos de lluvias intensas no tienen por que comportarse de forma espacialmente homogénea. La falta de datos en este sentido (tanto de las intensas lluvias de 1982 para el caso de las áreas de la Población de Lillet y Vallcebre, como de la predicción espacial de otras lluvias) conduce al uso de la hipótesis citada para la estimación de la susceptibilidad a roturas superficiales.
- 6) El procedimiento presentado aquí no está exento de errores que se pueden producir a lo largo de todo el proceso (recogida de información, digitalización, efectos de la rasterización, categorización y/o ponderación incorrecta, etc) y que deben tenerse en cuenta.

Atendiendo a los resultados del análisis estadístico y a la relación de las variables con la estabilidad, se puede destacar lo siguiente:

- 1) La semejanza de las distribuciones de las variables así como de los resultados del Análisis Factorial, con independencia del área de estudio.
- 2) La relación de las variables con la estabilidad según los resultados del T-Test y el One-Way varían según el área y, por tanto, según el relieve y las dimensiones de los deslizamientos superficiales. A pesar de ello, las variables relativas a la pendiente (PEND, PENDS y PENDM) presentan junto con la variable GROSOR, en el caso de La Población de Lillet, las significancias estadísticas más elevadas para discriminar entre las dos poblaciones.
- 3) La importancia de las variables relativas a la pendiente de la ladera (sea la pendiente o su transformada, PEND o PENDS) en la discriminación de las dos poblaciones (con y sin roturas). Estas variables presentan siempre el coeficiente estandarizado mayor en todas las funciones discriminantes.
- 4) La mejora de los resultados utilizando la variable PENDS respecto a la PEND. La pendiente senoidal evita errores debidos a la combinación lineal de la función discriminante al utilizar la pendiente como variable con mayor coeficiente estandarizado. Según la función a mayor pendiente más susceptibilidad a la rotura superficial, lo cual no es cierto a partir de 45° . La PENDS emula el comportamiento de la pendiente de la ladera respecto a la estabilidad, permitiendo reducir el error comentado.
- 5) En todas las funciones, variando su poder discriminante según la zona de estudio y el tamaño de la celda utilizada, siempre aparecen las variables relativas a elevación, pendiente media de la cuenca, convexidad de la ladera, vegetación, longitud o área de la cuenca o de la zona ocupada por la formación superficial y el espesor o la presencia de esta formación.

- 6) La variable orientación aparece en algunas funciones discriminantes y, únicamente una función incorpora la variable rugosidad del terreno.
- 7) En cuanto a la relación de estas variables y la estabilidad de las laderas se puede resumir, para el caso de la Población de Lillet y Vallcebre, que pendientes medias de las laderas, grosores importantes de la formación superficial o presencia de ésta, y laderas orientadas hacia el sur favorecen la aparición de roturas de tipo superficial. Por otro lado perfiles convexos transversales a la ladera, altitudes elevadas y vegetación densa favorecen la estabilidad. Las variables relativas a la cuenca vertiente (área, longitud o pendiente media) varían su relación respecto a la estabilidad debido al diferente relieve en las dos zonas.

Los análisis de sensibilidad realizados demuestran:

- 1) La aparente escasa influencia de la ponderación de las variables categóricas en los resultados finales del análisis. Cuando se pondera acentuando la diferencia entre clases de una variable, ello puede influir en la relación entre ésta y la estabilidad, pero no en el conjunto final de la función discriminante ni del mapa de susceptibilidad final.
- 2) La notable influencia de la homogeneidad del área de estudio, en cuanto a susceptibilidad se refiere, en los resultados finales del análisis. Cuanto más heterogénea sea un área de estudio, mayores diferencias se obtendrán del análisis de todo el área comparando con los resultados de una parte mucho más homogénea de la zona. Si el área homogénea es más susceptible aumentará el área susceptible en el mapa final, mientras que a medida que se diferencian las características del área (aumentando la zona de estudio) disminuirá el área definida como susceptible en el mapa final.
- 3) La gran capacidad discriminante de algunas variables, normalmente no derivadas del MDE. Cuando no se dispone de alguna de estas variables la clasificación discriminante resultante puede reducirse entre un 5 y un 10%. Este es el caso de la variable espesor de la formación superficial en la zona de La Población de Lillet.

Por último, en referencia al tamaño de celda utilizado cabe destacar lo siguiente:

- 1) El tamaño de celda, comparando mallas de 15 * 15 m con mallas de 45 * 45 m no influye demasiado en los resultados del análisis de susceptibilidad en las dos áreas de estudio analizadas. Pese a no existir grandes diferencias en las dos mallas, es más acertado utilizar la menor, dado que se acerca más al tamaño de la zona de rotura de los deslizamientos estudiados.
- 2) El uso de cualquier otra unidad de terreno o de análisis como unidades de condición única, subcuencas y/o unidades principales de ladera y facetas no parece acertado para el método utilizado aquí y con el MDE disponible. Ello es debido a que cualquiera de estas unidades tendrá como tamaño mínimo la celda de la malla utilizada, siendo la mayor parte de las unidades mayores a una celda, alejándose entonces de las dimensiones del fenómeno que se estudia, y disminuyendo la relación de las variables utilizadas con la estabilidad.