FORO DE INUNDABILIDAD. PROVINCIA DE MÁLAGA

FACTORES DE INUNDABILIDAD EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

José Damián Ruiz Sinoga
sinoga@uma.es

IGS UMA
Instituto de Geomorfología y Suelos

TRIBUNA ABIERTA

Tres piezas para un rompecabezas de barro y agua

Son muchas las voces y los foros que en estos últimos dias se han alzado y alzan en nuestra ciudad teniendo como tema estelar el de las inundaciones, tanto en la capital como en la provincia. Técnicos, políticos y eruditos locales, entre otros, se han pronunciado en relación a tan importante evento.

Sirva mi reflexión como una modesta opinión entre las muchas que se han vertido en estas tan ajetreadas jornadas por las que atravesamos.

Es bien sabido que el hombre, desde los orígenes de la humanidad, ha ido luchando siempre por dominar el medio, al menos por obtener el máximo provecho del mismo. Hay veces que en sociedades tan avanzadas como la que nos ha tocado vivir pareciera como si toda esta labor secular estuviese ya concluida. Aparentemente, no existen barreras ni en tiempo ni en espacio, y accidentes físicos que en fechas recientes eran insalvables, hoy pasan desapercibidos ante nuestros ojos, considerándolos a veces como fenómenos normales que forman parte de lo cotidiano.

La falta de vegetación en laderas influye sobremanera en las inundaciones que sufre la ciudad. (Foto Salas)

Flecos por resolver

Sin embargo, precisamente cuando todo ese proceso de dominación parece haber concluido hace decenios cuando no siglos surgen circunstancias y fenómenos que demuestran que del mismo aún quedan flecos por resolver. Tal es el caso que nos ocupa.

En nuestra provincia, tras la construcción de las presas aguas arriba del Guadalhorce asi como del Limonero, parecia que se había alejado el peligro de las tan temidas inundaciones o riadas. De nuevo se ha vuelto a poner de manifiesto cómo evidentemente el problema no estaba resuelto o, al menos, no en la magnitud que se esperaba.

Unas precipitaciones mal repartidas durante el año pero intensas, una montaña que se precipita sobre el mar o sobre grandes hoyas, y unas laderas con fuertes pendientes las más de las ocasiones desprovistas de vegetación y, por consiguiente, con suelos fácilmente denudables, son las tres principales piezas que constituyen este caótico rompecabezas de barro y agua del que estamos siendo sujetos activos en este escenario de la Málaga de hoy día.

Una vez más, estos ingredientes conjugados han vuelto a hacer su aparición en la provincia, generando inundaciones, inutilizando empresas e industrias, desvelando en algunos casos las deficientes infraestructuras de las que nos servimos, y mostrando que un tema, el del control de la erosión, aún está por resolver. Y una vez más se han alzado las voces de técnicos y políticos que con la mejor de las voluntades han intentado remediar tales desmanes, que justo es decirlo, han sido indirectamente provocados por el hombre a través de una intensa etapa de deforestaciones y rupturas de los perfiles de equilibrio naturales.

Dragado y limpieza del río, encauzado del mismo, presas de contención aqui y allá y reforestaciones de ciertas márgenes, entre otras, han sido la rápida respuesta de expertos que, insisto, con la más abierta de las voluntades intentan dar solución a un problema que en el mejor de los casos —y confiemos que así sea— comienza a ser pasado y, sobre todo, considerando que la población malagueña está ávida de soluciones.

No obstante, ese pasado puede volverse a convertir en presente si se adoptan medidas de forma precipitada y sin el debido sosiego que todo técnico que se precie debe poseer a la hora de determinar soluciones.

Mi modesta experiencia como geógrafo y, sobre todo, mi participación en el proyecto Lucdeme (FAO) en la elaboración del plan de ordenación integral de la cuenca del río Adra (proyecto piloto) me inducen a realizar las siguientes reflexiones:

— ¿Se ha pensado que un dragado contribuiría a bajar el perfil de equilibrio del río y, consecuentemente, la irrupción de agua del mar en el valle bajo del mismo, incluso con riesgo de salinización de ciertos acuíferos?

— ¿Se ha considerado que el encauzamiento del río puede cortar la salida natural de diversos arroyos que, procedentes de sierras próximas a la desembocadura, pueden contribuir a anegar determinadas áreas de cultivos del valle bajo?

— ¿Se ha determinado que siempre hay que hacer una reforestación para controlar la erosión de suelos que es por ende la raíz del problema?

Rapidez y buen hacer

Son estas una serie de preguntas entre otras que me abocan a lo que denominaría una reflexión general sobre el tema. A veces no sólo bastan buenas voluntades, y dentro de mi reflexión éste puede ser un buen ejemplo. Insisto, la rapidez está reñida con el buen hacer en muchos casos.

No voy a entrar en la valoración de todas las opiniones vertidas al efecto, pero ¿se ha considerado que antes de llevarlas a cabo puede ser necesario un estudio de ordenación integral de la cuenca del río Guadalhorce, entre otros?

El mismo nos revelaría la evaluación de los distintos problemas que aquejan al área considerando a todos los elementos, tanto individualizados como en su conjunto, que han contribuido a lo que denominamos catástrofe natural.

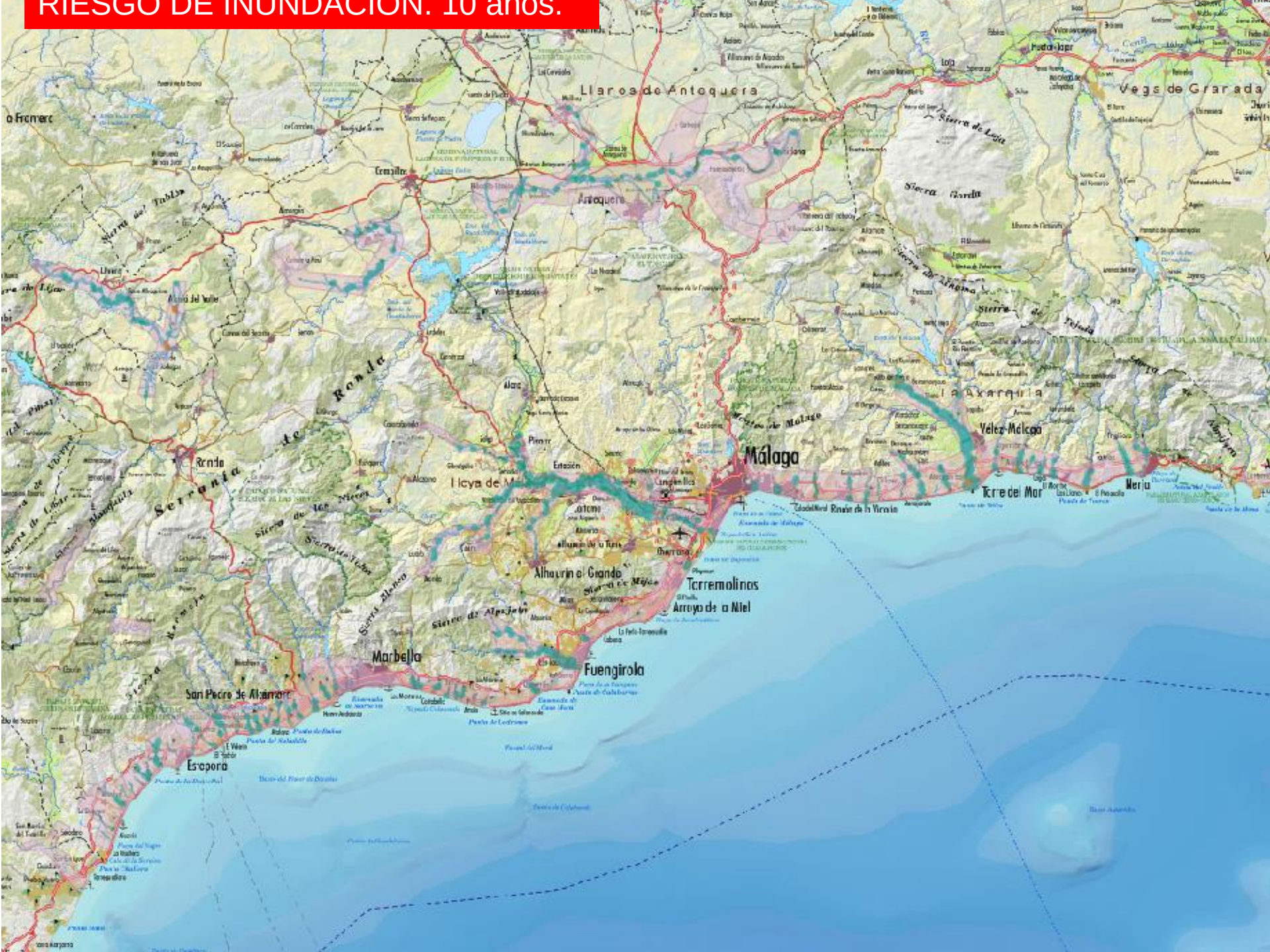
Evaluación de la erosión real, reducción de coeficientes de erosividad, evaluación de la agresividad de las precipitaciones, establecimiento de áreas potencialmente inundables, reordenación agrícola, estudios socioeconómicos sobre la viabilidad de determinados cultivos alternativos, potencialidades del área tanto agraria como demográfica..., son toda una serie de temas de los que debe constar ese plan de ordenación integral de la cuenca y que debe ser previo a la adopción de determinadas soluciones. Y este es un buen momento para empezar.

José-Damián Ruiz Sinoga
Profesor titular de Universidad, colaborador Proyecto Lucdeme

Evaluación de la erosión real, reducción de coeficientes de erosividad, evaluación de la agresividad de las precipitaciones, establecimiento de áreas potencialmente inundables, reordenación agrícola, estudios socioeconómicos sobre la viabilidad de determinados cultivos alternativos, potencialidades del área tanto agraria como demográfica..., son toda una serie de temas de los que debe constar ese plan de ordenación integral de la cuenca y que debe ser previo a la adopción de determinadas soluciones. Y este es un buen momento para empezar.

José-Damián Ruiz Sinoga
Profesor titular de Universidad, colaborador Proyecto Lucdeme

RIESGO DE INUNDACIÓN. 100 años.


RIESGO DE INUNDACIÓN: 10 años.
Llanos de Antequera
Vega de Granada
Sierra de Loja
Sierra Gorda
Sierra del Tablón
Antequera
Campillos
Sierra de Líbar
Sierra de Ronda
Ronda
Pizarra
Alora
Cártama
Málaga
Vélez-Málaga
La Axarquía
Torre del Mar
Torremolinos
Arroyo de la Miel
Alhaurín el Grande
Sierra de Mijas
Sierra Blanca
Sierra de Alpujata
Marbella
Fuengirola
San Pedro de Alcántara
Estepona

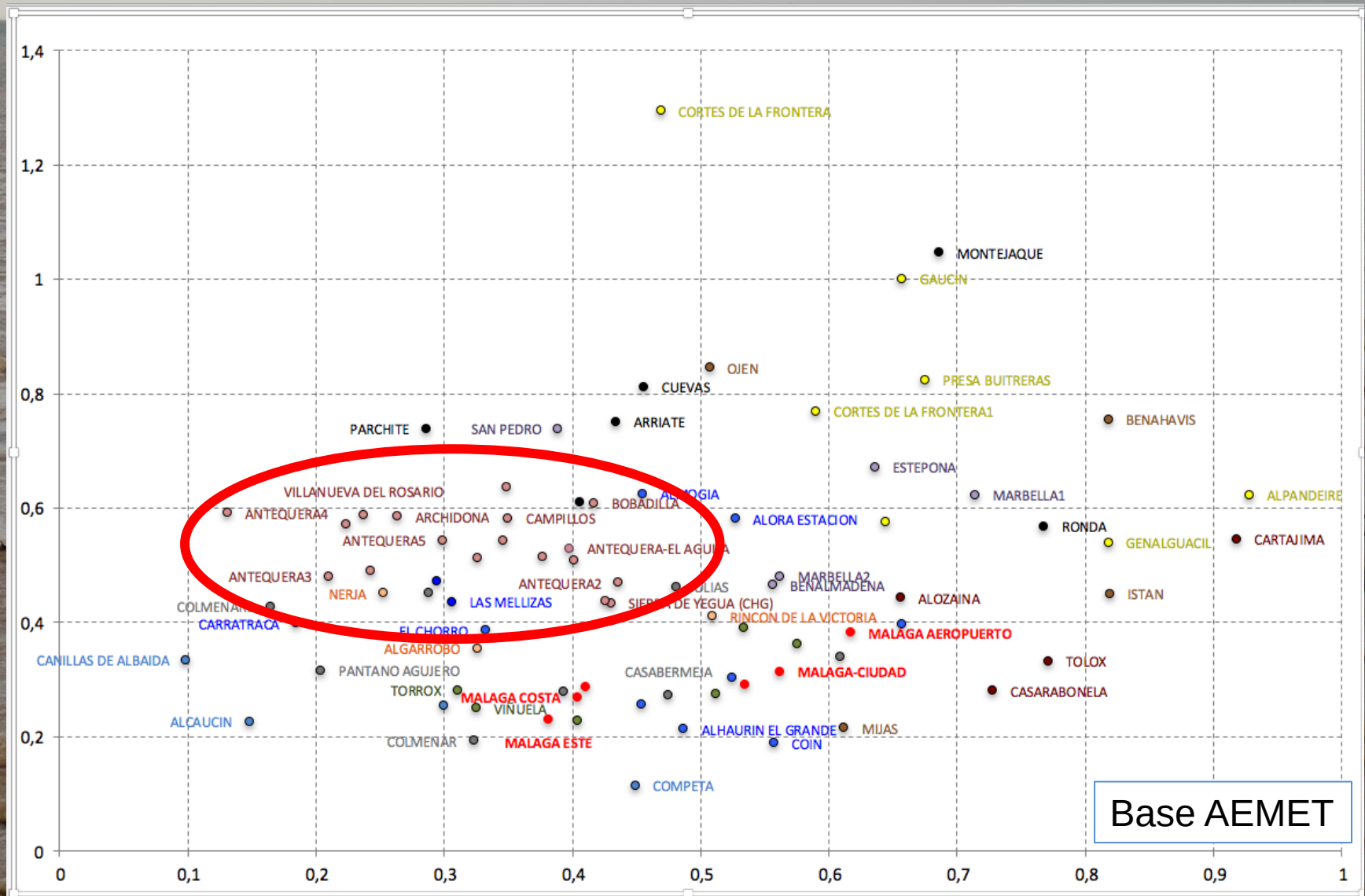
COMERCIAL PATRICIA

RH= RESPUESTA HIDROLÓGICA

IP= Intensidad de precipitación
R= Relieve-Litología
S-V= Complejo Suelo-Vegetación
H= Hidrografía
C-U= Configuración Urbana

INTENSIDAD
PRECIPITACION

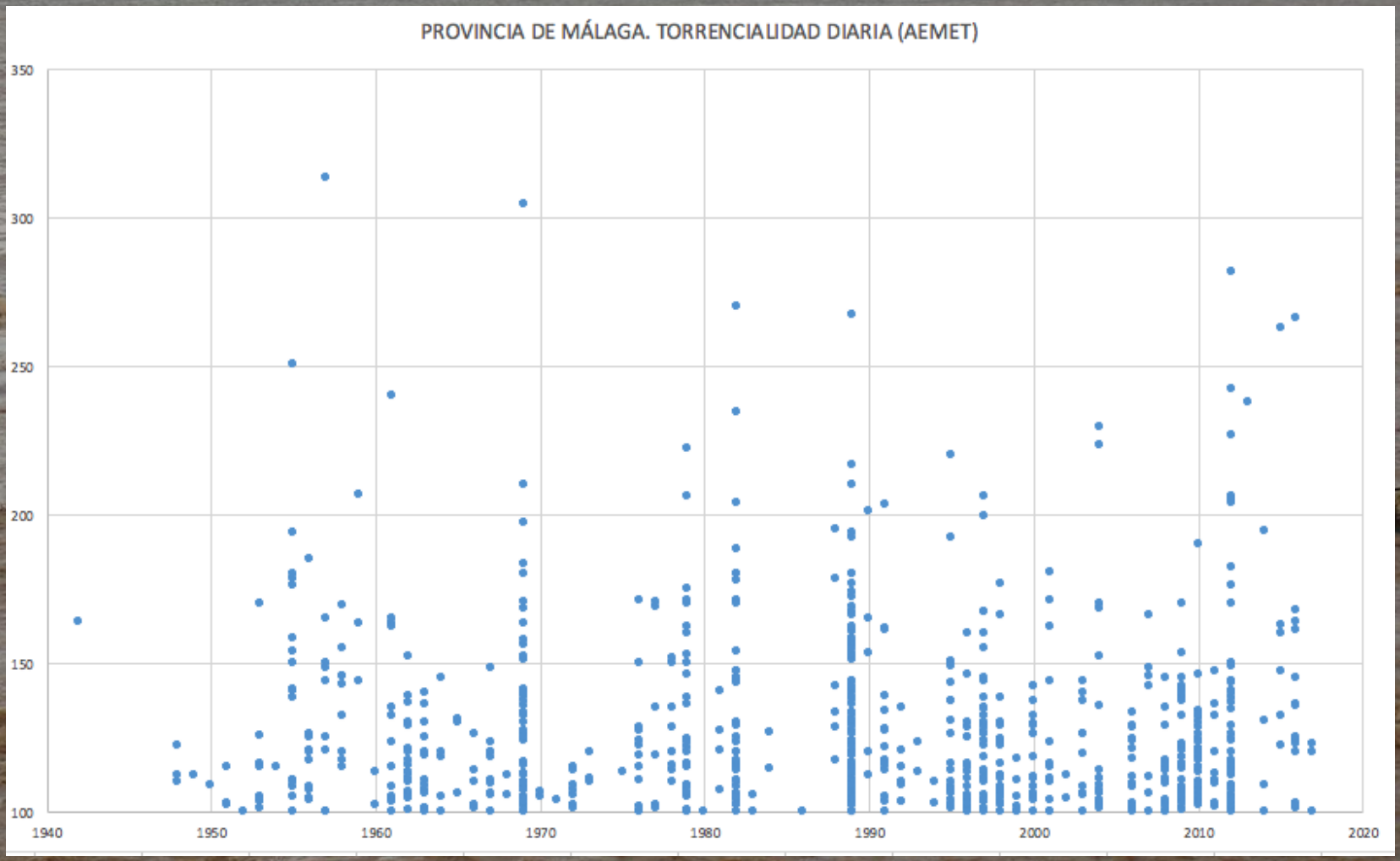
Cluster de observatorios por identidad pluviométrica.



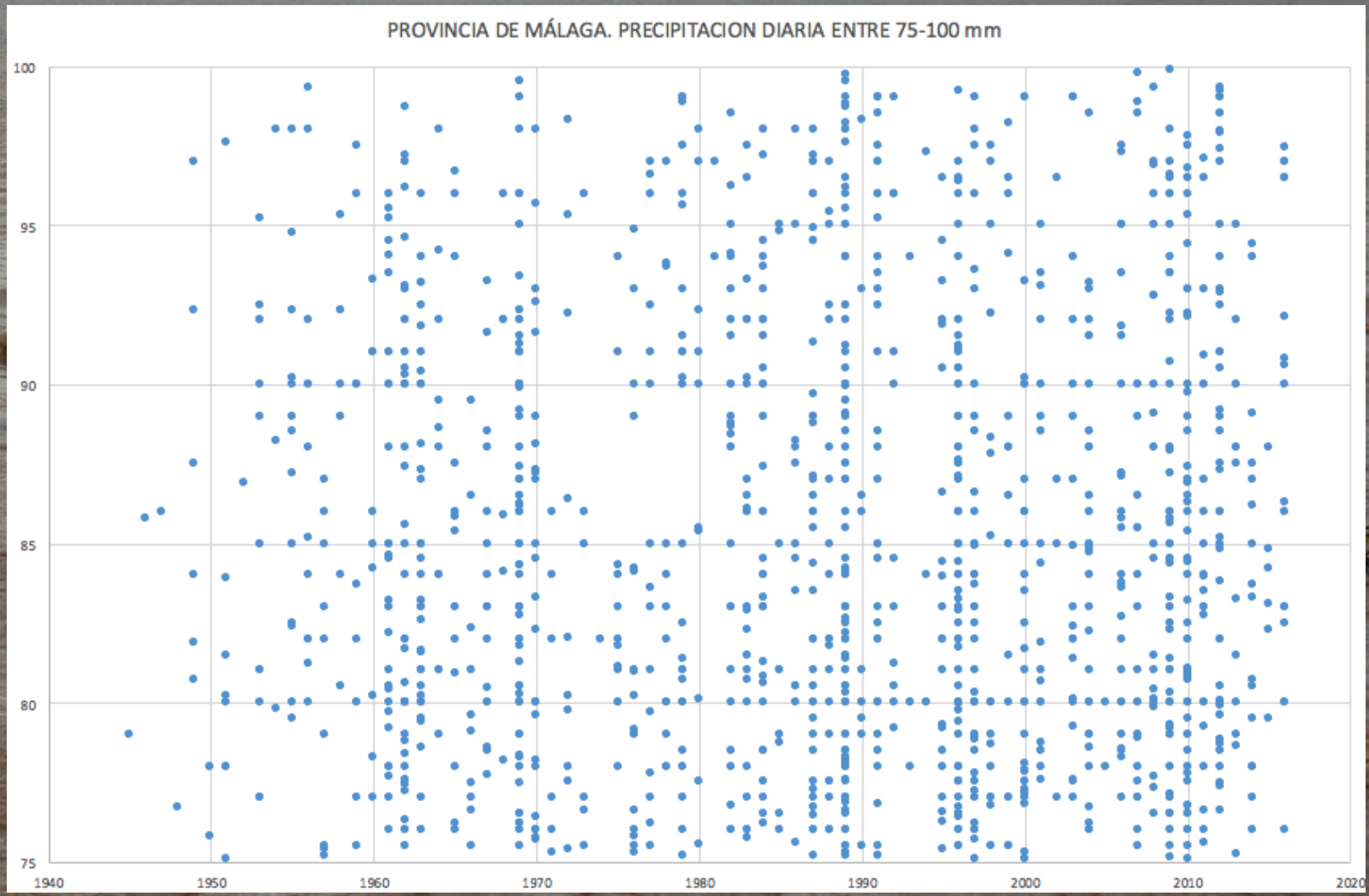
Procedencia de las precipitaciones en la Provincia de Málaga

Torrencialidad “oficial” y real.

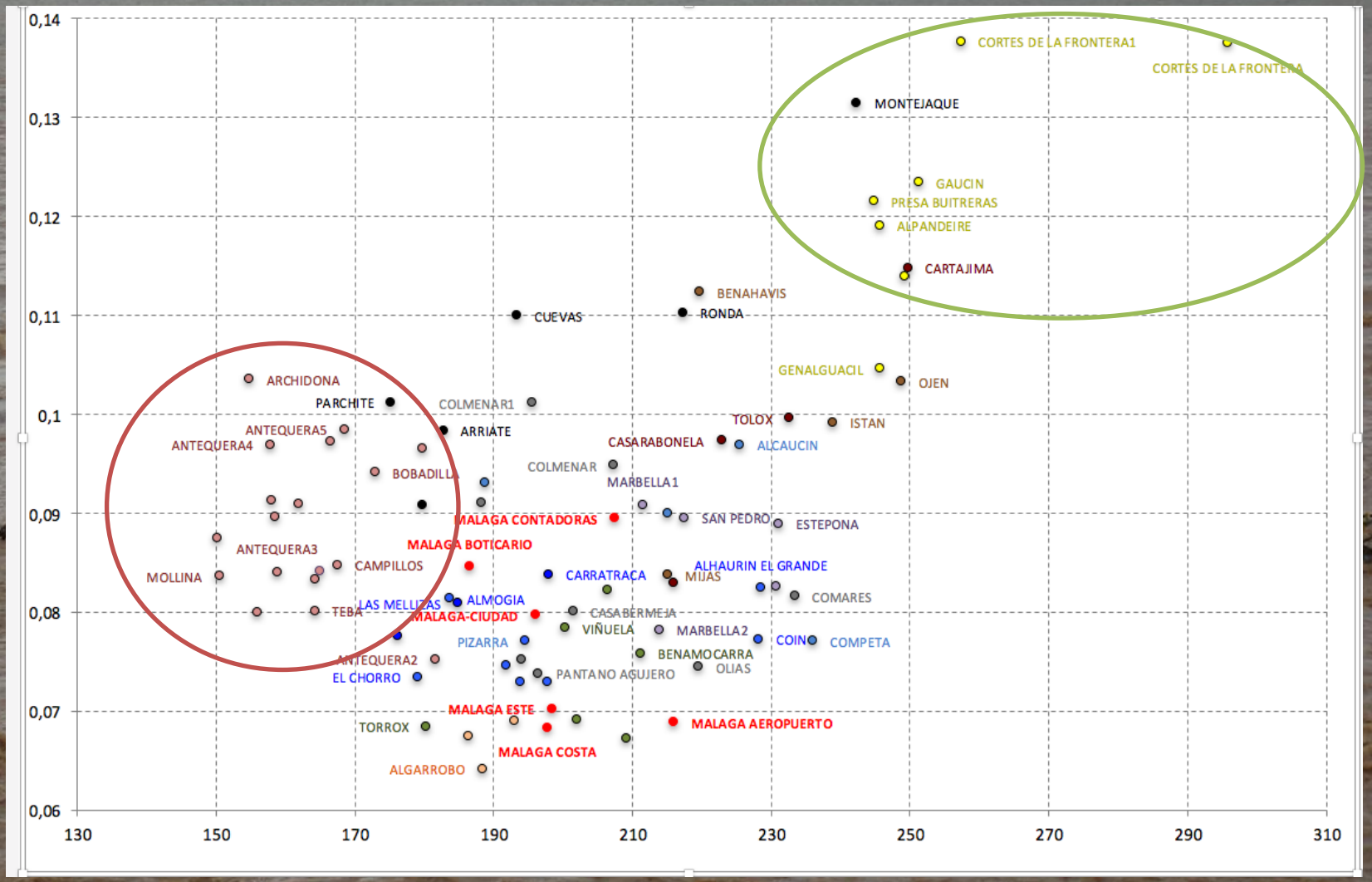
818 observaciones con p>100 mm (1940-2017) 64 días



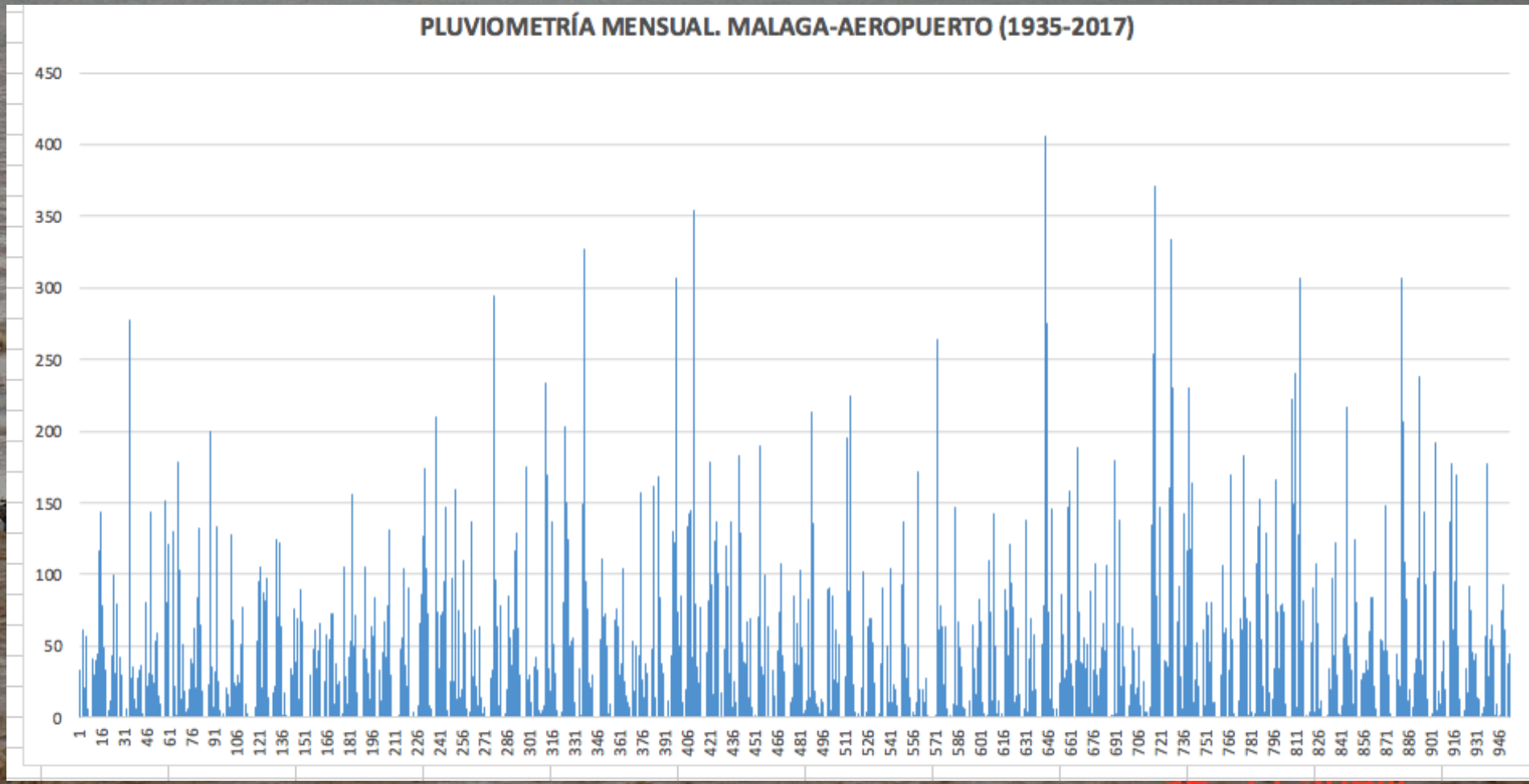
1427 observaciones con p>75<100 mm (1940-2017) 75 días.



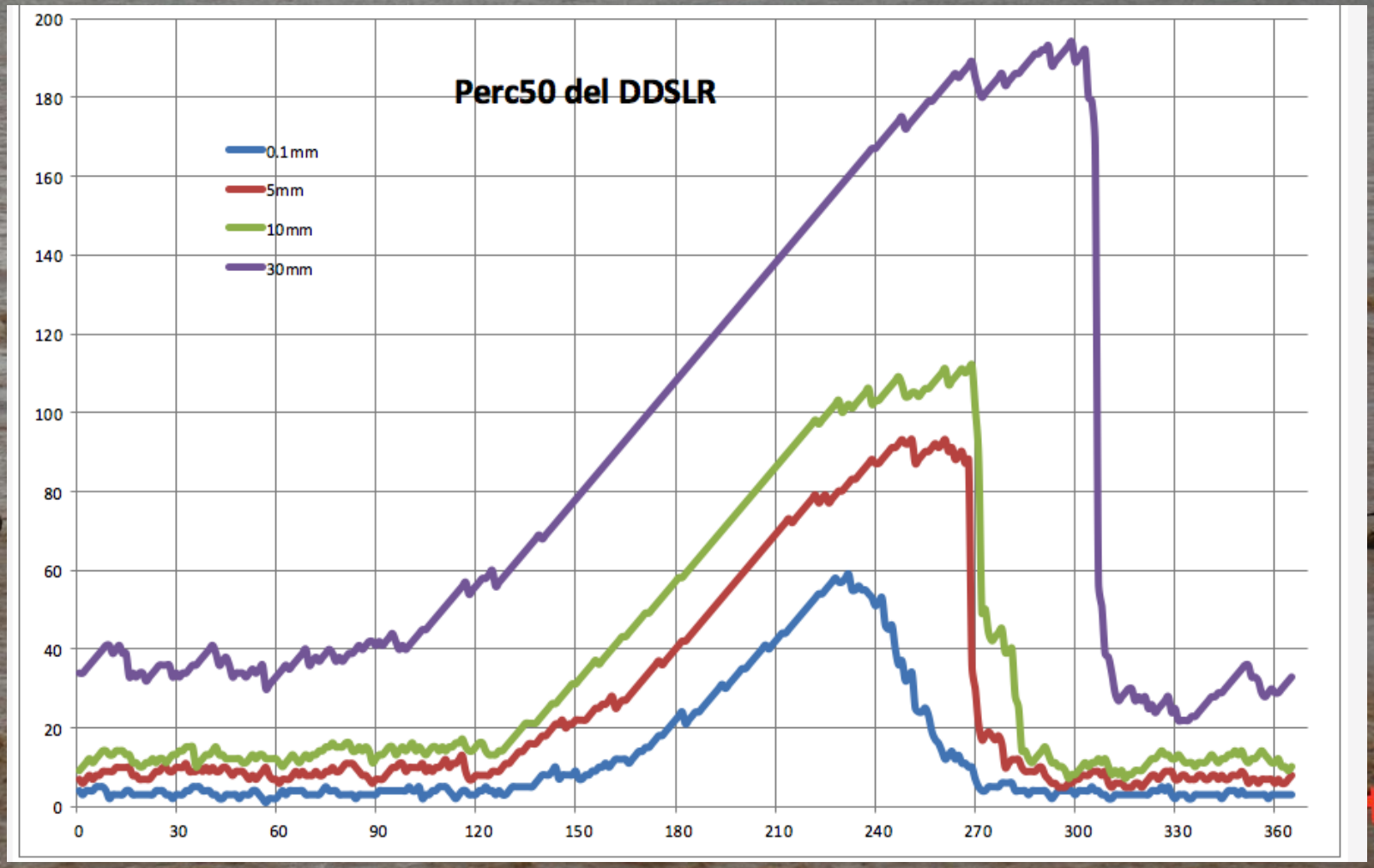
El cluster de torrencialidad ofrece ciertos agrupamientos.



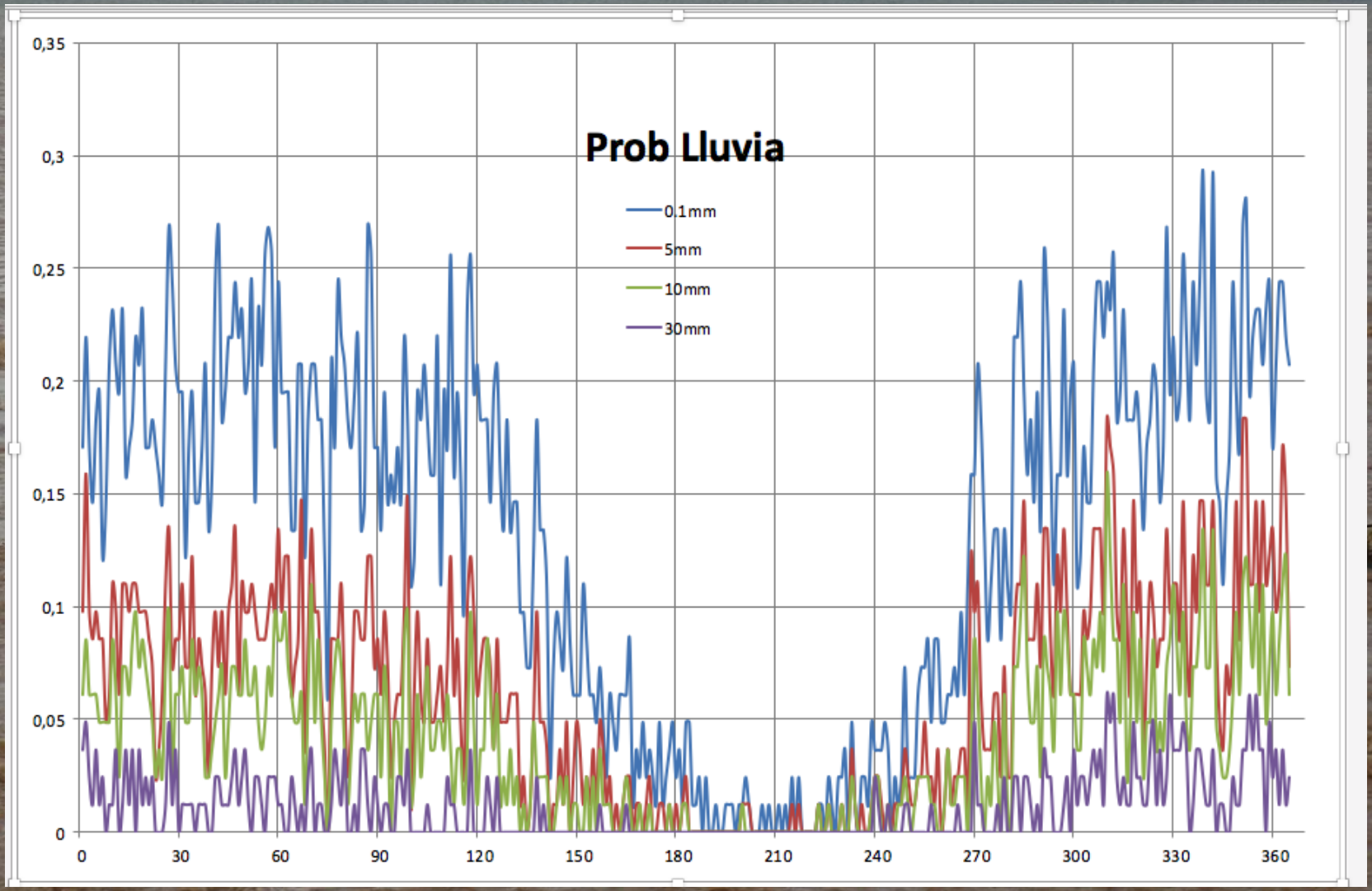
Variabilidad de la pluviometría mensual. Observatorio aeropuerto

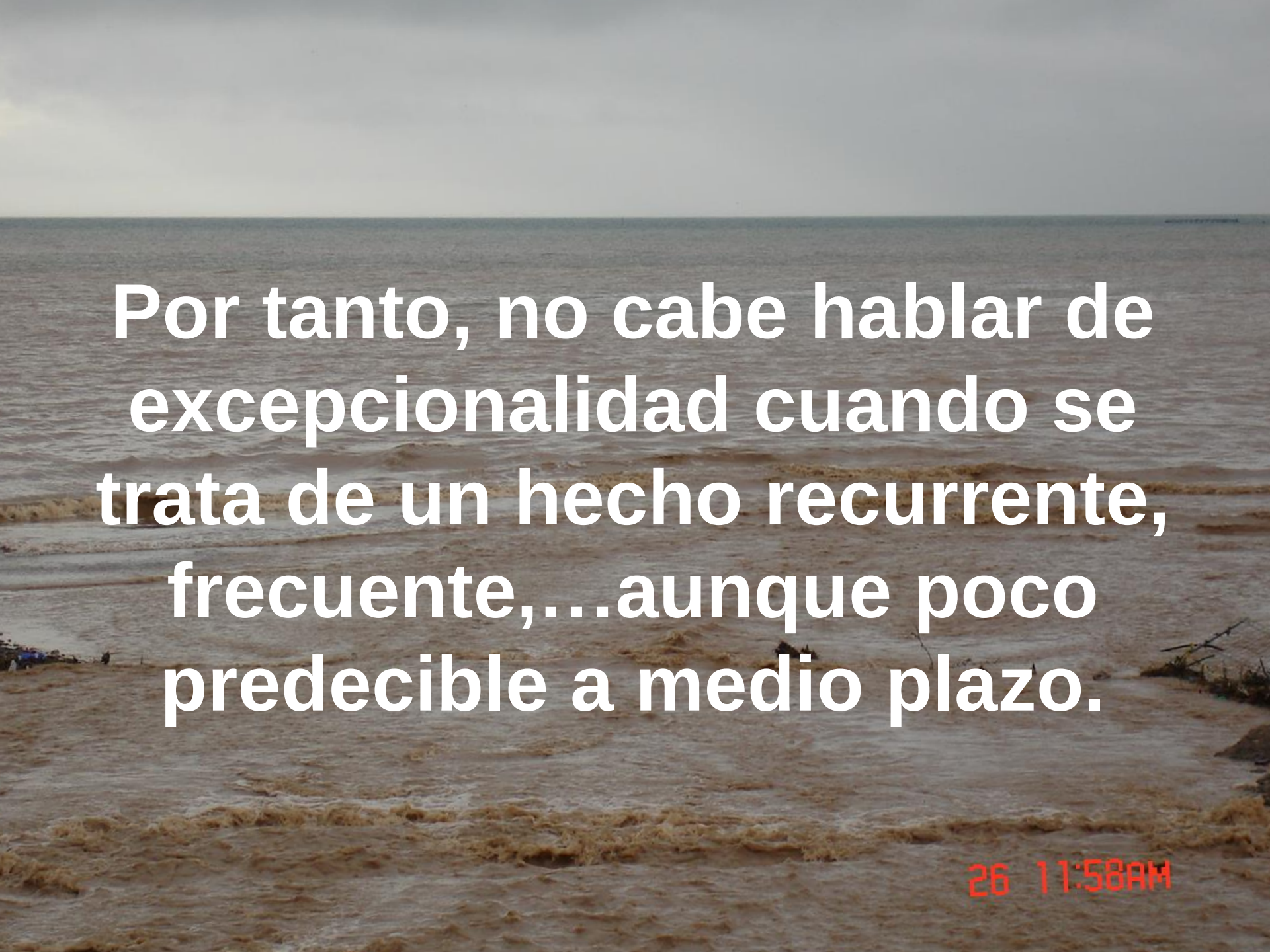


Es la precipitación de otoño, la que unas peores consecuencias genera…



…pero la probabilidad de lluvia agresiva es constante salvo en verano




Por tanto, no cabe hablar de excepcionalidad cuando se trata de un hecho recurrente, frecuente,…aunque poco predecible a medio plazo.
26 11:58AM

Sin embargo, son **los aguaceros**, los que generan unas peores consecuencias…

El sistema hidrológico, del que forma parte el suelo y la vegetación, es incapaz de gestionar tal carga hidráulica.

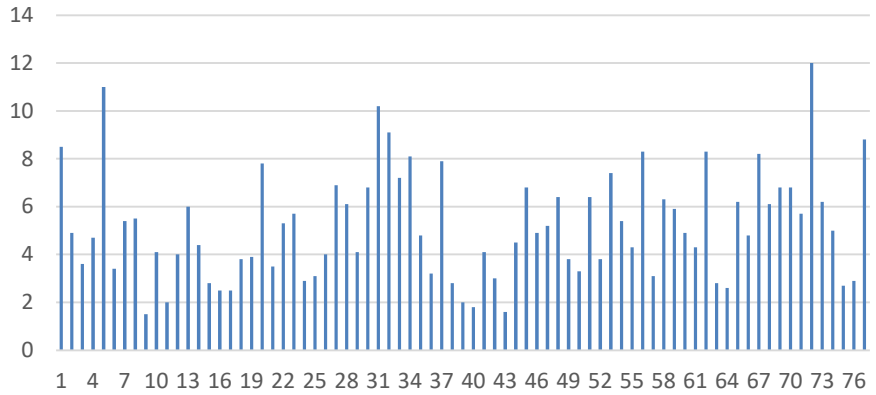
Red SAIH

Obs	dia	mes	año	horaini	horafin	Total	Max	Promedio	Aportacion
Guadiaro	3	2	2007	9:30	12:05	123,5	8,3	3,98	15,923%
Malaga-of	19	2	2017	3:00	4:55	121,4	12,5	5,28	84,599%
Sierra Mijas	4	12	2016	6:30	7:25	107,5	14,6	9,77	29,861%
Guadiaro	3	2	2007	9:15	11:15	99,4	7,2	4,14	12,966%
Pujerra	26	1	2000	13:40	17:20	94,3	3,5	2,14	7,660%
Guadiaro	27	9	1997	7:35	8:50	91,0	10,5	6,07	9,385%
El Torcal	28	9	2012	4:25	6:00	89,4	8	4,71	13,337%
Jubrique	28	9	2012	0:50	2:30	87,7	9,8	4,39	11,549%
Coin	15	4	2010	10:30	12:40	79,6	6,5	3,06	6,562%
Ojen	19	2	2001	5:00	6:55	78,7	6,7	3,42	9,322%

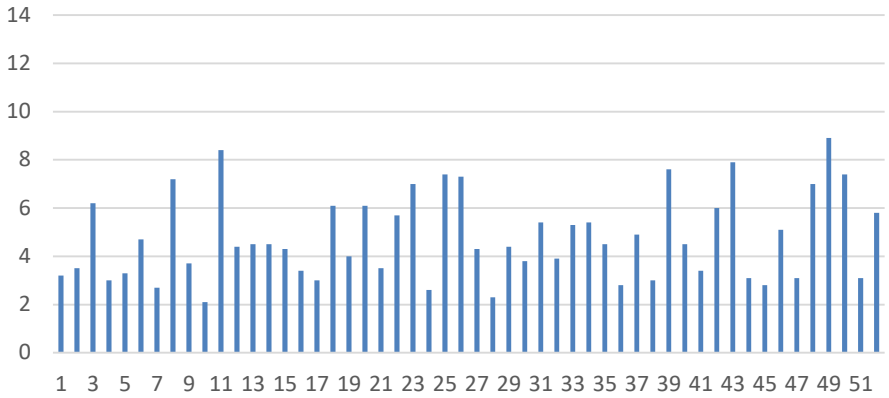
…y dentro de los aguaceros, los picos intensos y de corta duración. (precipitaciones geomorfológicas)

Obs	dia	mes	años	horaini	horafin	Total	Max (5 min)	Promedio	Aportacion
EL ATABAL	17	11	2012	10:15	10:50	52,6	19,7	7,51	10,457%
BENAMARGOSA	17	11	2012	11:10	12:00	55,1	18,2	5,51	9,510%
GUADARRANQUE	21	9	2007	4:20	4:45	45,9	17,9	9,18	6,005%
PUJERRA	3	2	1994	18:00	18:05	15,9	15,9	15,90	3,581%
PUJERRA	28	9	2012	1:15	1:45	30,3	15,3	5,05	4,168%
LIMONERO	25	2	2004	0:30	0:55	23,4	15,1	4,68	4,212%
GUADARRANQUE	5	12	2016	0:25	1:45	72,7	14,8	4,54	19,793%
LIMONERO	16	2	1994	1:40	2:10	29,0	14,8	4,83	11,417%
MIJAS	4	12	2016	6:30	7:25	107,5	14,6	9,77	29,861%
CHARCO REDONDO	21	9	2007	4:05	4:30	36,5	14,6	7,30	5,002%

MARBELLA. INTENSIDAD CINCOMINUTAL. 1993-2017

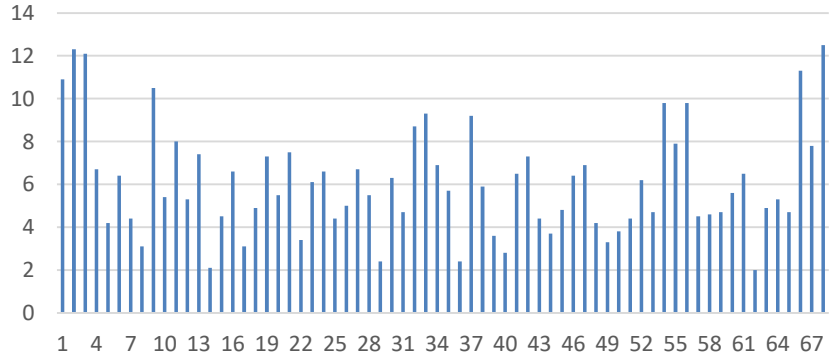


VIÑUELA. INTENSIDAD CINCOMINUTAL. 1993-2017

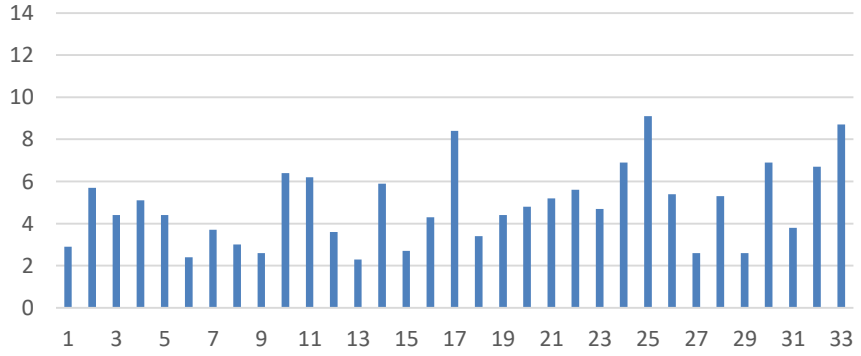


Aguaceros muy intensos y de corta duración, bloquean el suelo generando unas extraordinarias escorrentías superficiales.

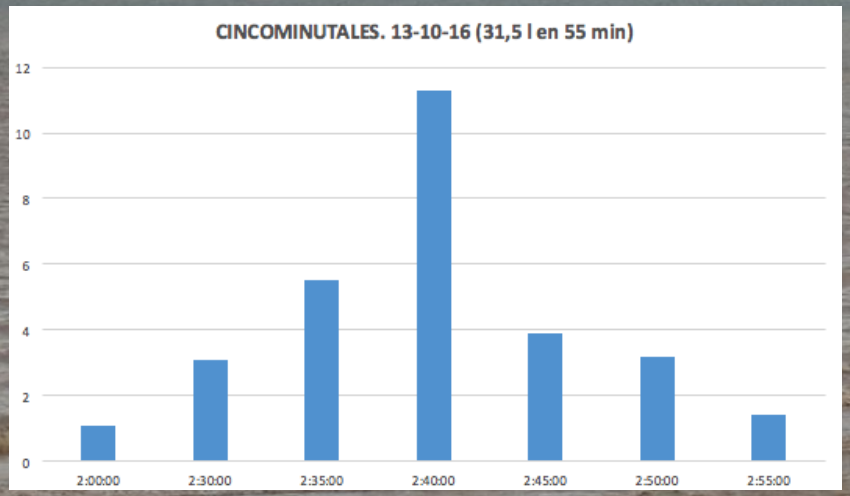
MÁLAGA. INTENSIDAD CINCOMINUTAL. 1993-2017

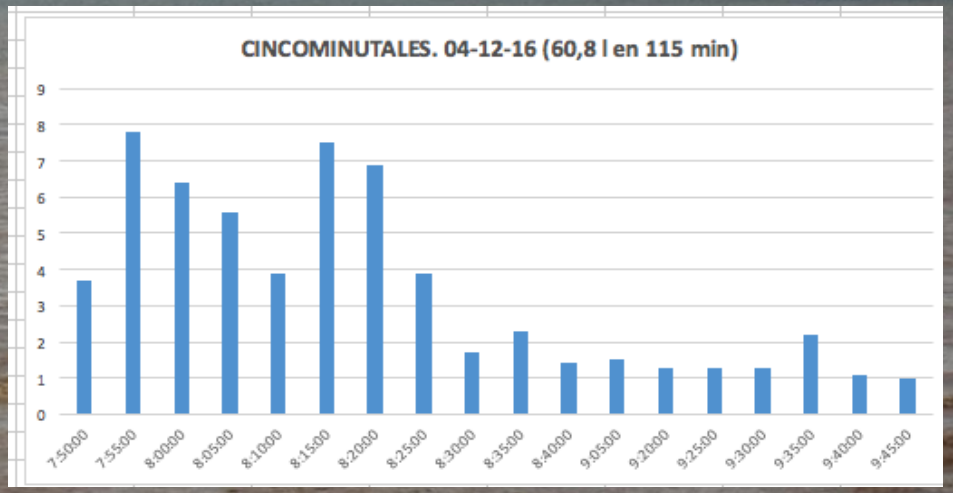


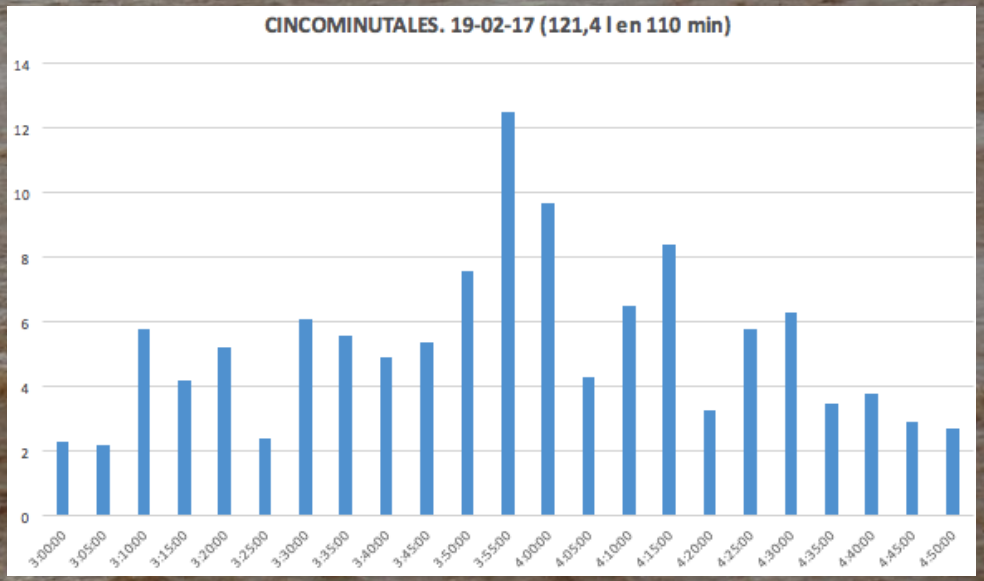
ALJAIMA. INTENSIDAD CINCOMINUTAL. 1993-2017



AÑO HIDROLÓGICO 2016/17. (Málaga)







26 11:58AM

CONCLUSION1:

1.- La torrencialidad es frecuente en la dinámica pluviométrica de la provincia de Málaga.

2.- No es especifica de ninguna zona concreta de la provincia, aunque obedece a un patrón meteorológico.

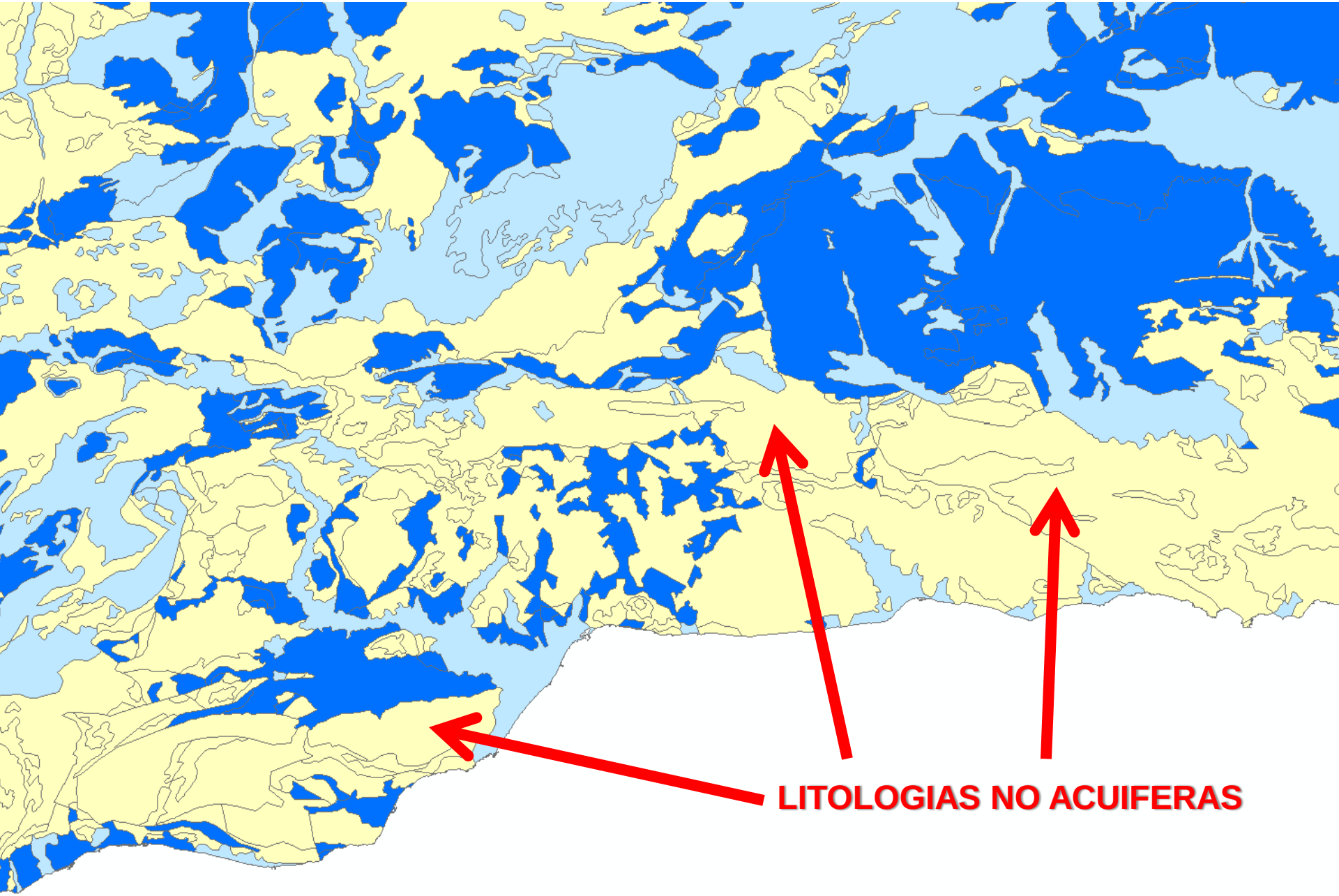
3.- Si bien la probabilidad de lluvia torrencial se extiende a todo el año, son los aguaceros tras el periodo seco, los que unas peores consecuencias pueden generar debido a procesos hidrofóbicos del suelo.

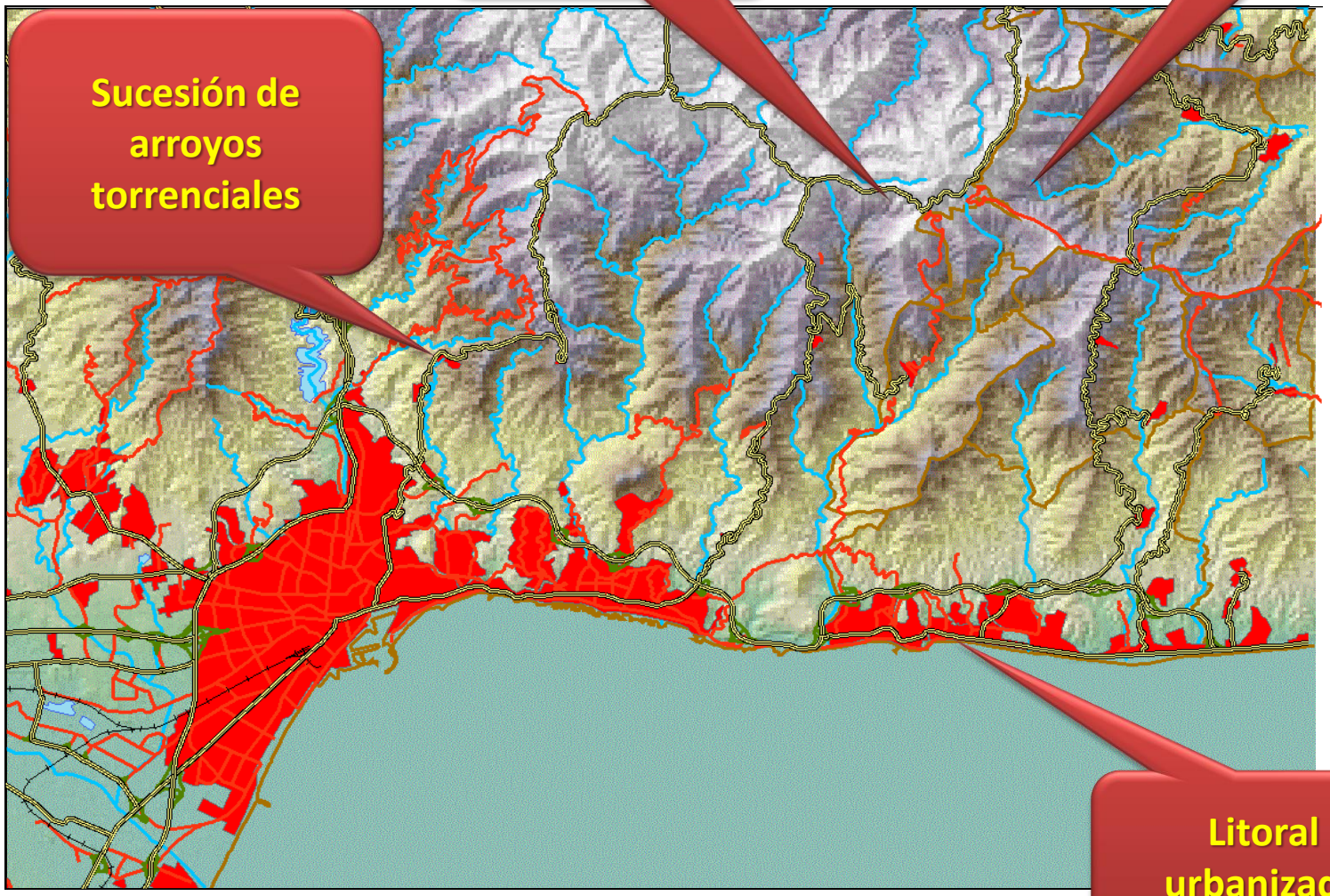
4.- No es necesario que se produzca un gran evento, para generar consecuencias extraordinarias/catastróficas, por lo que cabe prestar debida atención a las precipitaciones geomorfológicas, puesto que su capacidad de movilizacion de suelos puede ser muy elevada.

RELIEVE/LITOLOGÍA

La extraordinaria compartimentación del territorio,
lo convierte en un gran distribuidor de la red de drenaje

Sevilla
Granada
Cádiz
Archidona
Campillos
Río Guadalhorce
Antequera
Álora
Ronda
Río Burgo
Málaga
Torre del Mar
Río Grande
Torremolinos
Río Genal
Fuengirola
Benalmádena
Marbella
Calahonda
Río
Estepona
Signos convencionales
Autopista / Autovía
Carretera nacional
Río
Ferrocarril
Límite municipal
Láminas de agua superficiales
Superficies artificiales
Pendiente
Baja (< 15%)
Media (15 - 30%)
Alta (30 - 100%)
Muy alta o escarpes (> 100%)


LITOLOGIAS NO ACUIFERAS


Desniveles > 800m en pocos Km
Tc< 25 minutos
Sucesión de arroyos torrenciales
Litoral urbanizado

CONCLUSION2:

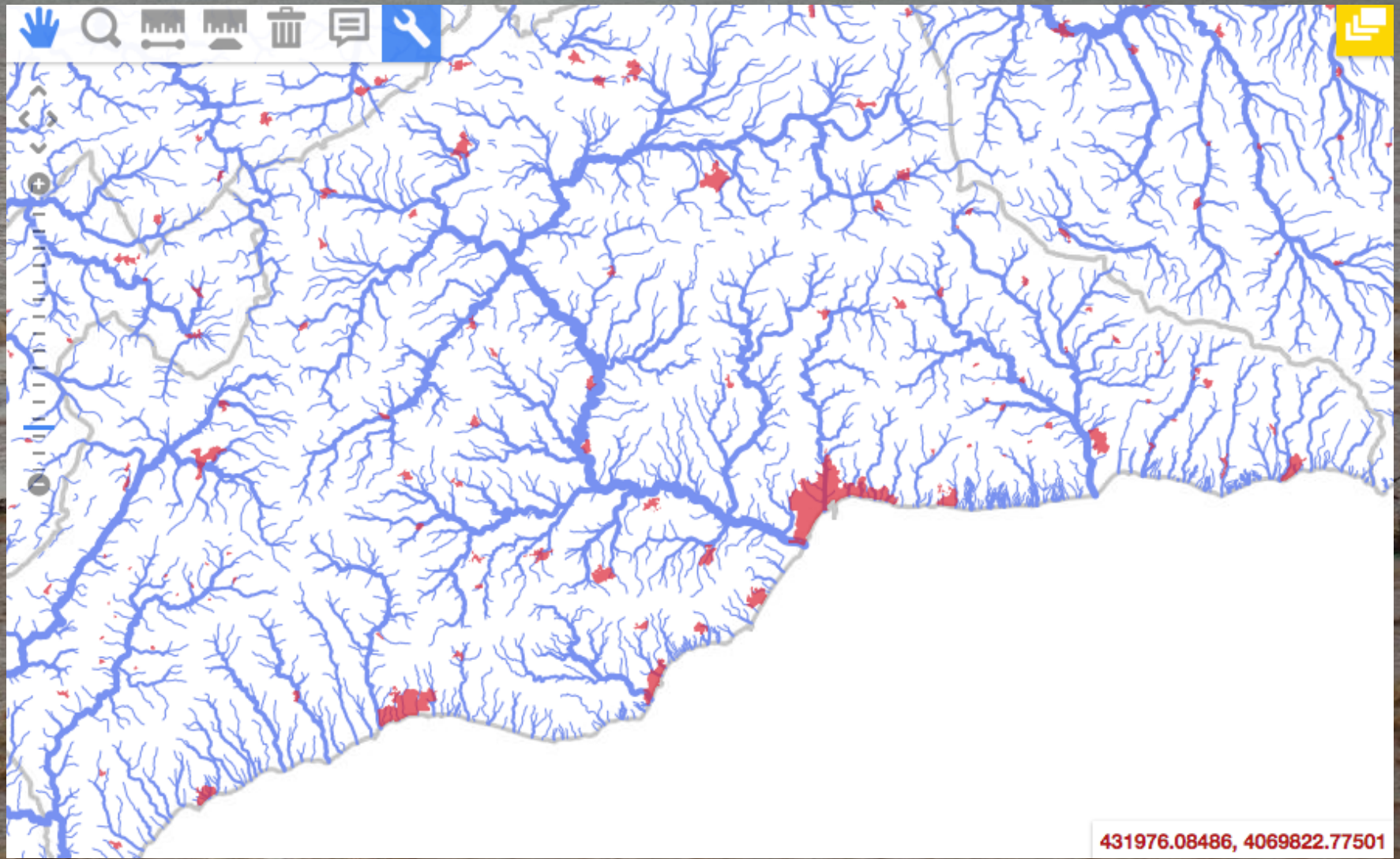
5.- Las precipitaciones se producen sobre un relieve muy compartimentado, conformado por grandes laderas.

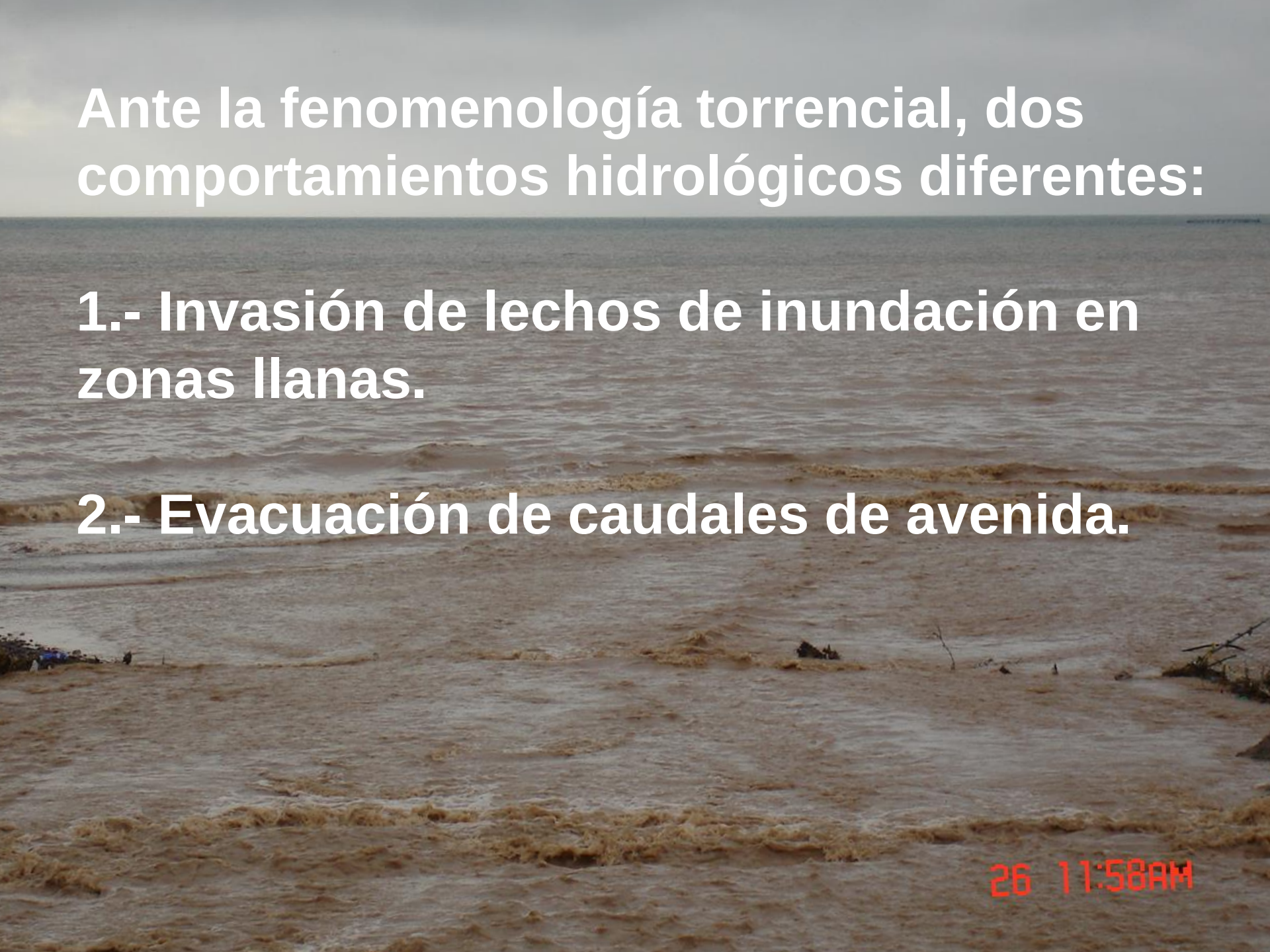
6.- Grandes desniveles que se resuelven en pocos metros, ya sea conectando con el valle del Guadalhorce, o con el Mar Mediterráneo.

7.- Esto, unido a la existencia de litologías no acuíferas (pizarras, esquistos, filitas,…), pueden favorecer los procesos de escorrentía sobre los de infiltración, ante determinados eventos torrenciales.

HIDROGRAFIA

Dos sistemas hidrográficos, uno organizado, jerárquico, y dendrítico, y otro perpendicular a la costa.





Ante la fenomenología torrencial, dos comportamientos hidrológicos diferentes:

1.- Invasión de lechos de inundación en zonas llanas.

2.- Evacuación de caudales de avenida.

Inundaciones por desbordamiendo, y ocupación de “lecho de inundación”…

El celebre dicho…”el río lleva sus escrituras”

Amplias zonas, aledañas al cauce principal, pueden ser anegadas…

Otros ríos, por su proximidad al mar, ante eventos torrenciales solo permiten evacuar los caudales de avenida…

Comportamiento hidrológico torrencial…

Buscan la rápida salida al mar…

CONCLUSION3:

8.- Dos sistemas hidrográficos, uno dendrítico y otro torrencial.

-Dendrítico: regulado, con gran capacidad de laminación, y llanuras aluviales inundables

-Torrencial: respuesta inmediata

COMPLEJO SUELO-VEGETACIÓN

1.- Cualquier suelo tiene una determinada tasa de infiltración, y en la medida que se rebase, generará escorrentía superficial.

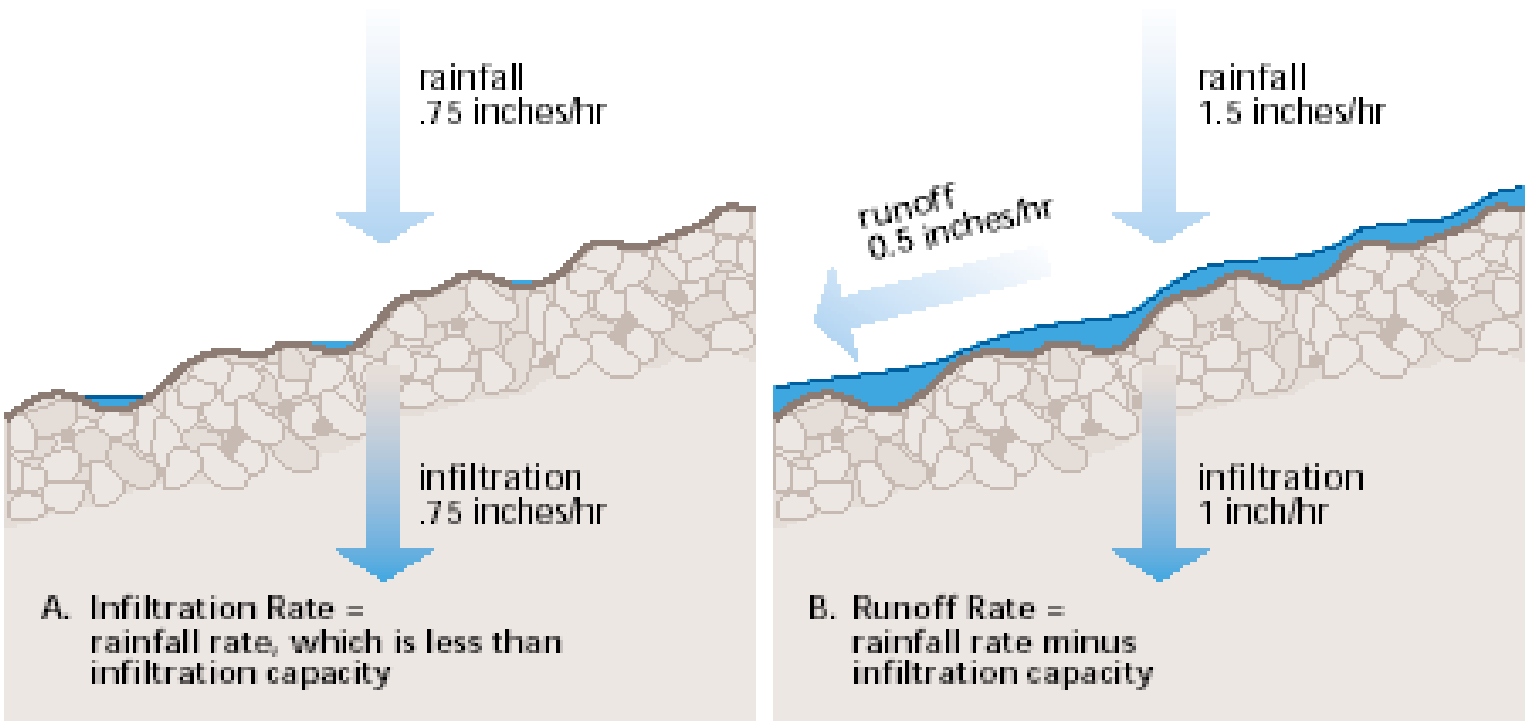
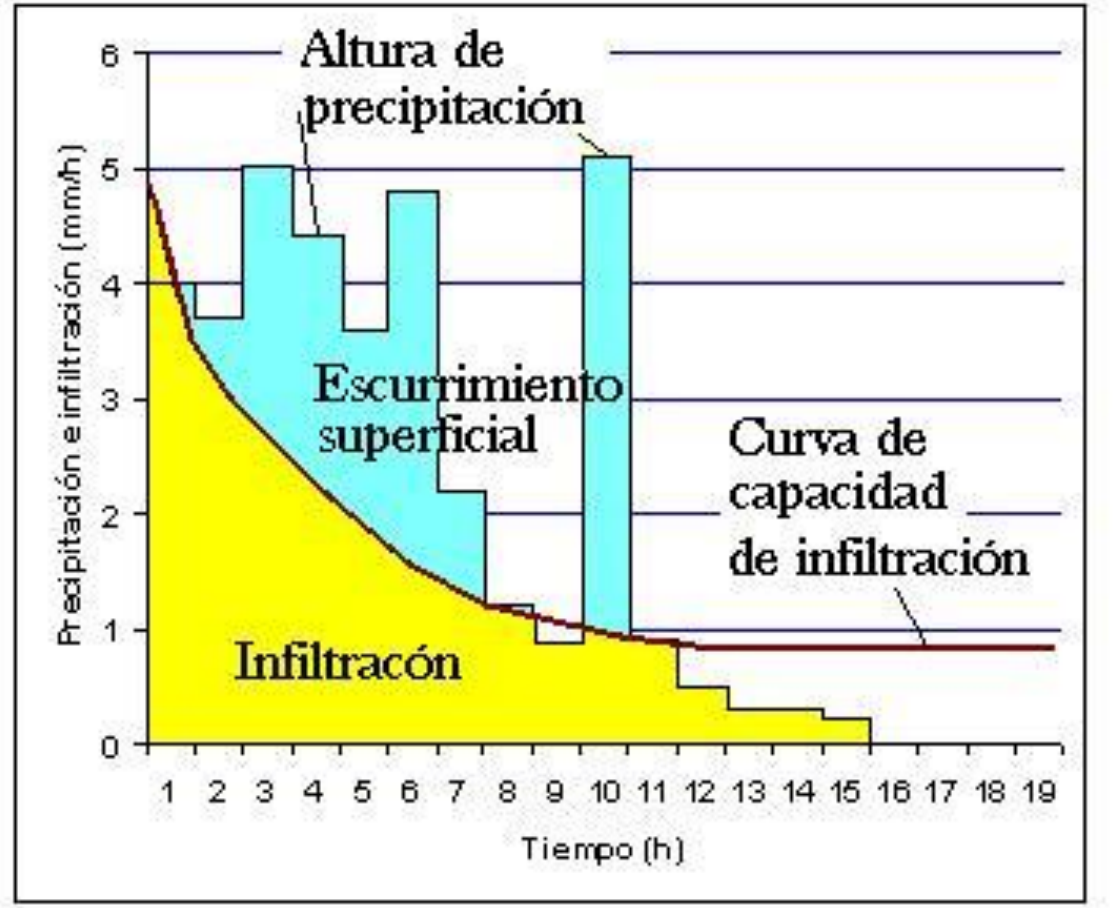


Figure 2.6: Infiltration and runoff. Surface runoff occurs when rainfall intensity exceeds infiltration capacity.

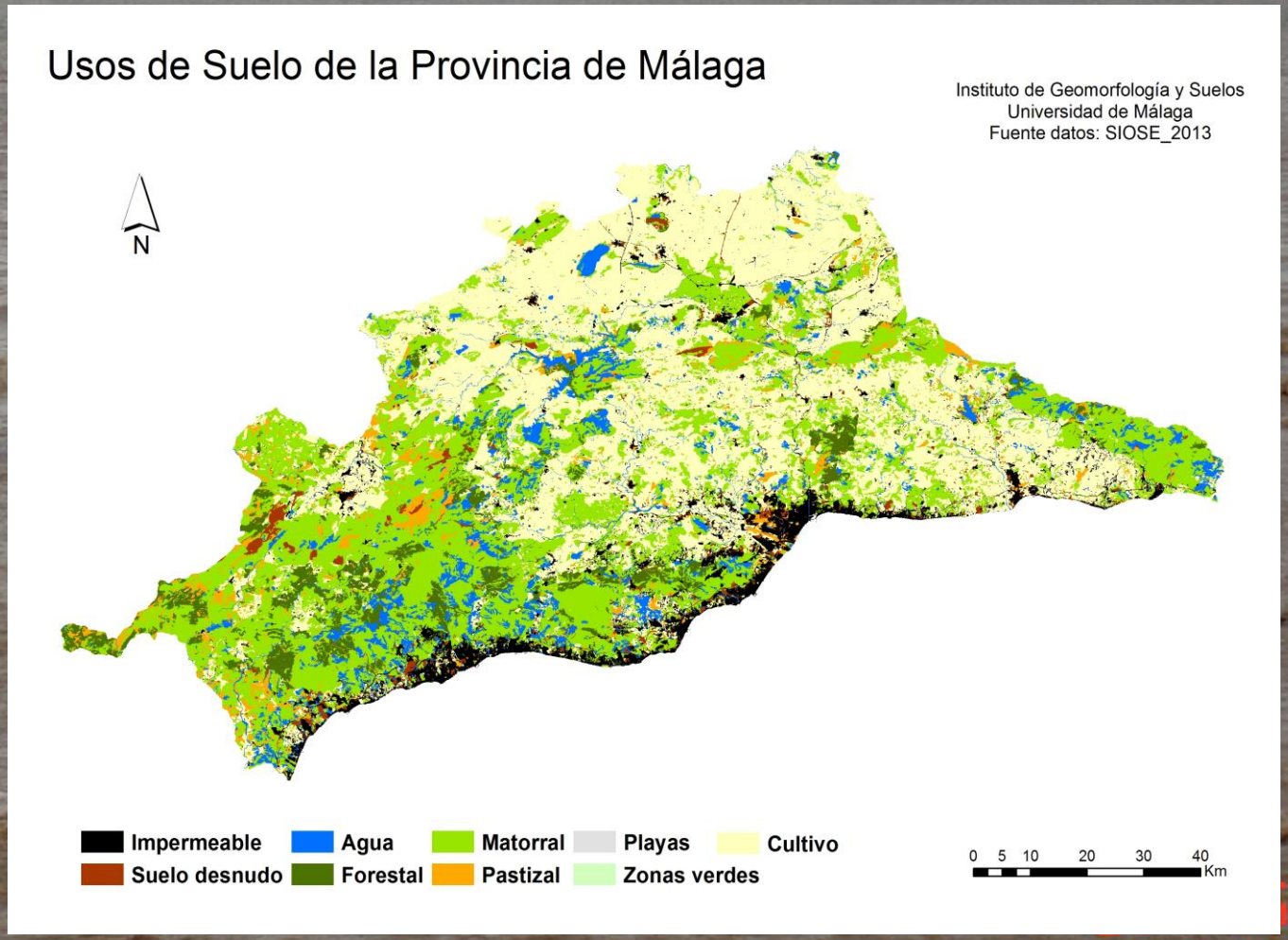
2.- Durante la precipitación, el suelo se va saturando, por lo que reduce su capacidad de infiltración, llegando a ser nula una vez saturado.

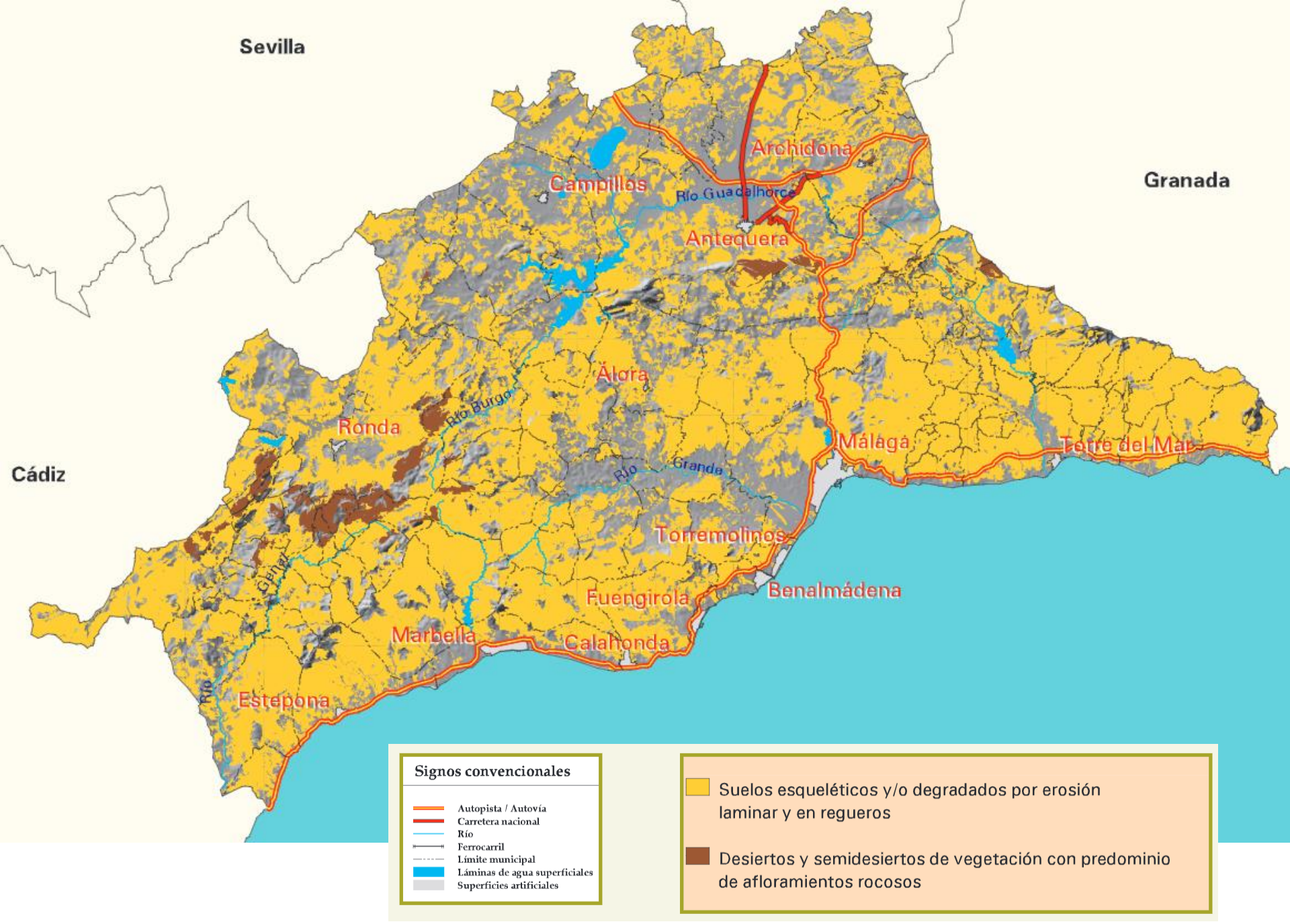


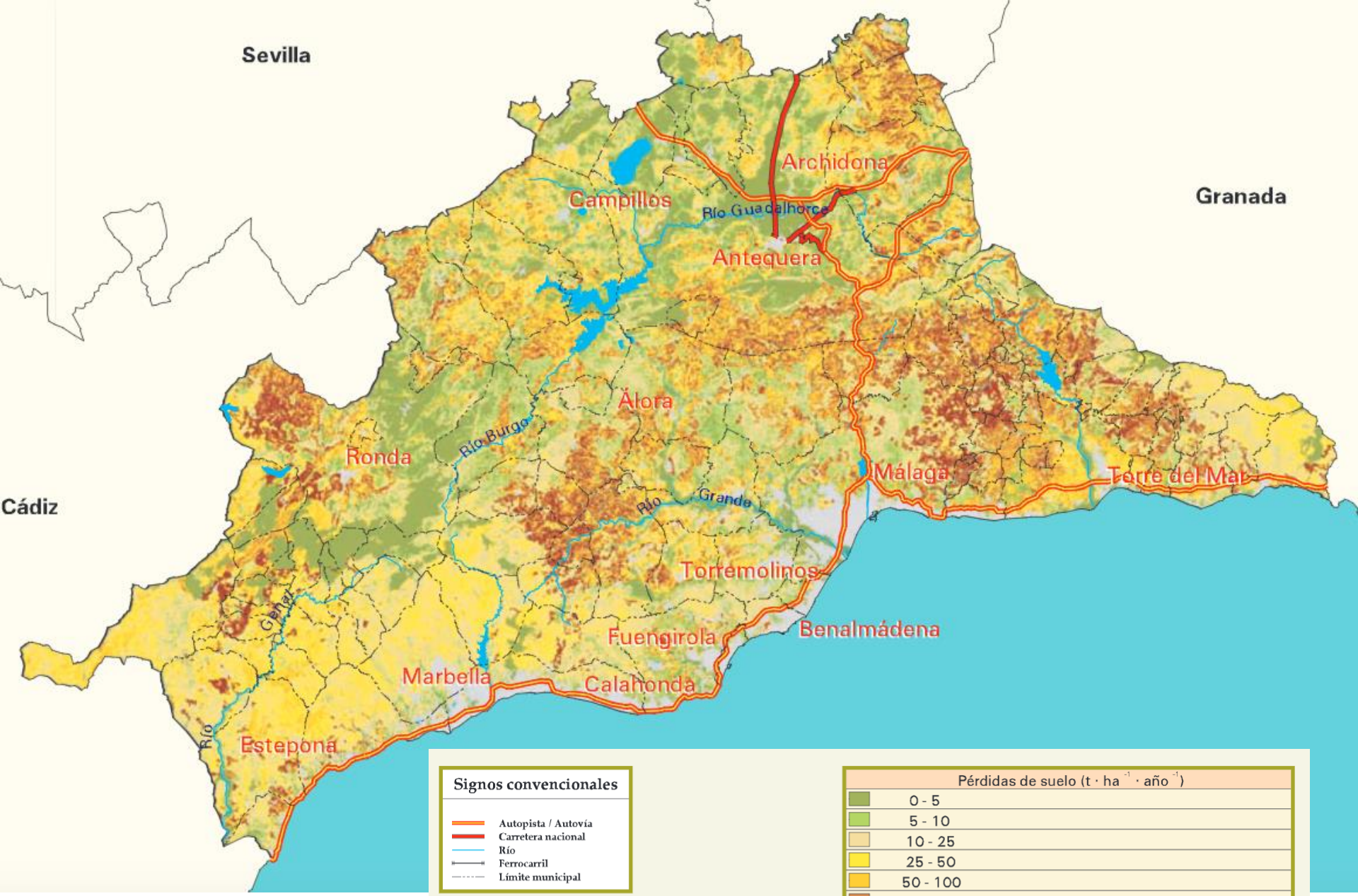
Curva de la capacidad de infiltración

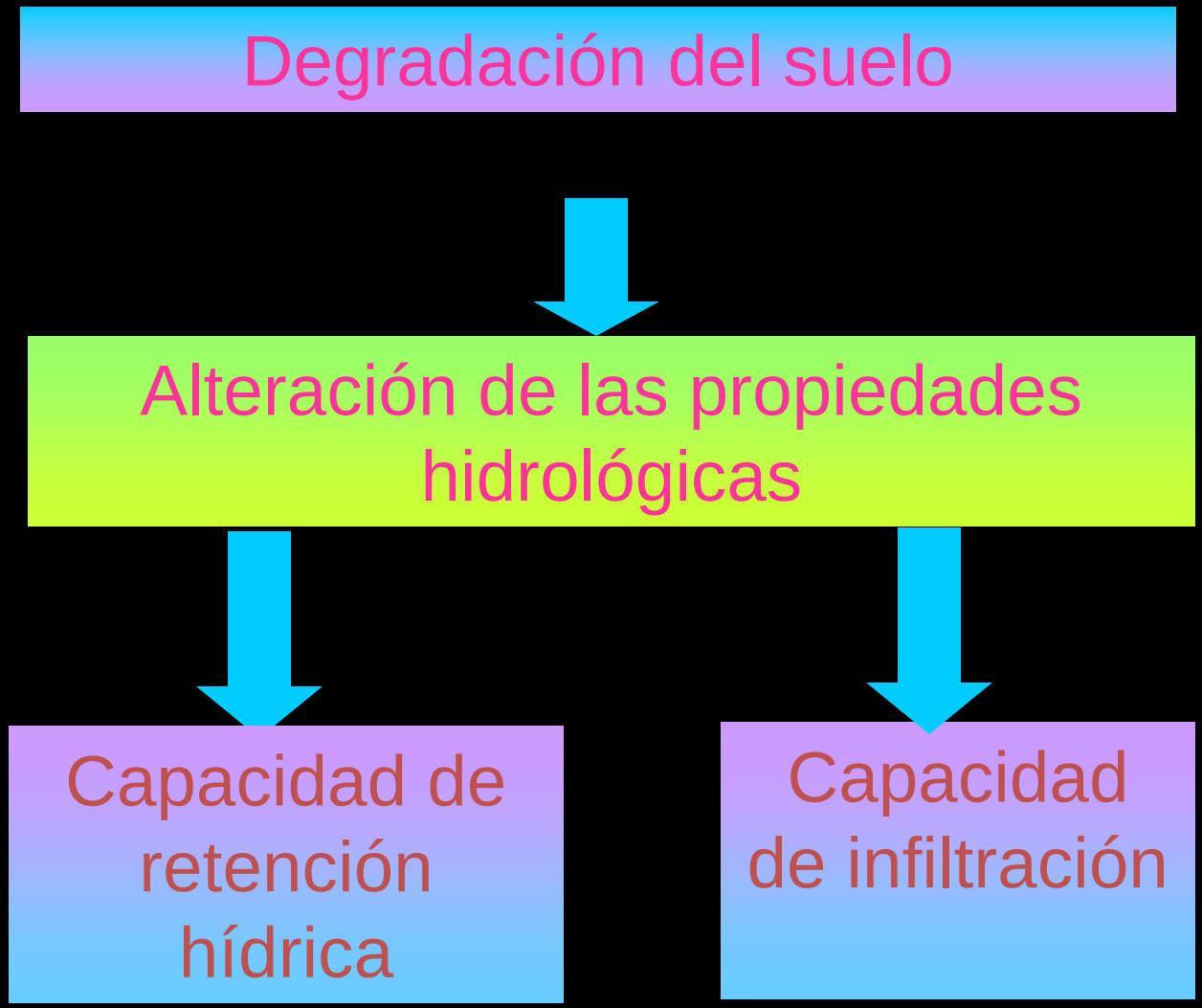
11:58AM

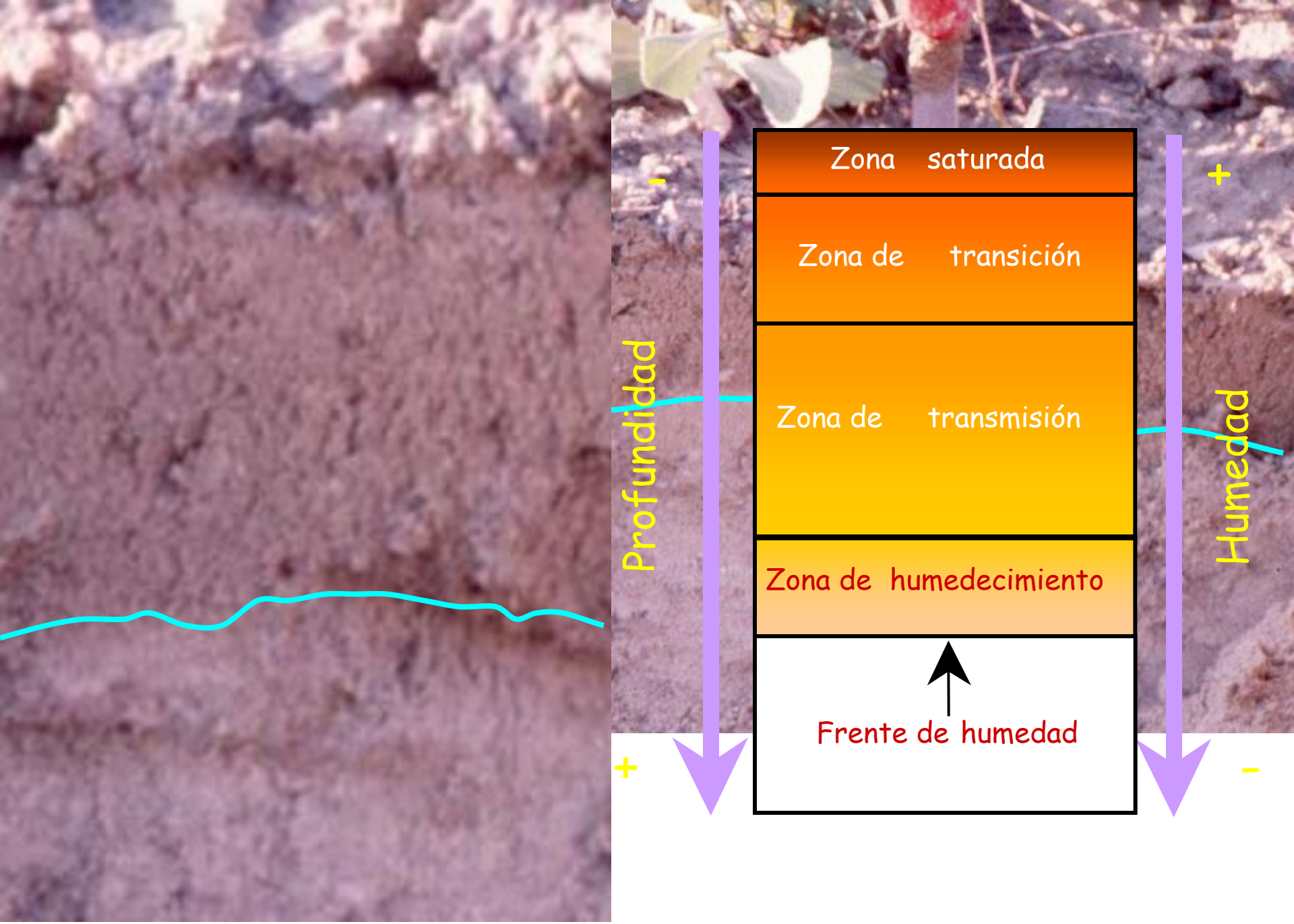
La superficie forestal arbórea, se concreta en áreas protegidas. Una gran parte del suelo de la provincia de Málaga es agrícola, y el resto, es matorral con diferentes grados de recuperación tras el abandono de cultivos.

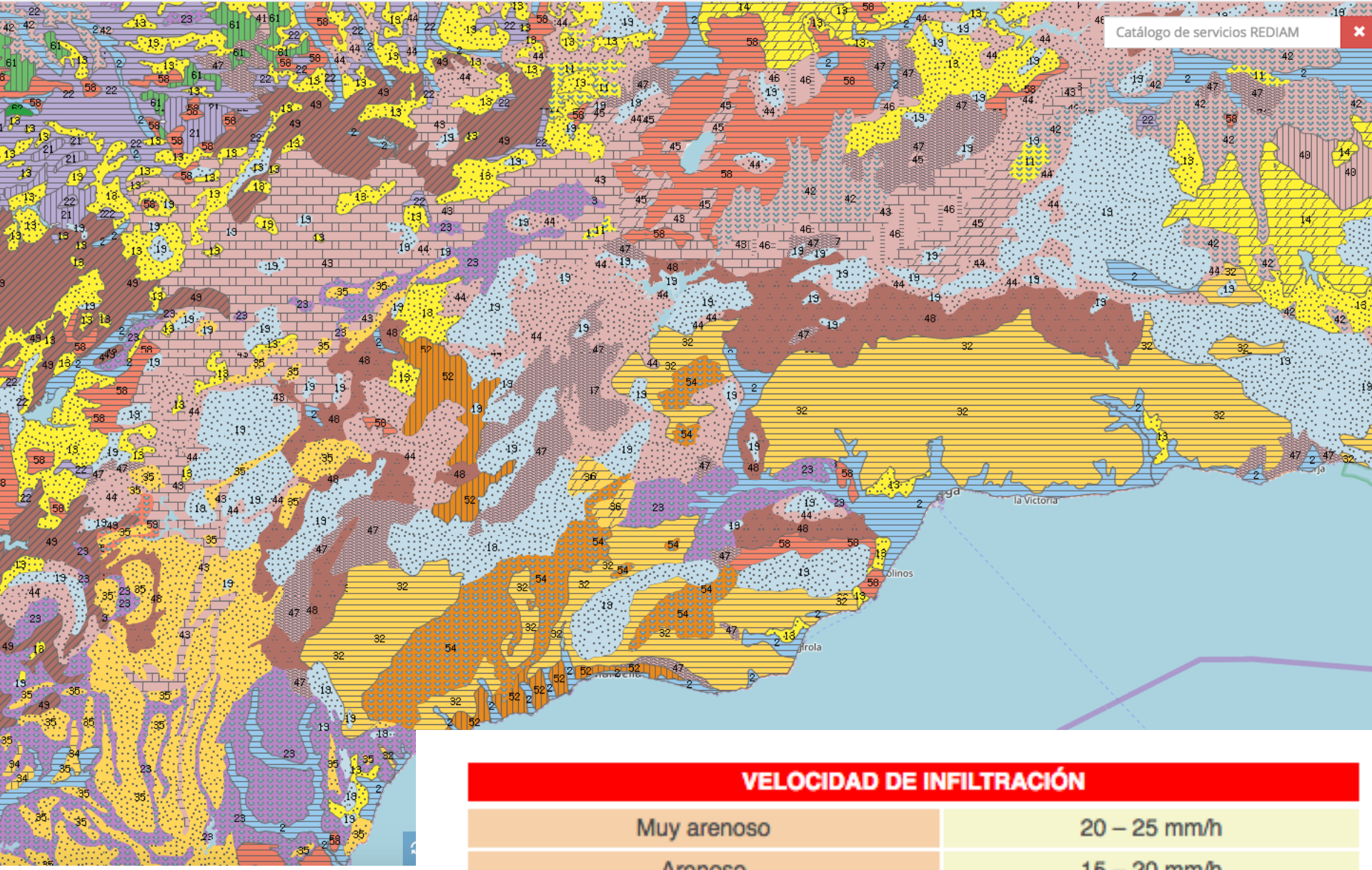



Sevilla
Granada
Cádiz
Archidona
Campillos
Río Guadalhorce
Antequera
Álora
Ronda
Río Turón
Málaga
Torre del Mar
Río Grande
Torremolinos
Benalmádena
Fuengirola
Calahonda
Marbella
Estepona
Río
Signos convencionales
Autopista / Autovía
Carretera nacional
Río
Ferrocarril
Límite municipal
Láminas de agua superficiales
Superficies artificiales
Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros
Desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos


Sevilla
Granada
Cádiz
Archidona
Campillos
Río Guadalhorce
Antequera
Álora
Río Turón
Ronda
Río Grande
Málaga
Torre del Mar
Torremolinos
Río Genal
Fuengirola
Benalmádena
Marbella
Calahonda
Río
Estepona
Signos convencionales
Autopista / Autovía
Carretera nacional
Río
Ferrocarril
Límite municipal
Pérdidas de suelo (t · ha -1 · año -1)
0 - 5
5 - 10
10 - 25
25 - 50
50 - 100
100 - 200
> 200
Láminas de agua superficiales y humedales
Superficies artificiales


Degradación del suelo
Alteración de las propiedades hidrológicas
Capacidad de retención hídrica
Capacidad de infiltración

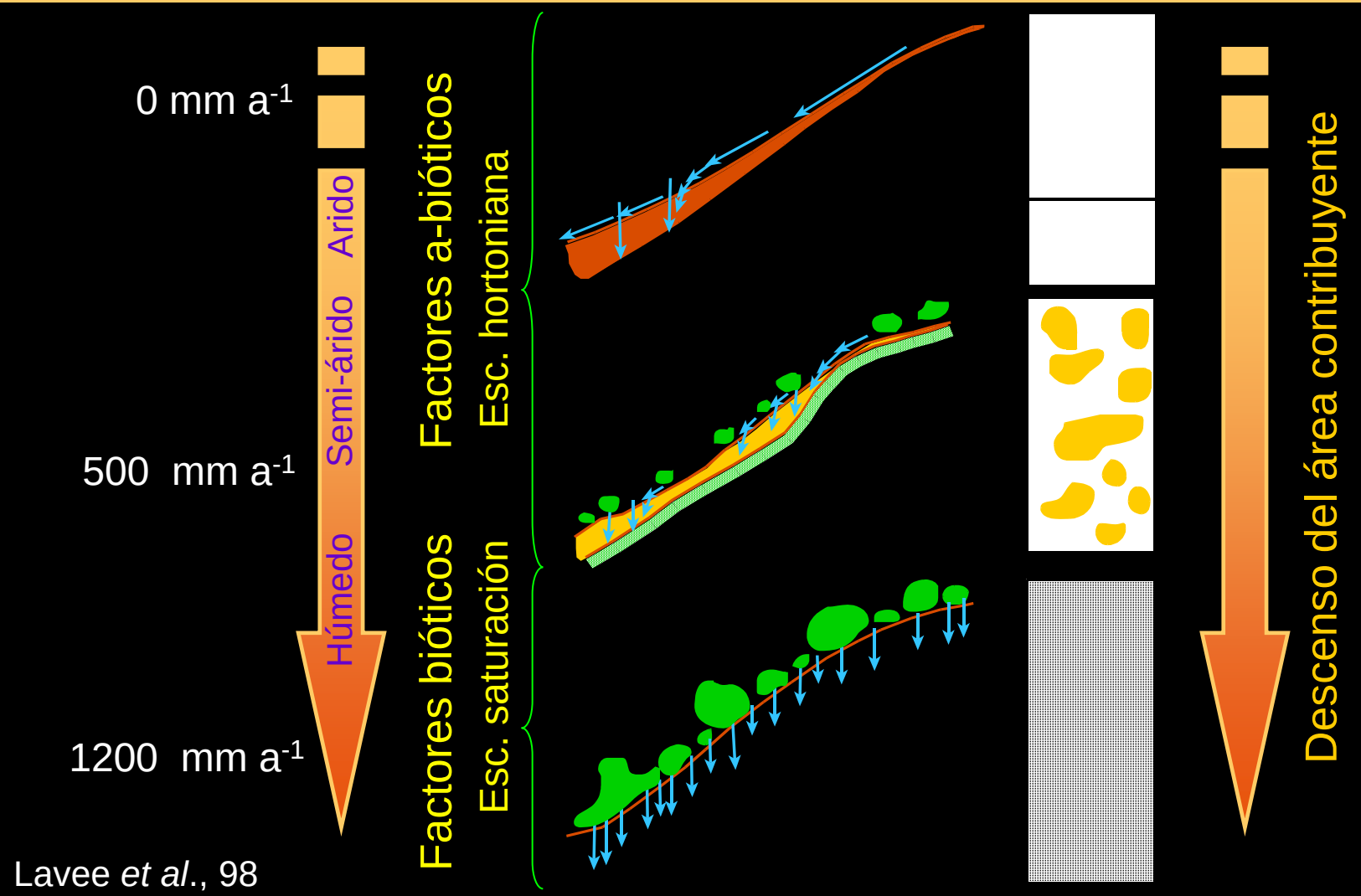

Zona saturada
Zona de transición
Zona de transmisión
Zona de humedecimiento
Frente de humedad
Profundidad
-
+
+
-
Humedad



VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	
Muy arenoso	20 – 25 mm/h
Arenoso	15 – 20 mm/h
Limo – arenoso	10 – 15 mm/h
Limo – arcilloso	8 – 10 mm/h
Arcilloso	< 8 mm/h

Ni la infiltración, ni la escorrentía funcionan por términos municipales!!!

Modelos de generación de escorrentía en condiciones mediterráneas



Lavee *et al*., 98

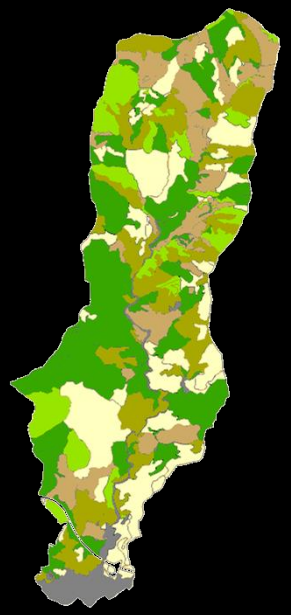
Los procesos de generación de escorrentía se inician en las laderas!!!

¿SIN CAMBIOS?

60 cm. de suelo
23 10:43AM

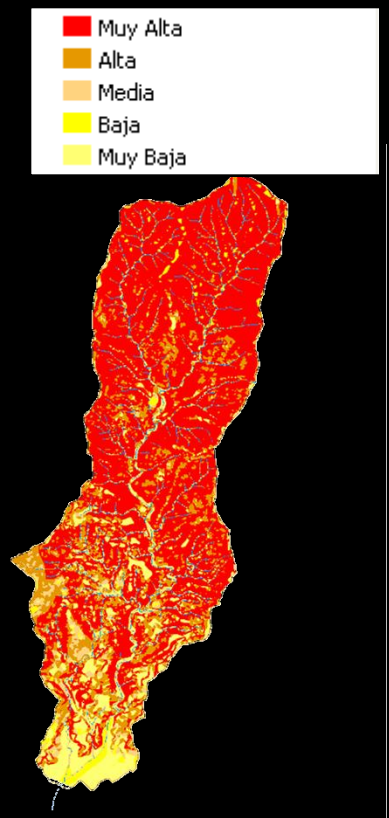
23 11:05AM

¿Realmente nos extrañamos que con estos antecedentes, este sea el resultado final?



IPS

+

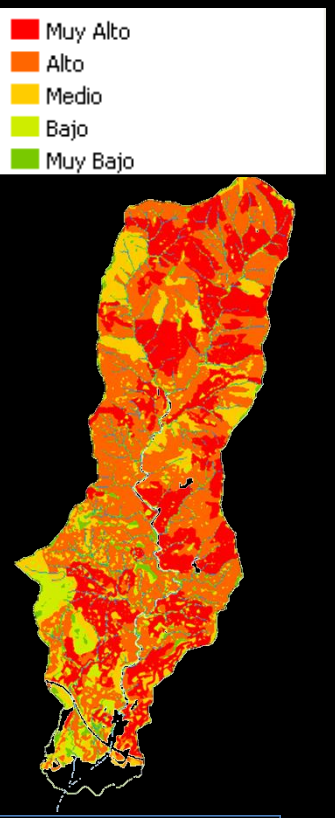


Erodibilidad

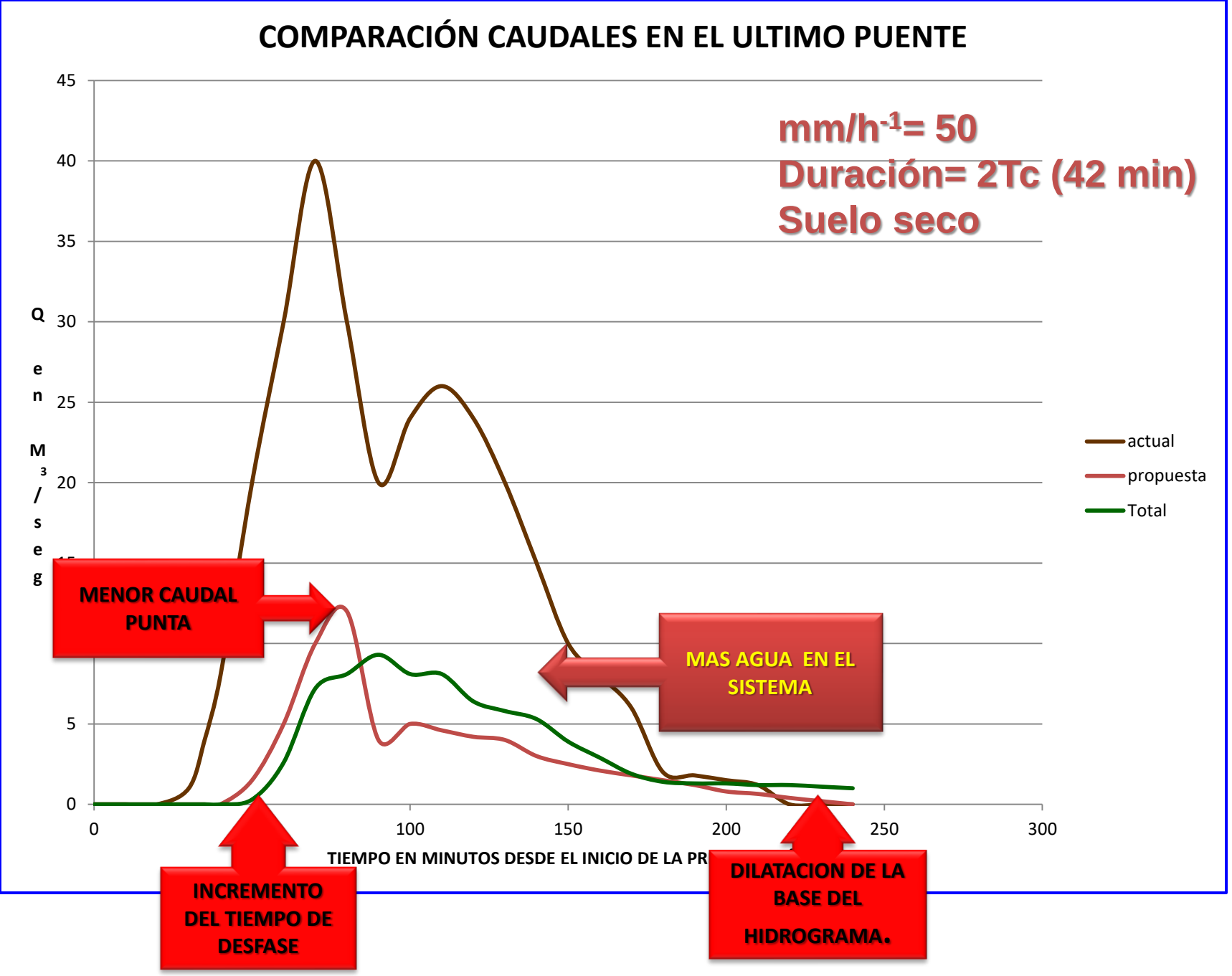
Litofacies

Pendientes

=



Estado Erosivo


COMPARACIÓN CAUDALES EN EL ULTIMO PUENTE
mm/h-1= 50
Duración= 2Tc (42 min)
Suelo seco
Q en M3/seg
45
40
35
30
25
20
5
0
0
100
150
200
250
300
TIEMPO EN MINUTOS DESDE EL INICIO DE LA PR
actual
propuesta
Total
MENOR CAUDAL PUNTA
MAS AGUA EN EL SISTEMA
INCREMENTO DEL TIEMPO DE DESFASE
DILATACION DE LA BASE DEL HIDROGRAMA.

CONCLUSION4:

9.- Escasa protección de la cubierta vegetal, ya sea agrícola o forestal.

10.- Suelos degradados, y con escasa capacidad de infiltración, al derivar de la familia de las “ilitas”.

11.- Gran capacidad de activación de los procesos de escorrentía superficial, ayudados por el “Factor pendiente”…

12.- Altas tasas de erosión del suelo, apareciendo indicadores de desertificación.

CONFIGURACION
URBANA

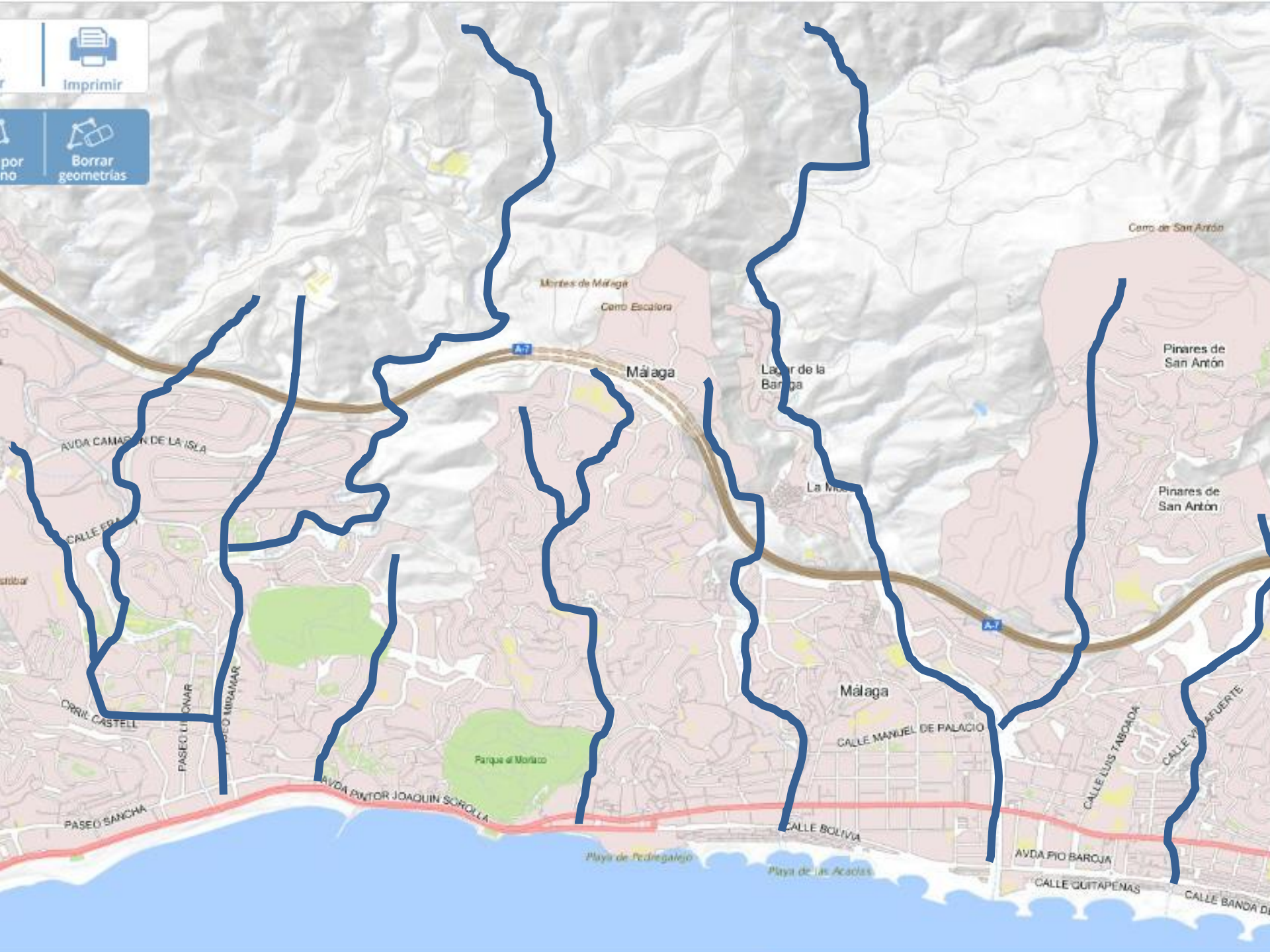
El litoral, punto de conexión de los caudales de avenida con el mar, está practicamente urbanizado.

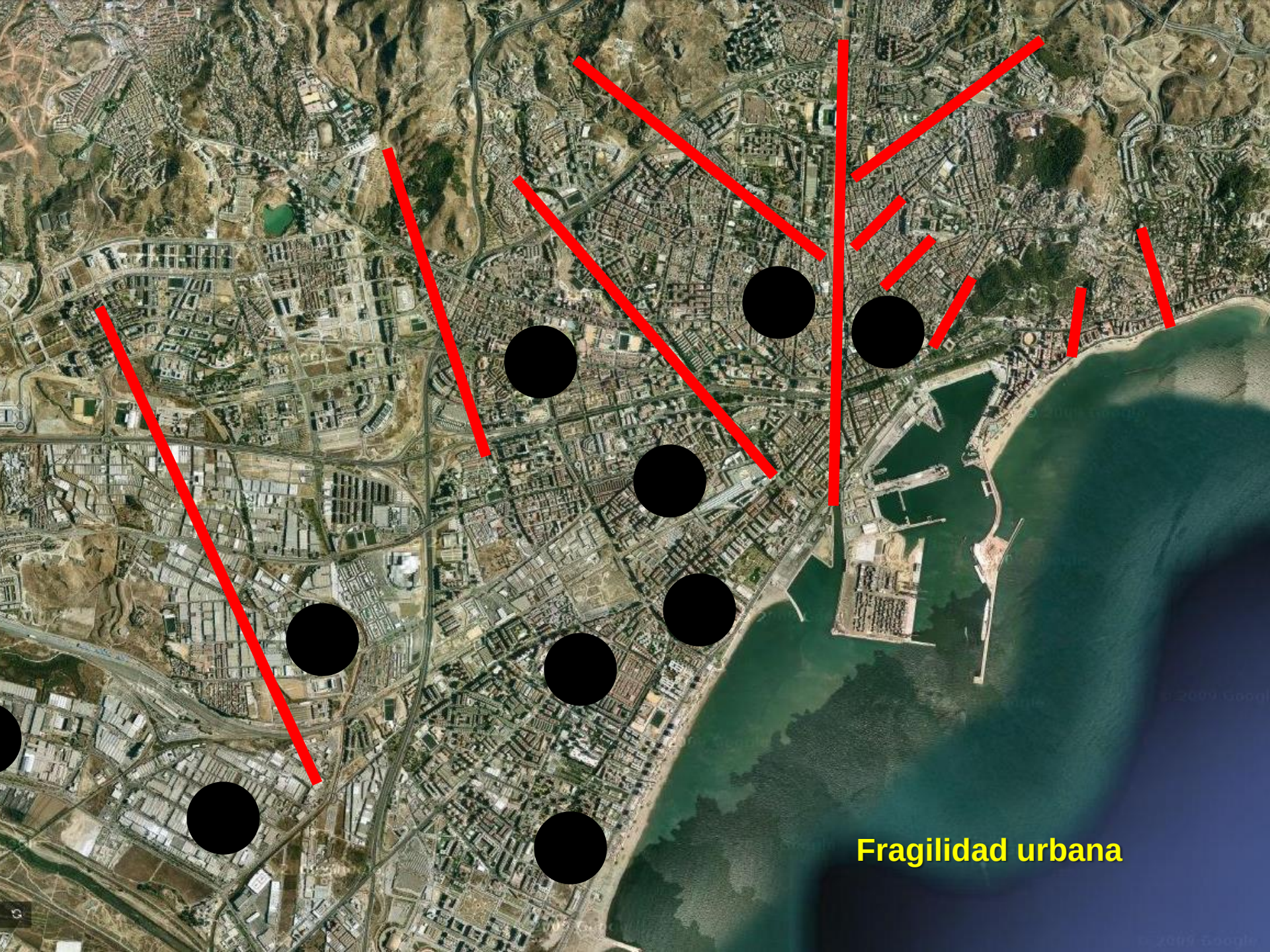
Mapa
Satélite
Vista
Catastro
centro: 36.692683, -4.494996

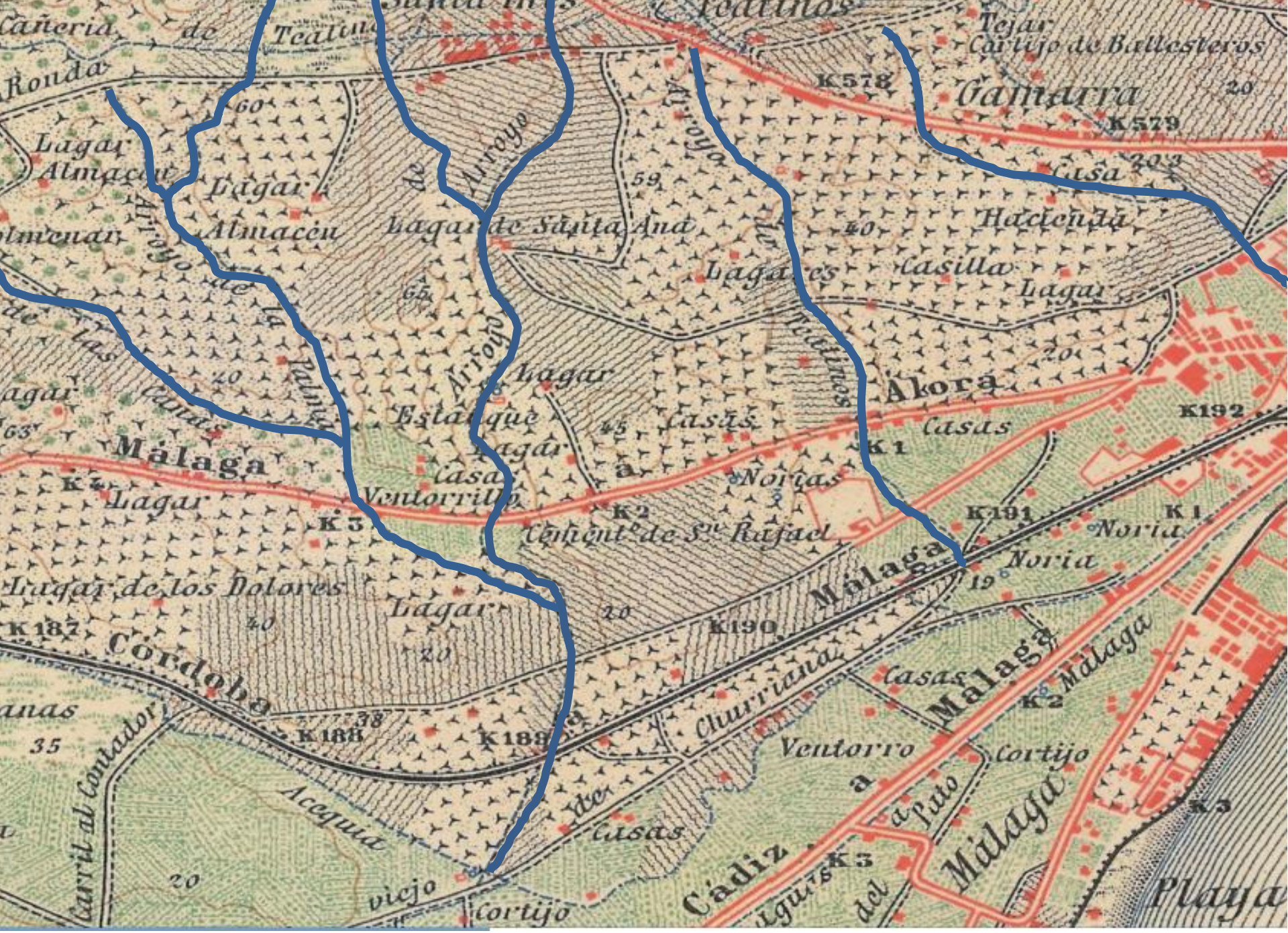
rio Guadalhorce

Mapa
Satélite
Vista
Catastro
200 pies
100 m
centro: 36.719709, -4.359319

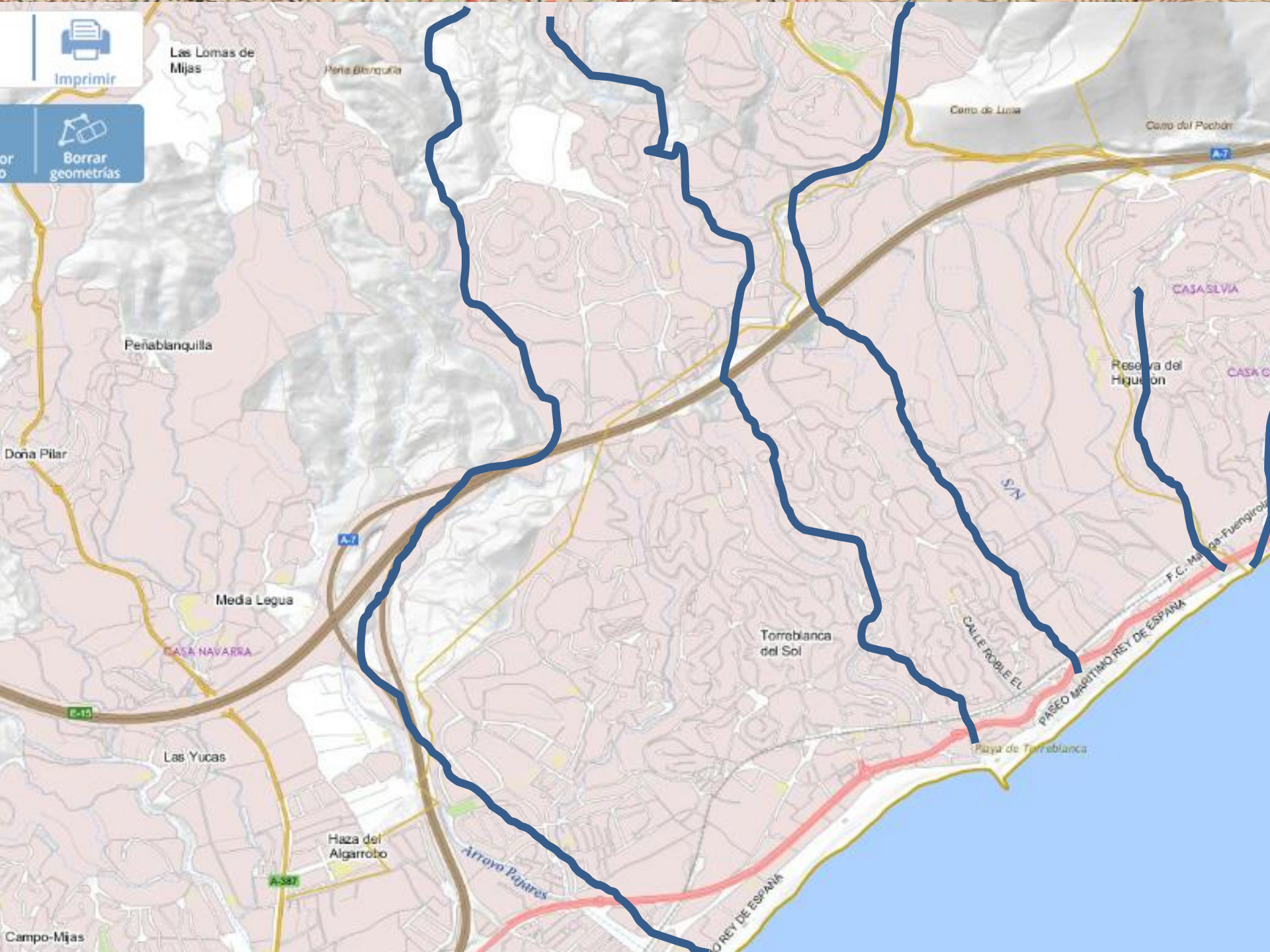
CASA PEDRO

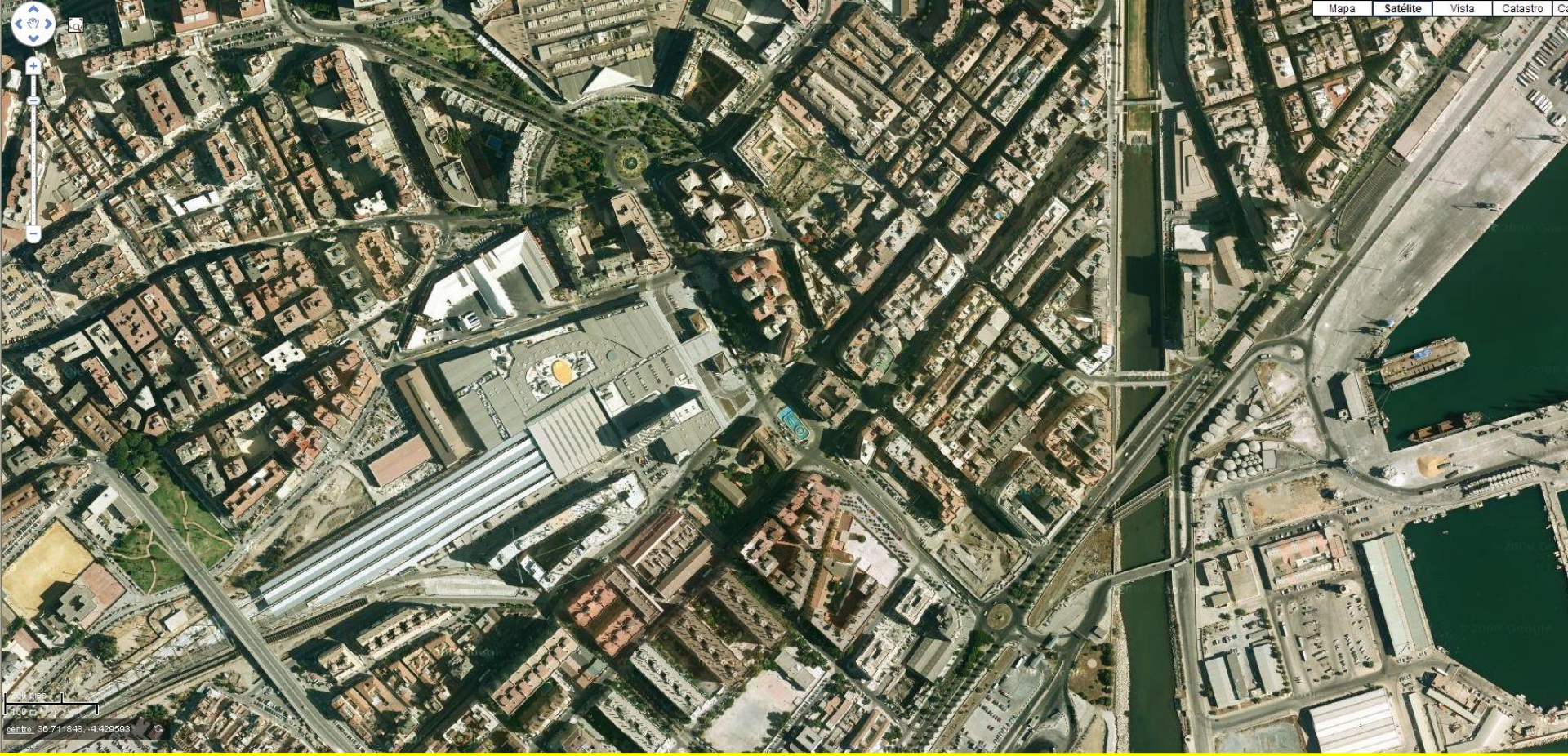

Imprimir
Borrar geometrías
Montes de Málaga
Cerro Escalera
Cerro de San Antón
Málaga
Pinares de San Antón
Pinares de San Antón
A-7
AVDA CAMARÓN DE LA ISLA
CALLE ERA
CORRIL CASTELL
PASEO LITORAL
PASEO MARÍTIMO
Parque el Morlaco
AVDA PINTOR JOAQUÍN SOROLLA
PASEO SANCHA
Playa de Pedregalejo
Playa de las Acacias
Málaga
CALLE MANUEL DE PALACIO
CALLE BOLIVIA
CALLE LUIS TABOADA
AVDA PIO BAROJA
CALLE GUITARRAS
CALLE BANDA


Fragilidad urbana



Cañeria de Teatinos
Ronda
Tejar
Cortijo de Ballesteros
Gamarra
K578
K579
Lagar Almacén
Lagar Almacén
Lagar de Santa Ana
Arroyo de la Palma
Arroyo de Teatinos
Casa
Hacienda
Casilla
Lagares
Lagar
Lagar
Estanque
Casas
Álora
Casas
K192
Málaga
Lagar
Casas
Ventorrillo
Noriás
K1
K2
K3
K4
Cement.º de S.n Rafael
K191
Noria
Noria
Lagar de los Dolores
Lagar
K190
Málaga
K187
Córdoba
Churriana
Casas
Málaga
Málaga
K2
K188
K189
Ventorro
Cortijo
Acequia
Casas
Cádiz
Málaga
K3
Playa
viejo
Cortijo
Carril al Contador


Imprimir
Borrar geometrías
Las Lomas de Mijas
Peña Blanquilla
Cerro de Lucas
Cerro del Pechón
A-7
CASA SILVIA
Peñablanquilla
Reserva del Higuerón
Doña Pilar
A-7
Media Legua
CASA NAVARRA
Torreblanca del Sol
CALLE ROBLE EL
PASEO MARITIMO REY DE ESPAÑA
F.C. Málaga-Fuengirola
E-15
Las Yucas
Playa de Torreblanca
Haza del Algarrobo
Arroyo Pájaros
A-387
Campo-Mijas

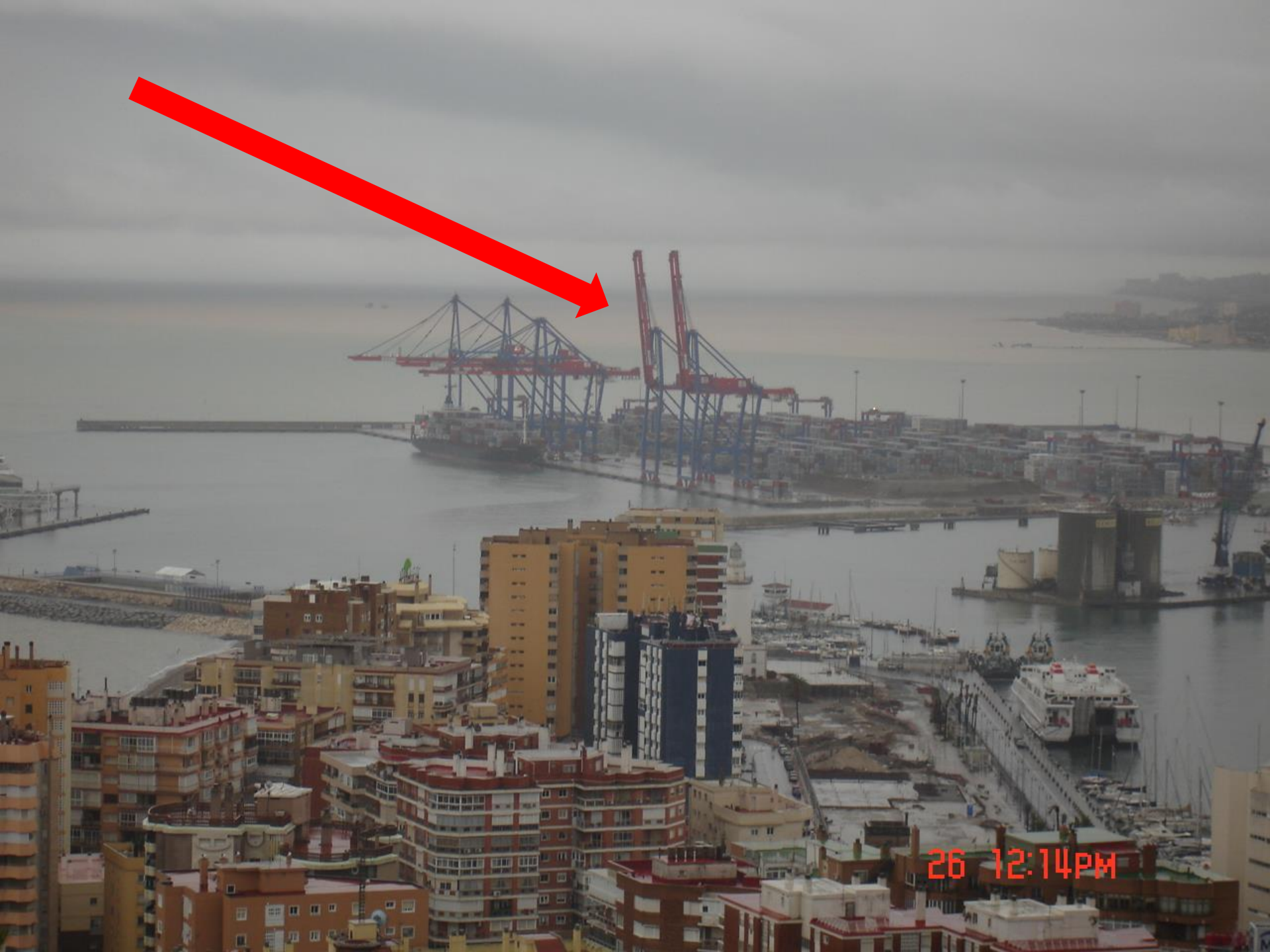

Mapa
Satélite
Vista
Catastro
200 m
100 m
centro: 38.711848, -4.429593

COMPRO
ORO

MUEBLES

Mapa
Satélite
Vista
Catastro
centro: 39.605505, -4.449409

M-8995-AB


26 12:14PM

CONCLUSION5:

13.- Red de drenaje urbana, sin capacidad de infiltración, y con evacuacion directa al mar, bloqueada por infraestructuras (pretil de paseo maritimo, jardinera, medianas de calles…).

14.- Urbanización de los lechos de inundación, e incluso calles actuales fueron antiguos cauces.

15.- Efecto pantano en muchas urbanizaciones (Urbanizaciones de la zona oeste de Málaga).

CONCLUSIÓN GENERAL

1.- Hemos de aprender a "convivir" con las sequías y la torrencialidad.
Concienciación activa (ciudadanos y gestores del territorio).

2.- Las ciudades y/o urbanizaciones del litoral no tienen una estructura urbana capacitada para solventar eventos extremos. Fragilidad del sistema urbano.

3.- Ante esto, es urgente llevar a cabo dos tipos de actuaciones:

a.- ZONAS NO URBANAS. Puesta en marcha de políticas preventivas de control de la erosión, de las inundaciones, y de sus sinergias. Ordenación de recursos, que garanticen que el agua de avenida sea mas lenta y mas limpia.
b.- ZONAS URBANAS. Determinación de escenarios de riesgo, e implantación de sistemas de alerta (uso de NNTT).

4.- Queda mucho I+D+i. No solo de la Universidad. (empresarios, profesionales, asociaciones, …)

5.- Queda un compromiso con la provincia de Málaga: reducir sus niveles de vulnerabilidad, para las generaciones futuras.

GRACIAS